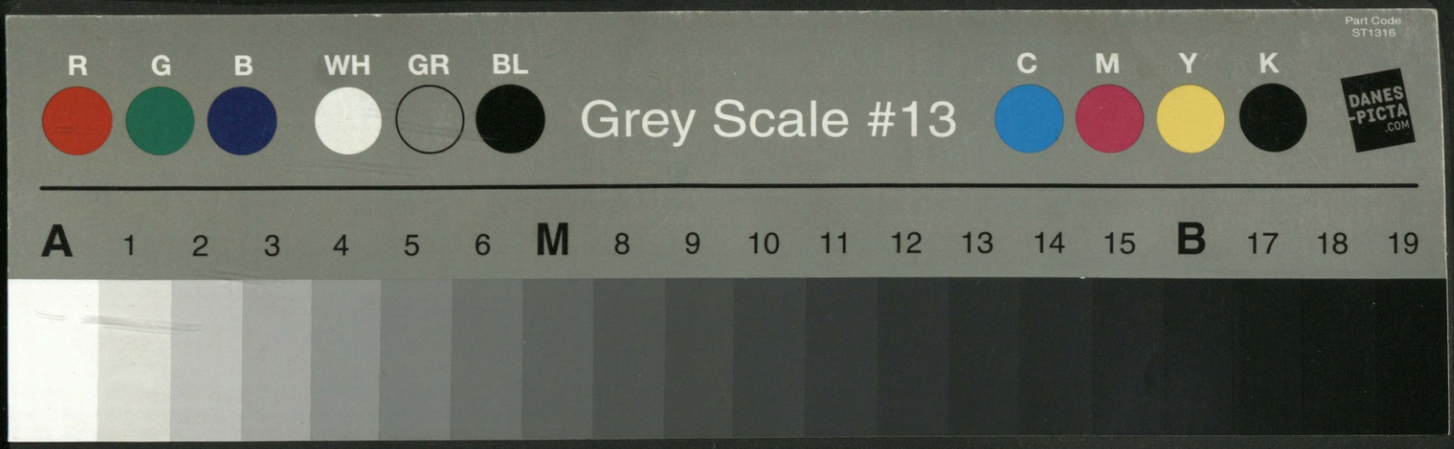
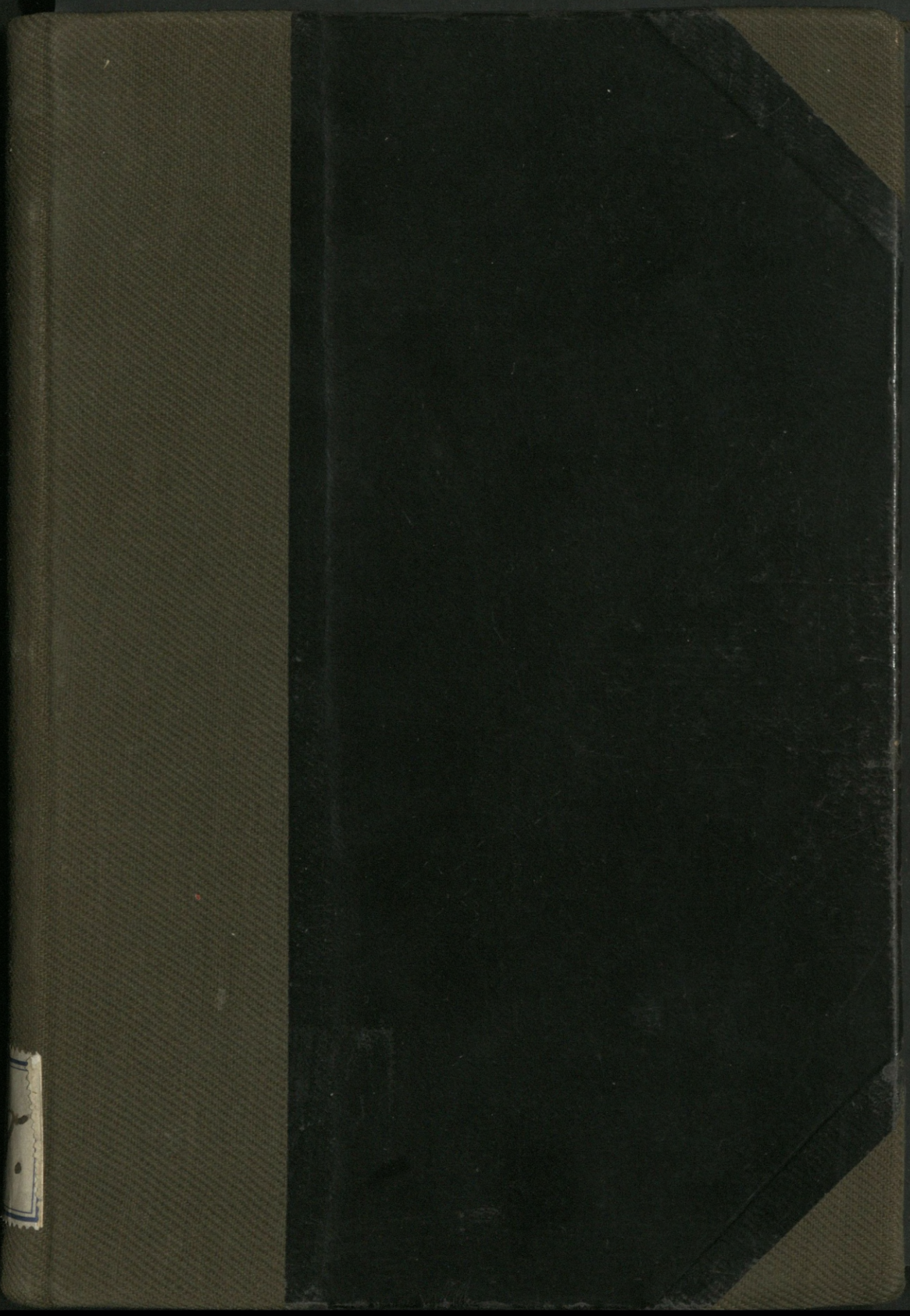
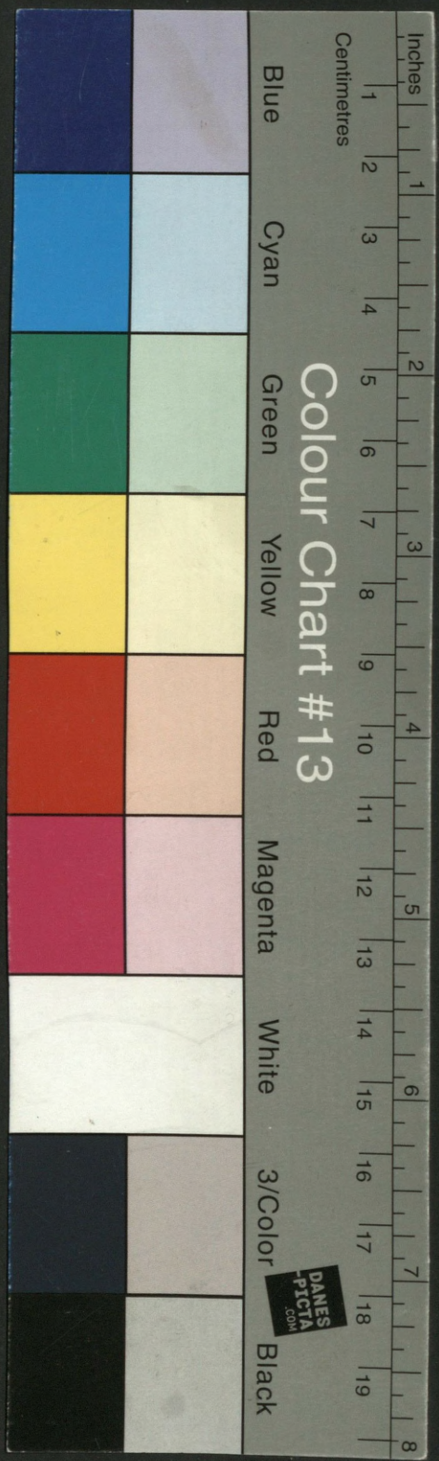

R G B WH GR BL
Grey Scale #13
C M Y K
Part Code ST1316
DANES-PICTA.COM
A 1 2 3 4 5 6 M 8 9 10 11 12 13 14 15 B 17 18 19




Colour Chart #13
Blue
Cyan
Green
Yellow
Red
Magenta
White
3/Color
Black
Inches
Centimetres
DANES-PICTA.COM

630

Eigentum
Heeresarchiv - Zweigstelle
Danzig
Fc. 18. 1. Ese.

WOJSKOWY INSTYTUT NAUKOWO-WYDAWNICZY.

Generał JAN JACYNA.
Major JERZY ŁUNKIEWICZ.

NAUKA ARTYLERJI

CZĘŚĆ I.

BALISTYKA, STRZELANIE, PROCH, GAZY.



908.

WARSZAWA. 1922.
GŁÓWNA KSIĘGARNIA WOJSKOWA.

355.3.(358.1)

92652/II

BIBLIOTEKA INSTYTUTU BADAŃ ARTYLERYJSKICH IBA

32380/2

Drukarnia „Artystyczna" K. Kopytowski i S-ka, Warszawa Nowy-Świat 47

PRZEDMOWA.

Niniejsza **„Nauka artylerji"** jest pierwszem dziełem artyleryjskiem, które ukazuje się w nowoczesnej literaturze wojskowej polskiej.

Brak odpowiedniego dzieła, tak koniecznego w fachowem szkolnictwie wojskowem, jak również brak polskiej encyklopedji w tak poważnej dziedzinie wiedzy wojskowej daje nadzieję, że dzieło to będzie pożyteczne nie tylko dla oficerów artylerji.

Podstawą tej pracy było ostatnie wydanie *„Kursu artylerji"* generała JACYNY, napisanego w Rosji, które miało 4 wydania, ostatnie w 1915 roku, a więc już w okresie wojny wszechświatowej.

Obecnie kurs ten został przetłumaczony i uzupełniony przez majora ŁUNKIEWICZA. Autorowie wzorowali się na źródłach nowoczesnych, powojennych, przeważnie francuskich.

Ofiarowując wojsku polskiemu swoją pracę, autorowie pragną, by ich przykład przyczynił się do rozpoczęcia prac w tym zakresie i w innych dziedzinach wiedzy wojskowej.

J. JACYNA

J. ŁUNKIEWICZ.

WSTĘP.

1. Pojęcie o torze pocisku i terminologja elementów toru.

Dział nauki artylerji, który ma na celu badanie ruchu pocisków po wylocie z lufy działa, nazywa się **balistyką zewnętrzną**.

Pod wpływem ciśnienia gazów prochowych, pocisk porusza się w przewodzie lufy, po wylocie zaś z lufy, siłą bezwładności przedłuża swój lot w powietrzu.

Początkowo przypuszczano, że pocisk, po wylocie z lufy, leci w kierunku osi lufy do chwili wyczerpania siły, która nadała mu ruch, a potem prostolinijnie opada na ziemię.

Włoski matematyk Tartaglia w swoim dziele „O nowej nauce", napisanem w roku 1537. pierwszy dowiódł, że pocisk leci po pewnej krzywej.

Galileusz w roku 1638 w dziele „Rozmowy" wskazał, że tor pocisku w przestrzeni jest paraboliczny.

W sto lat później Newton zbadał wpływ oporu powietrza na poruszające się w nim ciała i na podstawie doświadczeń orzekł, że opór powietrza jest proporcjonalny do kwadratu szybkości ruchu.

W pracy niniejszej będziemy się posługiwali następującemi określeniami:

Strzelaniem uderzeniowem nazywamy takie, przy którem pocisk wybucha przy uderzeniu o ziemię lub przeszkodę.

Strzelaniem rozpryskowem nazywamy takie, przy którem pocisk wybucha w powietrzu.

Linja OAB (Rys. 1), którą zakreśla środek ciężkości pocisku podczas swego lotu w powietrzu, nazywa się **torem pocisku**.

Środek wylotu lufy działa jest **początkiem toru pocisku.**

Szybkością wylotową nazywamy szybkość, którą posiada pocisk w chwili wylotu z lufy.

Szybkością końcową nazywamy szybkość, którą posiada pocisk w końcowym punkcie toru pocisku.

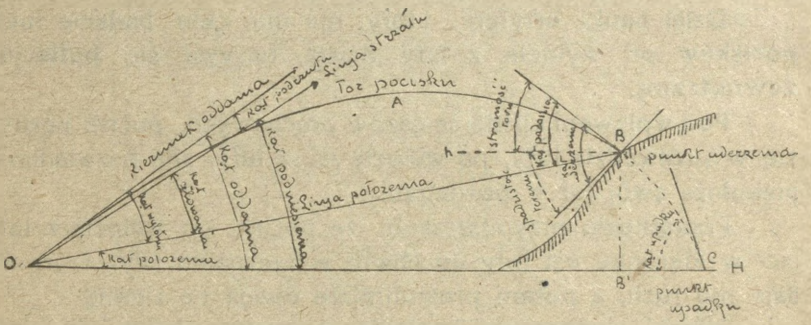
Szybkość pocisków wyrażamy w metrach na sekundę.

Kierunek oddania, jest to prosta, którą otrzymamy, przedłużając kierunek osi pocisku przy jego wyjściu z lufy.

Linja strzału, jest to przedłużona oś lufy w momencie strzału.

Linja położenia, jest to prosta łącząca środek wylotu lufy z podstawą celu.

Poziom wylotu (OB), jest to płaszczyzna pozioma, przechodząca przez środek wylotu lufy.



Rys. 1.

Punkt upadku, jest to punkt, w którym pocisk spotyka poziom wylotu.

Podstawa toru pocisku, jest to linja pozioma łącząca początek toru z punktem upadku pocisku.

Płaszczyzna strzału, jest to płaszczyzna pionowa, przechodząca przez oś lufy.

Pozioma odległość strzału, jest to odległość od początku toru do punktu upadku, mierzona wzdłuż podstawy toru.

Punkt uderzenia, jest to punkt, w którym pocisk spotyka cel. Punkt ten określa się przez swą odległość w linji poziomej od działa, t. j. przez odległość od początku toru pocisku do swego rzutu na poziom wylotu i przez różnicę wysokości, t. j. przez odległość pionową od poziomu wylotu.

Odległość strzału, jest to odległość od wylotu lufy do punktu uderzenia, liczona wzdłuż linji położenia do tego punktu.

Rzeczywista odległość strzału, jest to odległość wylotu lufy od celu, liczona wzdłuż linji położenia do tego celu.

Donośność, jest to największa pozioma odległość strzału danego działa.

Kąt oddania, jest to kąt zawarty pomiędzy linją strzału, a poziomem wylotu.

Kąt podniesienia, jest to kąt zawarty pomiędzy linją strzału i poziomem wylotu.

Kąt podrzutu, jest to kąt zawarty pomiędzy kierunkiem oddania i linją strzału.

Kąt położenia, jest to kąt zawarty pomiędzy linją położenia i poziomem wylotu.

Kąt celowania, jest to kąt zawarty pomiędzy linją strzału i linją położenia.

Kąt wylotu, jest to kąt zawarty pomiędzy kierunkiem oddania i linją położenia.

Kąt uderzenia, jest to kąt zawarty pomiędzy styczną do toru w jego końcowym punkcie i płaszczyzną styczną do powierzchni celu w punkcie uderzenia.

Kąt padania, jest to kąt zawarty pomiędzy styczną do toru w jego końcowym punkcie i linją położenia.

Kąt upadku, jest to kąt pomiędzy styczną do toru w punkcie upadku i poziomem wylotu. Kąt ten jest podany w tabelach strzelniczych.

Stromość toru, w pewnym punkcie, jest to kąt pomiędzy styczną do toru pocisku w tymże punkcie i płaszczyzną poziomą.

Kąty te są w następującym stosunku wzajemnym:

Kąt oddania = kąt podniesienia + kąt podrzutu.

Kąt podniesienia = kąt celowania + kąt podniesienia.

Kąt wylotu = kąt celowania + kąt podrzutu.

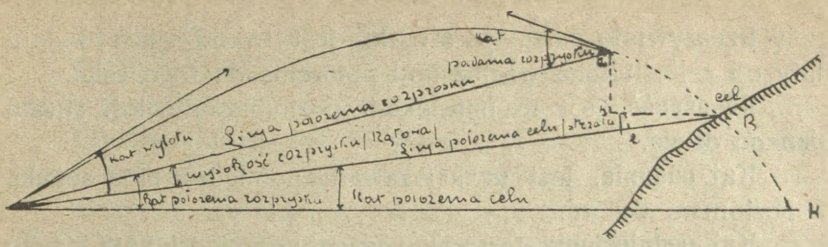
Kąt oddania = kąt wylotu + kąt położenia.

Kąt padania = stromości toru w ostatnim elemencie toru pocisku + kąt położenia.

Kąt uderzenia = stromość toru w ostatnim elemencie toru pocisku w punkcie uderzenia + spadzistość terenu w punkcie uderzenia.

Kąt położenia i kąt podrzutu bierze się z ich znakami; spadzistość terenu jest dodatnią, jeśli teren podnosi się oddalając się od działa i ujemną w wypadku przeciwnym.

Czas lotu, jest to czas w sekundach, który pocisk zużywa by przejść od początku toru do przecięcia się toru z linją położenia.



Rys. 2.

Wierzchołek toru, jest to najwyższy punkt toru pocisku.

Wysokość toru, jest to odległość pionowa wierzchołka toru od poziomu wylotu.

Przy strzelaniu **rozpryskowem** tor pocisku kończy się faktycznie w punkcie rozprysku.

Linja położenia i kąt położenia rozprysku określają się jak i dla strzelania uderzeniowego.

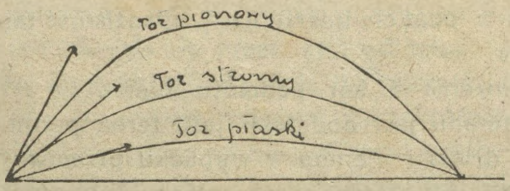
Odległość rozprysku i odstęp rozprysku są odległościami od działa i od celu, mierzonemi wzdłuż linji położenia celu do rzutu punktu rozprysku na tę linję.

Odległością rozprysku jest odległość od działa, mierzona wzdłuż linji położenia rozprysku.

Wysokość rozprysku mierzy się bądź to przez kąt zawarty pomiędzy linjami położenia celu i rozprysku, bądź to przez wysokość w metrach nad podstawą celu.

Kąt padania rozprysku, jest to kąt zawarty pomiędzy ostatnim elementem toru w punkcie rozprysku i linją położenia rozprysku. (Rys. 2).

Cele mogą być pionowe, osłonięte i poziome. Pocisk posiada największą skuteczność, gdy kąt uderzenia jest prosty lub zbliżony do prostego. Wobec tego, zależnie od kąta podniesienia, rozróżniamy: **strzał płaski** (do 20°), **strzał stromy** (do 45°) i **strzał pionowy** (powyżej 45°). Dział o torze płaskim używamy do ostrzeliwania celów pionowych; dział o torze pionowym—do ostrzeliwania celów poziomych. (Rys. 3).



Rys. 3.

BIBLJOTEKA INSTYTUTU BADAŃ ARTYLERYJSKICH
IBA

2. Broń ręczna i palna.

Bronią, ogólnie, możemy nazwać każdy przedmiot, który da się wykorzystać do walki.

Badaniem urządzenia, właściwości i użycia różnego rodzaju broni zajmuje się specjalna nauka wojskowa, zwana artylerją.

Słowo artylerja pochodzi od pierwiastka łacińskiego „ars tirare", co znaczy sztuka strzelania.

Broń możemy podzielić na dwa główne rodzaje: **broń białą**, którą działają bezpośrednio, trzymając ją w ręku jak np. sztylet, bagnet, szabla, lanca i **broń miotającą**, którą rażą przeciwnika z pewnej odległości, wyrzucając pociski.

Pierwszą bronią miotającą u ludów starożytnych były **łuk** i **proca**.

W wiekach starożytnych i średnich (do XIV wieku) urządzenie broni miotającej polegało na wykorzystaniu sprężystości giętkich ciał, np. lin z żył wołowych lub włosia końskiego i t. p. Oprócz łuków i proc stopniowo ukazują się i większe maszyny miotające.

Były to: **balisty**, rażące przeciwnika rzutem płaskim; **katapulty** lub **frondiboły**, rażące przeciwnika rzutem z góry; **tarany**, służące do rozbijania murów. Maszyny te miotały kamienie, belki, beczki napełnione materjałami palnemi i t. p. pociski.

Wadą ogólną tych maszyn była mała donośność—do 400 metrów, a przygotowanie do strzału wymagało długiego czasu i licznej obsługi.

W XIV. wieku ukazuje się w Europie **palna broń miotająca**.

W Polsce pierwsza wzmianka o artylerji jest w „Zwodzie zupełnym statutu Kazimierza Wielkiego", w tłumaczeniu Świętosława z Wojcieszyna (około połowy XIV wieku).

Bardziej ścisłą datę podaje Jan z Czarnkowa—mianowicie w r. 1383, podczas wojny domowej pomiędzy stronnikami Ziemowita, ks. Mazowieckiego i Domaratem, starostą Wielkopolskim „puszki" były użyte przy oblężeniu Pyzdr *).

Od chwili ukazania się broni palnej do dnia dzisiejszego, przedstawia ona lufę metalową z przewodem cylindrycznym.

---

*) *Górski* — Historja artylerji polskiej.

Lufa dzieli się na trzy części zwane: **komorową**, **średnią** i **wylotową**. Średnica przewodu lufy nazywa się **kalibrem**.

Zewnątrz lufy są umieszczone **czopy**, któremi lufa opiera się na łożyskach łoża.

Czopy w działach współczesnych, są umieszczane na kołysce działa. Poprzednio, dla ułatwienia przekładania lufy z łoża na łoże umieszczali w części środkowej haki lub półkola, zwane **delfinami**.

Dla dania strzału, do przewodu lufy kładą: *ładunek prochu*, t. j. ciała łatwo palnego i posiadającego w pewnych warunkach właściwość przeistoczenia się w krótkim przeciągu czasu w gaz sprężysty i szybko rozszerzający się i *pocisk* z mocnego materjału. Zapalenie ładunku prochowego odbywa się przez otwór specjalny, w części komorowej działa, zwany *otworem zapałowym*.

Po zapaleniu, gazy prochowe swoją sprężystością cisną na dno pocisku, na ściany i na dno przewodu lufy. Ciśnienie gazów prochowych, które znacznie przewyższa ciśnienie atmosfery, działa:

a) na dno pocisku, wyrzucając pocisk z przewodu lufy na znaczną odległość;
b) na dno przewodu lufy, odrzucając lufę wstecz na małą odległość, z powodu jej znacznego ciężaru (odrzut);
c) na ścianki przewodu lufy. — To ciśnienie równoważy się z oporem ścianek dostatecznie trwałych.

Dla przerzucania jednolitych pocisków znacznej wagi służą **działa artyleryjskie** (armaty) umieszczone wskutek znacznej ich wagi na specjalnej podstawie, zwanej **łożem**.

W działach współczesnych pomiędzy łożem a lufą umieszczają kołyskę, zawierającą przyrządy hamujące odrzut lufy i natłaczające ją z powrotem na miejsce.

Pierwsze działa wyrabiano z żelaznych, skutych ze sobą listew lub z bronzu.

Działa wielkiego kalibru miały początkowo kształt moździerzy kuchennych i nazywały się **bombardami**.

Stopniowo długość dział się zwiększała i obecnie doszły one do 140 — 180 kalibrów (Długa Berta).

Działa małego kalibru strzelały kulami ołowianemi, większego — kamiennemi.

Od wieku XV. działa zaczynają odlewać z lanego żelaza.

Różnorodność rodzajów strzelania uniemożliwia stworzenie działa uniwersalnego i już od wieku XV. działa różnią się urządzeniem, zależnie od przeznaczenia.

Działa o torze płaskim, strzelające pod małemi kątami podniesienia z wielkiemi szybkościami wylotowemi nazywały się armatami lub kolubrynami i dochodziły do 50 kalibrów długości.

Działa o torze stromym, strzelające pod znacznemi kątami podniesienia z małemi szybkościami wylotowemi nazywały się moździerzami i miały długość do 6 kalibrów.

W wieku XVI. ukazują się działa typu pośredniego pomiędzy armatami, a moździerzami—nazywane *hufnicami* (*haubica*).

Działa artylerji współczesnej, zależnie od swego przeznaczenia dzielą się na:

a) **Armaty** — działa strzelające pod małemi kątami podniesienia, lufa długości do 140 — 180 kalibrów, obliczone na znaczne ładunki prochu i wielkie szybkości wylotowe;

b) **Haubice** — działa strzelające pod dużemi kątami podniesienia, lufa długości 12 — 15 kalibrów, obliczone na małe ładunki prochu i małe szybkości wylotowe;

c) **Moździerze** — działa strzelające pod znacznemi kątami podniesienia, lufa długości 6—10 kalibrów, obliczone na małe ładunki prochu i małe szybkości wylotowe.

Oprócz wskazanego wyżej podziału działa różnią się jeszcze podług sposobu ładowania:

a) Działa z ładunkiem prochu w łusce. Pocisk i ładunek prochu w łusce metalowej połączonej w jedną całość (w małych kalibrach) lub rozdzielone (w średnich i wielkich kalibrach).

b) Działa z ładunkiem prochu w worku.

Oprócz tego działa różnią się sposobem otwierania zamka:

a) Półsamoczynne — zamek tych dział otwiera się siłą odrzutu i

b) Samoczynne, które ładują i dają strzał siłą odrzutu.

Wagomiar i kaliber dział. Miarą długości w dziale jest kaliber.

Miarą wagi w dziale jest waga pocisku danego działa. Wagą pocisku określali początkowo kaliber działa (działo 4, 8 i t. p. funtowe), obecnie te określenia stosują się do niektórych dział w Anglji.

3. Warunki, którym powinna odpowiadać broń palna.

Broń palna powinna być:

a) *skuteczną,*

b) *dogodną w obchodzeniu się,*

c) *tanią.*

Skuteczność broni osiąga się przez: *siłę rażenia, donośność, szybkostrzelność, celność* i, o ile to jest możliwe, przez *rażenie wszechstronne.*

Określimy pokrótce te warunki:

Siła rażenia. Podczas wojny artylerja ma do czynienia z celami żywemi, nie osłoniętemi i z celami martwemi, jak okopy, fortyfikacje, domy etc.

Zależnie od mocy celu, trzeba używać odpowiednich pocisków i dział.

Dla ostrzeliwania wojsk otwartych należy używać dział o torze płaskim, strzelając pociskami, dającemi wielką ilość odłamków.

Dla ostrzeliwania osłon i wojsk za niemi ukrytych,—dział o torze płaskim i stromym, strzelając pociskami o ścianach cienkich z dużym ładunkiem materjału wybuchowego.

Dla ostrzeliwania mocnych schronów i fortyfikacyj,—dział o torze pionowym, strzelając pociskami o ścianach grubych.

W kierunku rozwoju siły rażenia, artylerja zrobiła znaczne postępy w ciągu drugiej połowy XIX. wieku i na początku XX.

W roku 1853, 15-centymetrowe działa z bliskiej odległości robiły nieznaczne wgłębienia (około 2,5 cm.) w pancerzu żelaznym grubości 10 centymetrów.

W roku 1890, 15-centymetrowe działo, strzelając pociskiem stalowym, z odległości 100 metrów, przebijało na wylot 25-centymetrowy pancerz stalowy, prawie nie zniekształcając pocisku.

W roku 1898, 15-centymetrowe działo, strzelając pociskiem stalowym, z odległości 100 metrów, przebijało na wylot 25-centymetrowy pancerz stalowy, cementowany (o 40% odporniejszy od zwykłego) pod kątem 25°, nie zniekształcając pocisku.

Pociski artylerji współczesnej, zależnie od terenu i od kalibru, robią leje głębokości od 0,5 do 10 metrów o średnicy od 1 do 15 metrów.

By uwidocznić jeszcze lepiej rezultaty osiągnięte w tym kierunku, przytoczymy przykład stopniowego powiększania się

energji pocisków 8-calowego (20-centym.) morskiego działa rosyjskiego:

8 cal. działo Wz. 1867 energja pocisku przy wylocie 712 m.-tonn przyjmując ją za 1
8 „ „ „ 1877 30 kalibrów „ „ 1619 „ „ „ 2,27
8 „ „ „ 1877 35 „ „ „ 1987 „ „ „ 2,79
8 „ „ „ 1892 45 „ „ „ 3649 „ „ „ 5,12
8 „ „ „ 1903 50 „ „ „ 4221 „ „ „ 5,92

Energja pocisków dział współczesnych dochodzi do:

75 m/m . . . . . 108 metro-ton
155 m/m . . . . . 382 „ „
240 m/m . . . . . 2227 „ „
370 m/m . . . . . 7958 „ „
400 m/m . . . . . 9670 „ „

Donośność. Początkowo działa strzelały na odległość od 350 — 700 metrów. W XVI. wieku odległość strzału przy celowaniu nawprost nie przewyższała 340 metrów.

W 1832 roku von Decker ułożył następującą tablicę donośności broni palnej:

140 metrów . . . . rażenie drobnemi kartaczami.
560 „ . . . . normalna odległość ognia karab.
780 „ . . . . normalna odległość ognia dz. pol.
1280 „ . . . . granica strzału odskokowego z dział polowych.

Wiek XIX. a zwłaszcza początek XX. zrobił wielki krok naprzód.

Karabiny niosą obecnie na 3.000 metrów, działa polowe do 11 kilometrów, ciężkie 15 — 18 klm., morskie do 40 klm., a Długa Berta do 130 klm.

Szybkostrzelność. Dla zupełnego wykorzystania czasu, przeznaczonego na strzelanie, działo powinno dać możliwie większą ilość strzałów na minutę.

Z dział oblężniczych Karola VIII, podczas jego wyprawy do Włoch, można było dać tylko parę strzałów dziennie, obecnie z dział polowych dają 15 — 20 strzałów na minutę, z ciężkich 4 — 6, a z dział wielkich kalibrów 1 — 2.

Celność. Jest wymaganą dlatego, by ilość pocisków, którą wyrzuca się w jednym kierunku, na pewien punkt, przyniosła skutek, padając blisko obok siebie.

Podczas wyżej wspomnianej wyprawy Karola VIII. do Włoch, po kilkogodzinnem ostrzeliwaniu wojsk rzeczypospolitej Weneckiej, był zabity tylko jeden koń.

Na początku XIX. stulecia uważano za bardzo dobrą celność, gdy do tarczy 5,5 m. na 5,5 metrów trafiło 16% pocisków z odległości 600 metrów.

Obecnie, w tych samych warunkach, trafia 90 — 95% pocisków.

Rażenie wszechstronne. Idałem rażenia byłoby rażenie wszechstronne przeciwnika. Jednym typem broni tego nie osiągniemy, musimy więc zastosować różne sposoby rażenia, które w połączeniu dadzą nam rażenie wszechstronne. Jeśli cel jest pionowy, dążą do ostrzeliwania go z dział o torze płaskim. Jeśli cel jest poziomy—ostrzeliwują go z dział o torze stromym.

Rażenie z dołu osiąga się przez miny i łodzie podwodne.

Rażenie z góry przez aeroplany i balony. Oprócz tego rażenie z tyłu uzupełniłoby rażenie wszechstronne. W tym kierunku były robione próby, które jednak nie dały żadnych dodatnich wyników; projektowano mianowicie: działo o przewodzie lufy eliptycznym, strzelające pociskami w kształcie bumerangów.

Wyżej wymienione warunki stawiane artylerji, są warunkami balistycznemi (βαλλω — rzucam) i charakteryzują ogień artylerji, jako *burzący, dalekonośny, szybki i celny.*

Artylerja powinna być nietylko potężną, lecz prostą i dogodną w użyciu.

Wymagania te wynikają ze względu na obsługę, która składa się przeważnie z ludzi mało inteligentnych, często niezręcznych, których wyszkolenie przy materjale złożonym byłoby trudne.

Należy dążyć do tego, by zastosowanie broni, zwłaszcza w warunkach bojowych, było dogodne, praktyczne, pewne, a broń sama powinna być trwałą.

Praktyczność broni powinna być:

a) *konstrukcyjna,*
b) *techniczna,*
c) *bojowa.*

Zwłaszcza ten ostatni warunek powinien być ściśle przestrzegany. Praktyczność bojowa broni wyraża się w tem, że

broń jest łatwą w obchodzeniu się i użyciu, nie ulega wpływom atmosferycznym i nie wymaga nadzwyczaj starannej konserwacji.

Dla artylerji polowej niezmiernie ważnym czynnikiem praktyczności działa jest ruchliwość, która zależy od wagi i właściwości toczenia się sprzętu.

Oprócz tych wymagań, są jeszcze wymagania ekonomiczne.

W roku 1914. działo 30,5 centymetrowe morskie kosztowało 300.000 franków, działo polowe 75 m/m do 30.000 franków.

Pocisk 35 cm. działa kosztował 3.400 franków, ładunek prochu około 1.000 franków.

Uzbrojenie artylerji kosztuje wiele i wiele miljardów—należy więc troszczyć się o to, by działa nie wymagały częstych zmian, odnawiań i by konserwacja ich była należytą.

Ważnem jest również dla państwa, by działa i amunicja były wyrabiane w fabrykach krajowych.

Reasumując wszystko, widzimy, że ogólne wymagania stawiane artylerji są: *balistyczne, wojskowe i ekonomiczne.*

Zadanie racjonalnej organizacji i umiejętnego wykorzystania artylerji polega na pogodzeniu tych sprzecznych między sobą wymagań.

DZIAŁ I.

Ruch pocisku po wylocie z lufy.

ROZDZIAŁ I.

Prawo ruchu pocisku w próżni.

1. Ruch pocisku w próżni. Przedstawmy sobie strzał z działa polowego do jakiegoś celu. Pocisk w locie będzie podlegał następującym wpływom:

a) szybkości wylotowej pocisku,
b) kątowi podniesienia,
c) wadze i kształtowi pocisku i
d) wpływom atmosferycznym: wiatr, temperatura i gęstość powietrza.

By być pewnym, że strzelanie będzie celne, niezbędnem jest zbadanie wpływu całokształtu wszystkich tych przyczyn na strzelanie.

Badanie całokształtu przyczyn jest bardzo trudne, a więc starają się je ułatwić, badając początkowo tor pocisku przy wpływie tylko pewnych przyczyn, poczem przyjmując pod uwagę pozostałe, wyjaśniają całokształt.

Na pocisk, rzucany z pewną szybkością, podczas jego lotu wpływają: siła ciążenia i powietrze, przyczem powietrze stawia opór ruchowi i wstrzymuje pocisk; opór ten jest zależny od kształtu i wagi pocisku.

Dla uproszczenia badania będziemy uważali pocisk jako ciężki punkt rzucony w próżni.

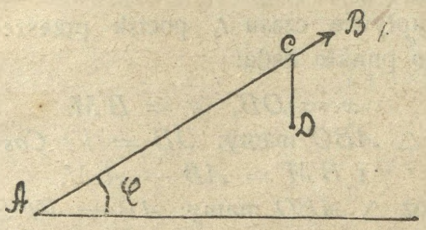
Przypuśćmy, że z działa rzuciliśmy pocisk z szybkością wylotową v. pod kątem podniesienia φ.

Jeśliby na pocisk nie działała siła ciążenia, to pod wpływem bezwładności poruszałby się on wzdłuż prostej AB (rys. 4), równomiernie oddalając się w nieskończoność, przyczem, po pewnym okresie czasu t, przeszedłby on przestrzeń $= v.\ t$, t. j. pocisk osiągnąłby np. punkt C.

Współrzędnemi punktu C będą $x = v.\ t.\ Cos\ \varphi$ i

$y = v.\ t.\ Sin\ \varphi$, a równanie toru:

$$y = x\ tg\ \varphi \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$



Rys. 4,

Jest to równanie prostej, nachylonej do osi x pod kątem φ i przechodzącej przez początek współrzędnych. Lecz pocisk ma wagę i pod wpływem siły ciążenia będzie opuszczał się pionowo, jednostajnie przyspieszonym ruchem, przyczem w przeciągu czasu t opuści się na wielkość $\frac{gt^2}{2}$, gdzie g jest przyśpieszeniem siły ciążenia (9,81 $m/sek.^2$).

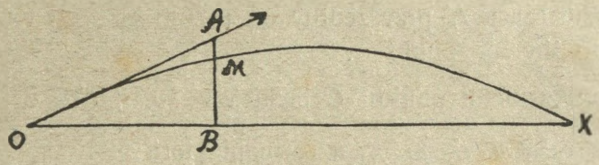
Wielkość rzutu siły ciężkości, na poziomą linję prostopadłą do płaszczyzny strzału, jest zero; ponieważ innych sił niema, więc i rzut przyśpieszenia na ten sam kierunek jest również zero, znaczy więc, że pocisk przez cały czas lotu będzie poruszał się w płaszczyźnie strzału i linja lotu będzie płaską.

Wobec powyższego, przy działaniu siły ciążenia, rzeczywiste położenie pocisku przez t sekund po wylocie będzie nie punkt C, lecz punkt D, gdzie $CD = \frac{gt^2}{2}$.

2. Równanie parabolicznego toru pocisku. Dla badania lotu pocisku należy określić wygląd jego toru (początkowo w próżni, bez siły oporu powietrza).

Przypuśćmy, że pocisk wyleciał z lufy działa O (rys. 5) z szybkością wyłotową V, pod kątem podniesienia φ. Przyjmie-

my środek wylotu lufy za początek współrzędnych, za oś X—poziomą OX za oś Y—pionową OY.



Rys. 5.

Jeśli, po upływie czasu t, pocisk przeszedł w punkt M współrzędne tego punktu będą:

$$x = OB, \quad y = BM.$$

z $\triangle$ ABO mamy: $OB = Vt\ Cos\ \varphi$

i $BM = AB - AM.$

z tegoż $\triangle$ ABO mamy: $AB = Vt\ Sin\ \varphi.$

i $AM = \frac{gt^2}{2}$,

skąd: $x = Vt\ Cos\ \varphi$ . . . . . (2)

$$y = Vt\ Sin\ \varphi - \frac{gt^2}{2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

Jeśli z równań (2) i (3), wyłączymy czas t, jako wielkość zmienną, to otrzymamy poszukiwane równanie toru pocisku.

W tym celu określimy t z równania (2) $t = \frac{x}{V\ Cos\ \varphi}$ i podstawimy otrzymane znaczenie w równanie (3).

$$y = V\ Sin\ \varphi\ \frac{x}{V\ Cos\ \varphi} - \frac{gx^2}{2\ V^2\ Cos^2\ \varphi},$$

czyli:

$$y = x\ tg\ \varphi - \frac{gx^2}{2\ V^2\ Cos^2\ \varphi} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

wyrażające płaską krzywą linję — parabolę.

Pierwsza część tego równania jest jednakową z równaniem (1), otrzymanem przy nieuwzględnieniu siły ciążenia, której wpływ wyraża się przez drugą część równania, odpowiadającą zniżeniu pocisku pod linją strzału: $-\frac{gt^2}{2}$ skąd możemy przyjąć:

$$h = \frac{gt^2}{2} = \frac{gx^2}{2\ V^2\ Cos^2\ \varphi} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

Że równanie (4) jest równaniem paraboli możemy się przekonać w następujący sposób: z geometrji analitycznej wiadomo, że ogólnym wzorem równań krzywych drugiego rzędu jest:

$$Ax^2 + Bxy + Cy^2 + Dx + Ey + F = O$$

by krzywą była parabola należy by

$$B^2 - 4AC = O.$$

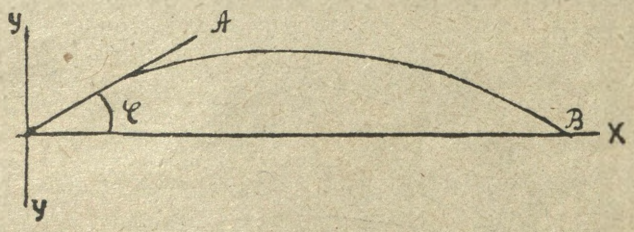
Ułożywszy równanie (4) podług porządku zmiennych x i y, wzoru ogólnego otrzymamy:

$$\frac{g}{2V^2 \cos^2 \varphi} x^2 - tg\,\varphi\, x + y = O,$$ skąd widzimy, że:

$$A = \frac{g}{2V^2 \cos^2 \varphi}$$
$$B = 0$$
$$C = 0$$
$$D = -tg\,\varphi$$
$$E = 1$$
$$F = 0$$

wobec czego: $B^2 - 4AC = O$.

3. Pozioma odległość strzału. By znaleźć wielkość poziomej odległości strzału (t. j. odległość OB, od początku toru pocisku do punktu przecięcia się toru z poziomem wylotu), liczonej wzdłuż podstawy toru (rys. 6),



Rys. 6.

należy w równaniu toru pocisku przyjąć $y = O$, wówczas otrzymamy:

$$O = x\,tg\,\varphi - \frac{gx^2}{2V^2 \cos^2 \varphi}$$ lub:

$$O = x\left(tg\,\varphi - \frac{gx}{2V^2 \cos^2 \varphi}\right)$$

Równanie to odpowiada: 1) $x = O$ t. j. punktowi rzutu O

i 2) $tg\,\varphi - \frac{gx}{2V^2 \cos^2 \varphi} = O$

skąd: $x = \frac{2\,V^2\,Cos^2\,\varphi\,tg\,\varphi}{g} = \frac{2\,V^2\,Sin\,\varphi\,Cos\,\varphi}{g}$

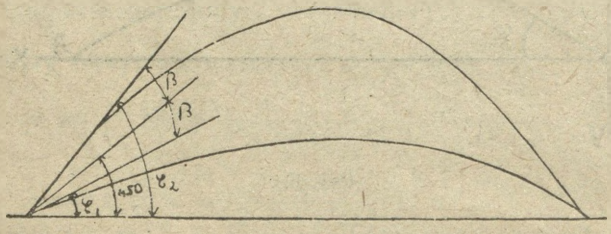
czyli: $x = \frac{V^2\,Sin.\,2\,\varphi}{g}$ . . . . . (6)

Równanie to daje wielkość poziomej odległości strzału (nadal będziemy ją oznaczać przez X). Równanie (6) pokazuje, *że pozioma odległość strzału jest proporcjonalna do kwadratu szybkości wylotowej pocisku i Sinus'u podwójnego kąta podniesienia.*

Z równania tego widzimy, że odległość strzału, przy stałem znaczeniu V, zmienia się ze zmianą φ, przyczem, przy $\varphi = 0^0$ i $\varphi = 90^0$, x będzie równać się zeru, ponieważ $Sin\ 0^0$ i $Sin\ 180^0 = 0$: przy zmianie kąta φ od 0^0 do 90^0, odległość strzału zmienia się, osiągając swoje maximum przy największem znaczeniu $Sin\ 2\,\varphi$, t. j. gdy $Sin\ 2\,\varphi = 1$ czyli $2\,\varphi = 90^0$ skąd $\varphi = 45^0$, wobec tego, kąt podniesienia równy 45^0 nazywa się *kątem największej poziomej odległości.*

Oprócz tego z równania (6) widzimy, że *przy danej szybkości wylotowej pocisku i przy kątach podniesienia, różniących się od 45^0 o wielkości jednakowe w kierunku zwiększenia lub zmniejszenia tego kąta, poziome odległości strzału będą jednakowe.*

Rzeczywiście, przypuśćmy, że kąt podniesienia w jednym wypadku będzie:

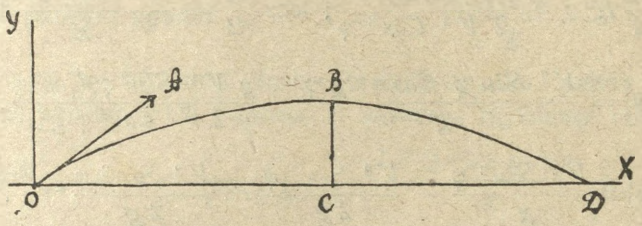


Rys. 7.

$\varphi_1 = 45^0 - \beta$. (Rys 7), a w drugim będzie:
$\varphi_2 = 45^0 + \beta$. Wówczas:
$Sin\ 2\,\varphi_1 = Sin\ (90^0 - 2\,\beta)$
$Sin\ 2\,\varphi_2 = Sin\ (90^0 + 2\,\beta)$
czyli: $Sin\ 2\,\varphi_1 = Sin\ 2\,\varphi_2$,

t. j. poziome odległości strzału są jednakowe.

4. Wysokość toru. Dla określenia wysokości toru BC (rys. 8) należy przedtem upewnić się, czy wysokość BC jest osią symetrji paraboli OBD.



Rys. 8.

Jeśli, zachowując poprzednie kierunki współrzędnych, przeniesiemy ich początek z początku toru na środek poziomej odległości strzału x, t. j. na odległość $\frac{X}{2} = \frac{V^2 \, Sin \, \varphi \, Cos \, \varphi}{g}$, wówczas znaczenie współrzędnych punktów toru nie zmieni się, współrzędne x zmienia się na x_1 odpowiadające równaniu:

$$x = x_1 + \frac{V^2 \, Sin \, \varphi \, Cos \, \varphi}{g}$$

podstawiając to znaczenie zamiast x w równanie toru (4) otrzymamy zamiast

$$y = x \, tg \, \varphi - \frac{g x^2}{2 \, V^2 \, Cos^2 \, \varphi},$$

$$y = (x_1 + \frac{V^2 \, Sin\varphi \, Cos\varphi}{g}) \, tg \, \varphi - \frac{g}{2 \, V^2 \, Cos^2 \varphi} (x_1 + \frac{V^2 \, Sin\varphi \, Cos\varphi}{g})^2$$

Skąd, po skróceniu, otrzymamy:

$$y = - \frac{g x_1^2}{2 \, V^2 \, Cos^2 \, \varphi} + \frac{V^2 \, Sin^2 \, \varphi}{2 \, g} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (7)$$

W tem równaniu x_1 wchodzi tylko w potędze parzystej, a więc każdemu znaczeniu y odpowiadają dwa znaczenia x_1 — równe co do wartości absolutnej i różne co do znaku, t. j. nowa oś współrzędnych y, zlewa się z kierunkiem wysokości toru i jest osią symetrji toru pocisku. Wobec tego, dla odnalezienia wysokości toru BC należy w równanie toru (4) podstawić $\frac{X}{2}$ zamiast x i obliczyć odpowiednie y:

$$y = x\,tg\,\varphi - \frac{gx^2}{2\,V^2\,Cos^2\,\varphi},$$

$$y = \frac{X}{2}\,tg\,\varphi - \frac{g\left(\frac{X}{2}\right)^2}{2\,V^2\,Cos^2\,\varphi};\ \text{lecz}\ \frac{X}{2} = \frac{V^2\,Sin\,\varphi\,Cos\,\varphi}{g},$$

skąd: $$y = \frac{V^2\,Sin\,\varphi\,Cos\,\varphi\,tg\,\varphi}{g} - \frac{g\,V^4\,Sin^2\,\varphi\,Cos^2\,\varphi}{2\,V^2\,Cos^2\,\varphi\,g^2},$$

czyli: $$y = \frac{V^2\,Sin^2\,\varphi}{g} - \frac{V^2\,Sin^2\,\varphi}{2g} = \frac{V^2\,Sin^2\,\varphi}{2g}\ *) \quad . \quad . \quad (8)$$

Równanie powyższe wyraża wysokość toru. Z tego równania widzimy, że: *wysokość toru pocisku jest proporcjonalną do kwadratu szybkości wylotowej i kwadratu Sinus'u kąta podniesienia*; przy stałej szybkości V, największa wysokość toru będzie przy $\varphi = 90^0$ — ponieważ przy tym kącie $Sin^2\,\varphi$ osiąga największą wartość.

5. Określenie stromości toru w danym punkcie i określenie szybkości w jakimkolwiek punkcie toru. Na podstawie dowodów powyższych, że wysokość parabolicznego toru jest jednocześnie i osią symetrji paraboli, wnioskujemy, że obydwie odnogi toru OB i BD (rys. 8) są symetryczne, z czego bezpośrednio wypływa:

1) że kąt podniesienia i kąt upadku są równe i że wogóle, stromość toru w symetrycznych punktach toru jest jednakowa i 2) że wylotowa i końcowa szybkość są równe co do wielkości i, wogóle, szybkości w symetrycznych punktach toru są jednakowe. Obydwa te wnioski mogą być dowiedzione w następujący sposób: jeśli z równania toru (4) wziąć pochodną względem x, otrzymamy:

$$y = x\,tg\,\varphi - \frac{gx^2}{2\,V^2\,Cos^2\,\varphi}$$

$$\frac{dy}{dx} = tg\,\varphi - \frac{gx}{V^2\,Cos^2\,\varphi},\ \text{lecz}\ \frac{dy}{dx} = tg\,\alpha;$$

więc: $$tg\,\alpha = tg\,\varphi - \frac{gx}{V^2\,Cos^2\,\varphi}. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (9)$$

*) Wielkość y możemy otrzymać również i bezpośrednio z równania (7) przyjmując $x_1 = 0$, dlatego, że w tym wypadku y osiągnie swoje maximum.

Równanie to wyraża stromość toru w każdym jego punkcie. W punkcie wylotu $x = O$; a więc: $tg\,\alpha = tg\,\varphi$ t. j. stromość toru w tym punkcie jest kąt podniesienia.

W punkcie upadku $x = X = \frac{V^2\ 2\ Sin\ \varphi\ Cos\ \varphi}{g}$

wobec tego, by otrzymać znaczenie kąta upadku, należy w równanie (9) podstawić X, zamiast x, wówczas będziemy mieli:

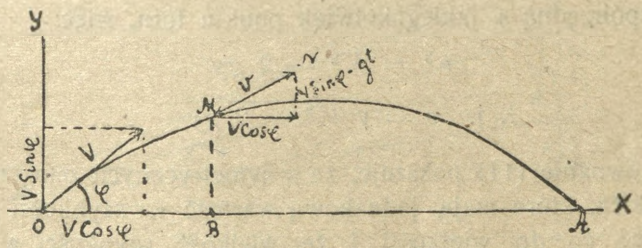
$$tg\,\Theta = tg\,\varphi - \frac{g}{V^2\ Cos^2\ \varphi} \cdot \frac{V^2\ 2\ Sin\ \varphi\ Cos\ \varphi}{g} \text{ t. j.}$$

$$tg\,\Theta = tg\,\varphi - 2\ tg\,\varphi$$

czyli: $tg\,\Theta = -\ tg\,\varphi$ **) . . . . . (10)

t. j. *kąt upadku równa się kątowi podniesienia lecz z przeciwnym znakiem.*

Dla określenia szybkości w jakimkolwiek punkcie toru, wybierzemy na torze, otrzymanym przy szybkości wylotowej V i kącie podniesienia φ, punkt M (rys. 9) i nakreślimy styczną $M\ N$ proporcjonalną do szybkości pocisku w tym momencie, gdy on znajduje się w punkcie M. Jeśli nakreślimy prostą MP równoległą do Ox : NP równoległa do Oy, to proste te będą pozio-



Rys. 9.

mym i pionowym rzutem szybkości dla przeciągu czasu t, odpowiadającego punktowi M. Z trójkąta prostokątnego MNP mamy:

$$v^2 = MP^2 + NP^2$$

**) By dowieść, że w symetrycznych punktach toru, stromość jest jednakowa, weźmiemy pierwszą pochodną równania (7), otrzymamy:

$$\frac{dy}{dx} = tg\,\alpha = \frac{g x_1}{V^2\ Cos^2\ \varphi};$$

z tego równania widzimy, że α są jednakowe dla $+ x_1$ i $- x_1$, lecz z różnemi znakami.

Wielkości MP i PN mogą być określone w następujący sposób: przy wyprowadzeniu zasadniczego równania toru

$$x = Vt\ Cos\ \varphi \text{ i } y = Vt\ Sin\ \varphi - \frac{gt^2}{2}$$

przedstawiają składowe przesunięć pocisku w poziomym i pionowym kierunku. Biorąc od tych znaczeń, pochodne względem czasu otrzymamy:

$$v_x = \frac{dx}{dt} = V\ Cos\ \varphi \text{ i } v_y = \frac{dy}{dt} = V\ Sin\ \varphi - gt$$

W ten sposób składowe szybkości pozioma i pionowa w jakimkolwiek punkcie toru będą: $V\ Cos\ \varphi$ i $V\ Sin\ \varphi - gt$, więc:

$$v^2 = (V\ Cos\ \varphi)^2 + (V\ Sin\ \varphi - gt)^2 =$$

$$= V^2\ Cos^2\ \varphi + V^2\ Sin^2\ \varphi - 2\ gt\ V\ Sin\ \varphi + g^2\ t^2 =$$

$$= V^2\ (Sin^2\ \varphi + Cos^2\ \varphi) - 2\ g\ \left(Vt\ Sin\ \varphi - \frac{gt^2}{2}\right);$$

gdzie $Sin^2\ \varphi + Cos^2\ \varphi = 1$

i $Vt\ Sin\ \varphi - \frac{gt^2}{2}$

jest współrzędną y jakiegokolwiek punktu toru, więc:

$$v^2 = V^2 - 2\ gy$$

$$\text{t. j. } v = \sqrt{V^2 - 2\ gy} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (11)$$

Równanie (11) pokazuje, że w symetrycznych punktach toru, t. j. takich, które mają jednakową wartość y, szybkości pocisku są równe co do wielkości i że wielkość szybkości w danym punkcie zależy tylko od wysokości tego punktu nad poziomem wylotu.

Z równania powyższego widzimy, że *w wierzchołku toru szybkość osiąga swoje minimum* (*ponieważ y dochodzi do maximum*), *a w punkcie upadku* (*gdzie* $y = 0$) *równa się szybkości wylotowej* *).

*) To samo możemy dowieść na podstawie równania żywej siły. Praca wagi pocisku na całym jego torze równa się 0; ponieważ w odnodze wznoszącej się praca ta równa się $+ ph$ (p waga pocisku, h wysokość), a w odnodze opadającej $- ph$, suma tych prac $= 0$, więc i przyrost żywej siły pocisku na całym torze $= 0$.

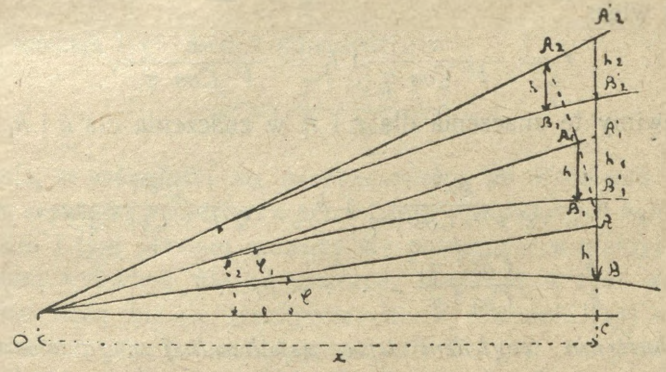
6. Określenie czasu lotu. Czas lotu znajdziemy z równania: $x = Vt\ Cos\ \varphi$, skąd $t = \frac{x}{V\ Cos\ \varphi}$; zamiast dowolnego x podstawimy znaczenie odległości strzału:

$$X = \frac{V^2}{g}\ 2\ Sin\ \varphi\ Cos\ \varphi;$$

wówczas $$T = \frac{V^2}{g} \cdot \frac{2\ Sin\ \varphi\ Cos\ \varphi}{V\ Cos\ \varphi} = \frac{2\ V\ Sin\ \varphi}{g} \quad . \quad . \quad . \quad (12)$$

7. Prawo obniżeń. Jeśli pocisk porusza się w próżni, to po upływie t sekund od początku ruchu, pod wpływem siły ciążenia, obniży się pod kierunkiem oddania na wielkość $\frac{gt^2}{2}$, gdzie g jest przyśpieszeniem siły ciążenia.

Ponieważ znaczenie $\frac{gt^2}{2}$ nie zależy od kąta podniesienia, więc rzuciwszy z jakiegokolwiek punktu O (rys. 10) w próżni pociski



Rys. 10.

z tą samą szybkością wylotową, pod różnemi kątami podniesienia φ, φ_1, φ_2, zauważymy, że po upływie t sekund wszystkie obniża się odnośnie do kierunku oddania na jedną i tą samą wielkość $AB = A_1\ B_1 = A_2\ B_2 = \frac{gt^2}{2}$, od punktów A, A_1, A_2, znajdujących się na kierunkach oddania w jednakowych odległościach $OA = OA_1 = OA_2 = Vt$, od punkt urzutu O.

Znaczy więc, że *w próżni, jednakowym odległościom od punktu rzutu, liczonym wzdłuż kierunków oddania, odpowiadają*

jednakowe pionowe obniżenia pocisków, wystrzelonych pod różnemi kątami, lecz z jednakowemi szybkościami wylotowemi. Niezależność obniżeń pocisku od wartości kąta podniesienia stanowi *prawo obniżeń pocisków w próżni.*

Należy przyjąć pod uwagę, że obniżenia AB, $A'_1 B'_1$, $A'_2 B'_2$, pocisków od kierunków oddania dla współrzędnej $OC = x$ wszystkich torów otrzymanych przy różnych kątach podniesienia nie podlegają temu prawu t. j. zależą od wartości kąta podniesienia i są one tem większe, im większe są te kąty, ponieważ z powiększeniem kątów podniesienia, dla tejże współrzędnej x zwiększają się odległości w kierunkach oddania, a więc i czas potrzebny do przebycia tych odległości. Analitycznie możemy to dowieść w następujący sposób: określimy czas odpowiadający naprz. odległości OA przez t, a odległości OA'_1 przez t_1:

$$h = \frac{1}{2} g t^2 \text{ i } h_1 = \frac{1}{2} g t^2_1$$

z trójkąta OCA mamy, że $OC = x = OA \cdot Cos\, \varphi = Vt\, Cos\, \varphi$, a z trójkąta OCA'_1, że $OC = x = OA'_1\, Cos\, \varphi_1 = Vt_1\, Cos\, \varphi_1$; znaczy więc:

$$t = \frac{x}{V\, Cos\, \varphi} \text{ i } t_1 = \frac{x}{V\, Cos\, \varphi_1}.$$

Podstawimy te znaczenia dla t i t_1 w znaczenia dla h i h_1 otrzymamy:

$$h = \frac{g x^2}{2\, V^2\, Cos^2\, \varphi} \text{ i } h_1 = \frac{g x^2}{2\, V^2\, Cos^2\, \varphi_1},$$

skąd:
$$\frac{h}{h_1} = \frac{Cos^2\, \varphi_1}{Cos^2\, \varphi} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (13)$$

t. j. *obniżenia względem tejże współrzędnej x są w stosunku odwrotnym do kwadratów Cosinus'ów kątów podniesienia.* Ponieważ, z powiększeniem kątów, Cosinus'y zmniejszają się, więc ze zwiększeniem kątów podniesienia, obniżenia również zwiększają się.

Należy zauważyć, że przy małych kątach podniesienia φ, nie większych od 15°, stosunek $\frac{Cos^2\, \varphi_1}{Cos^2\, \varphi}$ możemy przyjąć za 1 ($Cos\ 15^0 = 0{,}97$) t. j. przyjąć, że *w próżni, przy kątach podniesienia mniejszych od 15°, pionowe obniżenia pocisków są jednakowe dla tejże współrzędnej x* ($h = h_1 = h_2$ na rysunku 10)*).

*) Pierwszy praktycznie zastosował to prawo włoski artylerzysta hrabia S. Roberto, którego imieniem ono jest nazwane.

8. Zastosowanie parabolicznej teorji do ruchu pocisków w powietrzu. Porównanie rezultatów otrzymywanych przy strzelaniu w warunkach rzeczywistych, z temi, które były otrzymane przy pomocy obliczeń pokazuje, że paraboliczna teorja daje znacznie różniące się wyniki. Znaczenia balistycznych wielkości, otrzymywane przy pomocy tej teorji, różnią się od rzeczywistości: tak np. faktyczna odległość strzału może być kilka razy mniejsza niż obliczona przy tych samych danych, lecz w próżni.

W praktyce możemy korzystać tylko z niektórych wywodów teorji parabolicznej.

1) Naprzykład korzysta się z wywodu odległości strzału. Przypuśćmy, że przy kącie φ i szybkości V otrzymaliśmy odległość X i przy kącie φ_1 i szybkości V_1 otrzymaliśmy odległość X_1, wówczas, zastosowując równanie (6) będziemy mieli dwa równania:

$$X = \frac{V^2}{g} Sin\ 2\varphi$$

$$X_1 = \frac{V_1^2}{g} Sin\ 2\varphi_1$$

Stosunek tych dwóch odległości:

$$\frac{X}{X_1} = \frac{V^2\ Sin\ 2\varphi}{V_1^2\ Sin\ 2\varphi_1} \quad \ldots\ldots\ (14)$$

pokazuje, że *odległości są proporcjonalne do iloczynów z kwadratów szybkości wylotowych przez Sinus'y podwójnych kątów podniesienia* i tym prawem możemy się posługiwać w praktyce, jeśli szybkości wylotowe nie są znaczne, ponieważ w tym wypadku rezultaty będą bliskie rzeczywistych. Z równania (14) możemy wyprowadzić jeszcze następujące: jeśli $V = V_1$, t. j. szybkości wylotowe są równe, więc $\frac{X}{X_1} = \frac{Sin\ 2\varphi}{Sin\ 2\varphi_1}$ i jeśli kąty nie są znaczne, to Sinus'y możemy zamienić przez same kąty: otrzymamy wówczas:

$$\frac{X}{X_1} = \frac{2\varphi}{2\varphi_1} = \frac{\varphi}{\varphi_1} \quad \ldots\ldots\ (15)$$

a przy jednakowych kątach podniesienia:

$$\frac{X}{X_1} = \frac{V^2}{V_1^2} \quad \ldots\ldots\ (16)$$

2) W praktyce również może być zastosowane równanie czasu lotu. Przypuśćmy, że przy kącie podniesienia φ i szybkości

wylotowej V, czas lotu T, przy kącie podniesienia φ_1 i szybkości V_1, czas lotu T_1 wówczas (z równania 12) będziemy mieli:

$$T = \frac{2\ V\ Sin\ \varphi}{g}$$

$$\text{i}\quad T_1 = \frac{2\ V_1\ Sin\ \varphi_1}{g}$$

Stosunek tych odstępów czasu:

$$\frac{T}{T_1} = \frac{V\ Sin\ \varphi}{V_1\ Sin\ \varphi_1} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (17)$$

pokazuje że *czasy lotu pocisków są proporcjonalne do iloczynów z szybkości wylotowych przez Sinus'y kątów podniesienia.*

3) W praktyce możemy określić, na podstawie równania toru (4) i równania odległości strzału (6) kąt upadku przy strzelaniu płaskiem i pionowem.

$$X = \frac{2\ V^2\ Sin\ \varphi\ Cos\ \varphi}{g}$$

Mnożąc i dzieląc prawą część przez $Cos\ \varphi$ określamy znaczenie $2\ V^2\ Cos^2\ \varphi$:

$$2\ V^2\ Cos^2\ \varphi = \frac{X\ g}{tg\ \varphi},$$

Podstawiając to znaczenie w równanie toru (4)

$$y = x\ tg\ \varphi - \frac{x^2\ tg\ \varphi}{X} =$$

$$x\ tg\ \varphi\ (1 - \frac{x}{X})\ x\ tg\ \varphi\ \frac{X - x}{X},$$

$$\text{i}\quad tg\ \varphi = \frac{y}{x} \cdot \frac{X}{X - x}$$

Ponieważ kąt podniesienia φ w próżni, równa się kątowi upadku Θ możemy napisać:

$$tg\ \Theta = \frac{y}{x} \cdot \frac{X}{X - x} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (18)$$

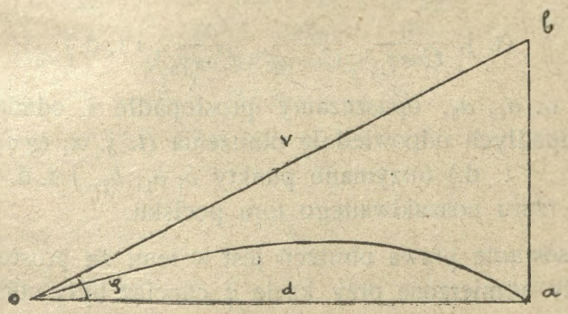
W danym wypadku współrzędne y i x są współrzędnemi punktu upadku pocisku.

W praktyce korzystają z równania toru **dla określenia kąta podrzutu.** W tym celu działo ustawia się poziomo, a w odległości 20 — 30 metrów od wylotu lufy, ustawia się prostopadle do jej

osi tarczę, tak, by oś lufy przechodziła ściśle przez środek tarczy; potem dają 3—5 strzałów i mierzą pionowe współrzędne y—punktów trafienia; przyjmując część toru za parabolę, możemy napisać następujące równanie: $y = x\,tg\,\varepsilon - \frac{gx^2}{2\,V^2\,Cos^2\,\varepsilon}$, gdzie ε kąt podrzutu i ponieważ wartość absolutna tych kątów jest bardzo mała (w minutach), więc $Cos\,\varepsilon$ możemy przyjąć za jedność i wówczas kąt ε określi się przez wzór:

$$tg\,\varepsilon = \frac{y}{x} - \frac{gx}{2\,V^2}. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (19)$$

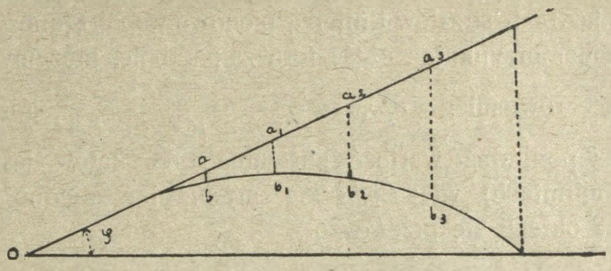
gdzie y przeciętna współrzędna. Dla danego wzoru działa przyjmują kąt podrzutu jako wielkość stałą przy wszelkich kątach podniesienia, stałym ładunku prochu i jednym pocisku. Zmienia się on ze zmianą ładunku, pocisku i systemu łoża. Kąty podrzutu mogą być ujemne lub dodatnie, zawsze o małej wartości.



Rys. 11.

4) Na podstawie prawa obniżeń, możemy rozwiązać jeszcze następujące zagadnienie: na podstawie szeregu odległości poziomych strzału i odpowiednich kątów podniesienia otrzymanych przy strzelaniu z danego działa wykreślić tor pocisku wystrzelonego pod kątem φ. Dla każdej z odległości, podług danego kąta podniesienia, możemy określić odpowiednie obniżenie toru. Przypuśćmy że Oa (rys. 11) przedstawia odległość poziomą, wówczas obniżenie $ab = Oa\,tng\,\varphi = x\,tg\,\varphi$, a odpowiadająca jemu odległość w kierunku oddania $Ob = \frac{Oa}{Cos\,\varphi} = \frac{x}{Cos\,\varphi}$.

W podobny sposób możemy określić odpowiednie znaczenia dla obniżeń ab i odległości Ob, przy różnych odległościach Oa i od-



Rys. 12.

powiadających im kątach podniesienia φ_1, φ_2 i t. d. Dla wykreślenia toru kreślimy kąt równy największemu z zadanych naprz. φ (rys. 12), potem, w kierunku oddania, od punktu O odkładamy odległości Oa, Oa_1, Oa_2 i t. d. równe poziomym odległościom dzielonym przez Cos odpowiednich kątów podniesienia

$$(\text{t. j. } \frac{x_1}{Cos\varphi_1},\ \frac{x_2}{Cos\varphi_2},\ \frac{x_3}{Cos\varphi_3},\ \text{i t. d.})$$

z punktów a, a_1, a_2, opuszczamy prostopadłe i odmierzamy na tych prostopadłych odpowiednie obniżenia (t. j. $x_1\, tg\, \varphi_1$, $x_2\, tg\, \varphi_2$, $x_3\, tg\, \varphi_3$, . . . i t. d.) otrzymane punkty b, b_1, b_2, i t. d. należą do pionowego rzutu poszukiwanego toru pocisku.

Zastosowanie prawa obniżeń jest w tem, że prostopadłe obniżenia były odmierzone przy kącie φ chociaż były obliczone dla kątów φ, φ_1, φ_2, . . . i t. d.

Zadania.

1. Obliczyć odległość poziomą strzału w próżni, pocisku, wystrzelonego z szybkością wylotową $V = 525$ metr. na sek. pod kątem podniesienia $6^0 24'$ i porównać z odległością poziomą strzału z działa 75 m/m wystrzelonego w powietrzu z tą samą szybkością wylotowa i pod tym samym kątem podniesienia.

$$x_{metr.} = \frac{V^2\, Sin\ 2\ \varphi}{g} = \frac{(525)^2\ Sin\ 12^0 48'}{9{,}81} = 6225 \text{ metr.}$$

z tabel strzelniczych dla $\varphi = 6^0 24'$, $x_1 = 4000$ metr.

$$\frac{x}{x_1} = 1{,}56.$$

2. Obliczyć w warunkach zadania 1-go wysokość toru y w próżni i porównać ją z wysokością toru y_1 w powietrzu:

$$y_{metr.} = \frac{V^2 \, Sin^2 \varphi}{2g} = \frac{(525)^2 \, Sin^2 \, 6^0 24'}{2 \, . \, 9{,}81} = 174{,}6 \text{ m}.$$

Dla 4000 metrów z tablic strzelniczych $y_1 = 140$ metr.

$$\frac{y}{y_1} = 1{,}24$$

3. Obliczyć szybkość pocisku w wierzchołku toru w próżni przy warunkach zadania 1 i 2:

$$V_{metr.} = \sqrt{V^2 - 2gy} = \sqrt{(525)^2 - 2 \, . \, 9{,}81 \, . \, 174{,}6} = 523 \, ^m/_s.$$

4. Obliczyć w warunkach zadania 1-go, czas lotu T w próżni i porównać go z czasem lotu T_1 pocisku w powietrzu, wystrzelonego na tą samą odległość:

$$T = \frac{2 \, V \, Sin \, \varphi}{g} = 11{,}9 \text{ sek.}$$

$$\frac{T_1}{T} = \frac{18{,}3}{11{,}9} = 1{,}53.$$

ROZDZIAŁ II.

Wpływ oporu powietrza na ruch pocisków.

9. Pojęcie o oporze. Wszelkie ciało, poruszające się w jakiejkolwiek materji, oddaje część swojej szybkości na zwalczanie siły oporu tej materji. Opór ten pochodzi od: 1) spoistości materji, 2) tarcia cząsteczek materji o powierzchnię poruszającego się w tej materji ciała i 3) bezwładności cząsteczek materji.

Opór, pochodzący od spoistości i od tarcia, może być uważany jako niezależny od szybkości poruszającego się ciała, opór zaś pochodzący od bezwładności cząsteczek materji, zależy od niej.

W materji twardej (pancerz, kamień, ziemia), przy szybkościach niezbyt wielkich, opór zależy przeważnie od spoistości cząsteczek materji. W materjach płynnych i gazowych, przy szybkościach niezbyt małych, opór pochodzący od spoistości, jest nieznaczny w porównaniu do oporu pochodzącego od bezwładności cząsteczek.

Przy rozważaniu ruchu pocisku w powietrzu*) przypuszczają, że opór powietrza pochodzi tylko od bezwładności cząsteczek powietrza, spotykanych przez pocisk, i że opór ten jest proporcjonalny do rzutu powierzchni pocisku, na płaszczyznę prostopadłą do kierunku ruchu.

Wielkość oporu powietrza, jak i każdego ciśnienia, wyraża się jednostkami wagi i określa przez trzy elementy: a) wielkość oporu, b) punkt przyłożenia, c) kierunek działania.

---

*) Przed Newtonem, artylerzyści, wychodząc z założenia, że ciężar gatunkowy powietrza jest parę tysięcy razy mniejszy od ciężaru gatunkowego pocisku, uważali opór powietrza za nieznaczny i przyjmowali tor pocisku w powietrzu za parabolę.

Newton pierwszy dowiódł, na podstawie doświadczeń i wywodów teoretycznych, że z oporem powietrza przy znacznych szybkościach należy się liczyć. Rzucając z kopuły katedry Ś. Pawła w Londynie, dęte kule szklane, i mierząc czas padania, doszedł do wniosku, że opór powietrza jest proporcjonalny do powierzchni największego poprzecznego przekroju, którym poruszające się ciała spotykają powietrze i do kwadratu szybkości ruchu ciała.

10. Określenie wielkości oporu powietrza na poruszające się w niem ciała. Dla określenia wielkości oporu powietrza na poruszające się w niem ciała, były dokonane doświadczenia, które możemy podzielić na 2 grupy: 1) przy ruchu ciała z małemi szybkościami (nie więcej od 10 — 15 metrów na sek.), 2) przy ruchu ciał z wielkiemi szybkościami (od 450 — 900 metrów na sek.). Będziemy rozważali tylko drugą grupę doświadczeń; co do pierwszej doświadczenia pokazały:

1) Opór powietrza na dane ciało, przy małej szybkości, wzrasta proporcjonalnie do kwadratu szybkości.

2) Opór powietrza na dwa ciała jednakowego kształtu, lecz różnych wymiarów, wzrasta proporcjonalnie do rzutu ciała na płaszczyznę prostopadłą do kierunku ruchu.

3) Zaokrąglenie przedniej powierzchni, zmniejsza opór powietrza, zaokrąglenie tylnej powierzchni również częściowo zmniejsza opór.

4) Opór powietrza na kulę jest prawie dwa razy mniejszy, niż na płaski krąg o tym samym promieniu.

Wielkość siły oporu powietrza ρ na powierzchnię S może być wyprowadzona rozpatrując uderzenie o powietrze znajdujące się w stanie spokojnym. Oznaczymy przez P wagę płaszczyzny, przez v szybkość, z jaką płaszczyzna uderza o powietrze, przez Π ciężar jednostki objętościowej powietrza i przez g przyspieszenie siły ciążenia. Po upływie jednego elementu czasu dt płaszczyzna przejdzie przestrzeń $v\,dt$. Przez ten sam przeciąg czasu będzie poruszona masa powietrza $= \frac{\Pi}{g}\,S.\,v.\,dt.$

Prawa mechaniki głoszą, że ilości ruchów przed i po uderzeniu są równe.

Przypuszczając, że powietrze nie jest sprężyste, możemy przyjąć, że od działania uderzenia płaszczyzny o powietrze, płaszczyzna i cząsteczki powietrza ruszą z ogólną szybkością $v - dv$. więc:

$$\frac{P}{g}\,v = \left(\frac{P}{g} + \frac{\Pi}{g}\,S\,v\,dt\right)(v - dv)$$

Skąd, odrzucając nieskończenie małe drugiego rzędu, otrzymamy:

$$\frac{P}{g} \cdot \frac{dv}{dt} = \frac{\Pi}{g} \cdot S\,v^2$$

Lewa część tego równania przedstawia iloczyn z masy $\frac{P}{g}$ przez przyspieszenie $\frac{dv}{dt}$ i równa się sile ρ, a więc:

$$\frac{P}{g} \cdot \frac{dv}{dt} = \frac{\Pi}{g} \cdot Sv^2 = \rho$$

Eigentum
Heeresarchiv - Zweigstelle
Danzig

Wobec tego, prawo oporu powietrza na powierzchnie jakiegokolwiek przekroju wyraża się przez następujący wzór:

$$p = A \frac{\Pi}{g} S v^2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (20)$$

gdzie A — jest mnożnikiem empirycznym. W ten sposób wzór oporu powietrza na ciało okrągłego przekroju będzie

$$p = A \pi R^2 v^2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (21)$$

11. Określenie wielkości oporu powietrza przy wielkich szybkościach. Dla określenia wielkości oporu powietrza na pociski artyleryjskie, które posiadają znaczne szybkości wylotowe, określają doświadczalnie szybkość pocisków w dwóch różnych punktach niezbyt od siebie oddalonych.

Początkowo używano dla określenia szybkości pocisku w danym punkcie przyrządu zwanego *wahadłem balistycznem*. Idea przyrządu zawierała się w sprowadzeniu szybkości pocisku do innej, mniejszej, która mogła być dokładnie zmierzoną. Przyrząd składał się z ciężkiego cylindra, napełnionego piaskiem, który był zawieszony na drążkach do ostrosłupa, tak że mógł poruszać się jak wahadło. Dla określenia szybkości, strzelano do cylindra i zauważano odchylenie wahadła; znając wagę wahadła i pocisku, odległość środka ciężkości wahadła od osi obrotu i kąt odchylenia wahadła, określano szybkość, z jaką pocisk uderzył w wahadło.

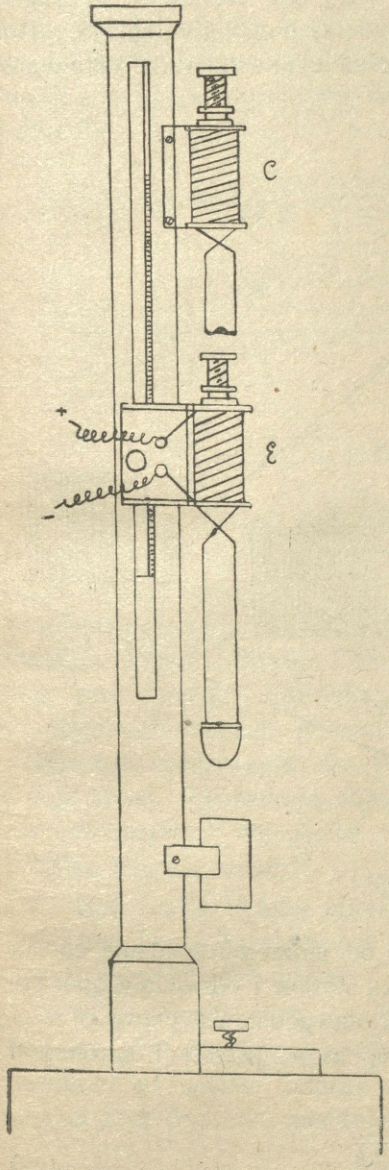
Dla dział współczesnych wahadła balistyczne byłyby zbyt wielkie, i oprócz tego określenie szybkości przy pomocy wahadła daje niezupełnie dokładny rezultat.

Obecnie, dla określenia szybkości pocisku w różnych punktach toru, używa się przyrządu skonstruowanego przez Le Boulange i ulepszonego przez Breger'a, zwanego **chonografem.** (Rys. 13, 14, 15 i 16).

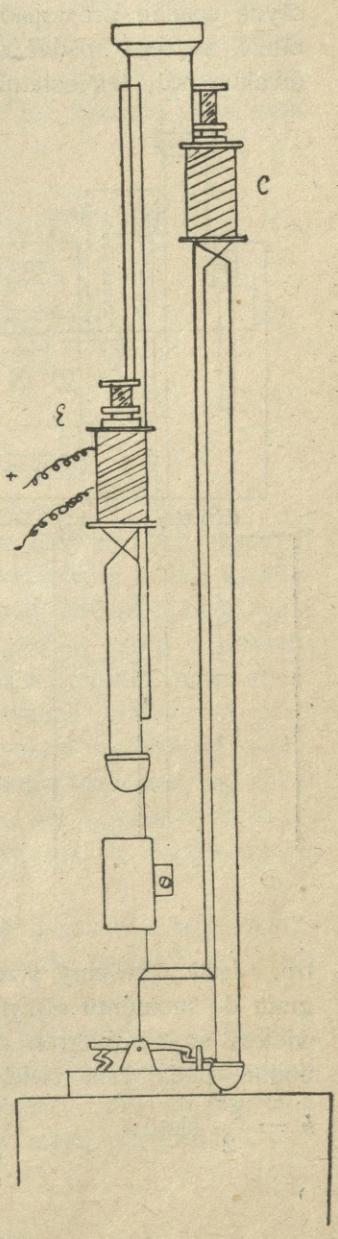
Urządzenie tego przyrządu zasadza się na tem, że przy locie pocisk przerywa dwa prądy elektryczne, płynące z dwóch oddzielnych źródeł; w tym celu druty są naciągnięte na dwie ramy w odległości jedna od drugiej od 0,1 do 0,15 oczekiwanej szybkości.

Pierwszy prąd idzie przez elektromagnes C (rys. 15), który podtrzymuje długi, cylindryczny, żelazny trzon (**chronometr**) zawieszony pionowo, na który wkłada się rurkę cynkową.

Drugi prąd magnesując elektromagnes E, podtrzymuje trzon (**znacznik**). Obydwa elektromagnesy są jednakowe. Wagi chronometru i znacznika są jednakowe. Elektromagnes znacznika może przesuwać się w kierunku pionowym. Trzecia część przyrządu — **spust** (rys. 16) składa się z noża G, przymocowanego do sprężyny H, która może być ściągnięta haczykiem dźwigni I.

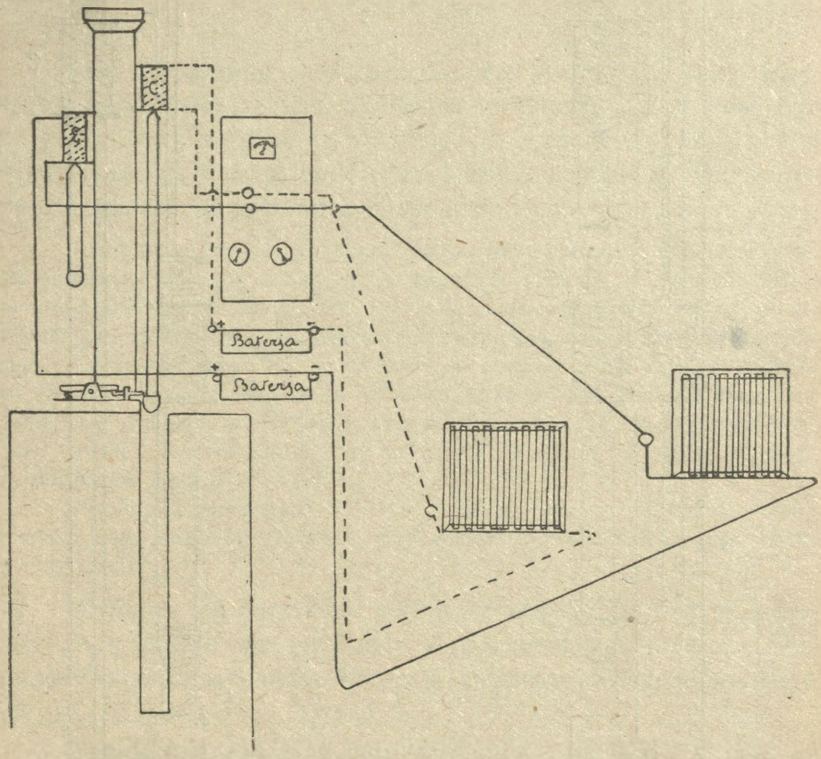


Rys. 13.



Rys. 14.

Kiedy pocisk przerwie prąd, rozrywając druty, połączone z elektromagnesem podtrzymującym chronometr, ten ostatni zaczyna spadać prostopadle, kiedy rozrywają się druty w drugiej ramie, zaczyna spadać znacznik i uderza o dźwignię spustu, która uwalnia nóż, ten ostatni robi znak na cynkowej rurce chronometru. Jeśli nazwiemy przez T czas od momentu spadania chonografu do momentu otrzymania znaku nożem i odrzucimy opór powietrza na chronograf, otrzymamy, na podstawie prawa o swobodnie padającem ciele, przestrzeń, którą przeszedł chronograf $h = \frac{g^2}{2}$ skąd:

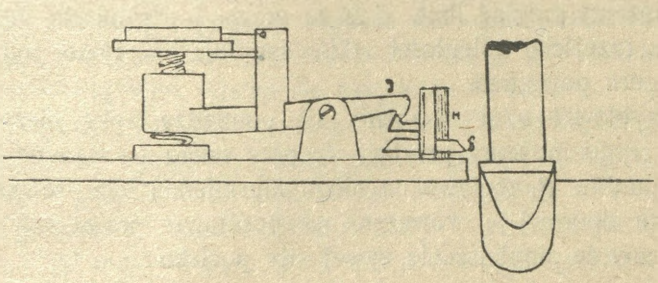


Rys. 15.

$$T = \sqrt{\frac{2h}{g}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (22)$$

Ponieważ odległość między ramami jest znaną (naprz. S), T w sekundach możemy określić (z równania 22) to stosunek $\frac{S}{T}$

przedstawi przeciętną szybkość ruchu pocisku między ramami, na sekundę. Lecz że ramy ustawiają się nie bliżej niż 50 metrów od wylotu lufy, dla określenia więc szybkości wylotowej, przy dokładnych obliczeniach, przy pomocy specjalnych wzorów przechodzę od szybkości przeciętnej między ramami do szybkości wylotowej, przyjmując pod uwagę zmniejszenie tej ostatniej przez opór powietrza.

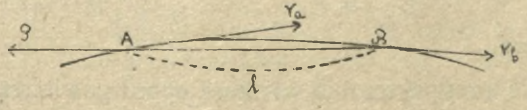


Rys. 16.

Przyrząd opisany daje jednak pewną omyłkę pochodzącą od straty czasu na spadanie znacznika, na uwolnienie noża i na uderzenie noża o rurkę, a również i z powodu pewnego opóźnienia w rozmagnesowaniu elektromagnesów, które się różni z powodu różnych długości drutów. Celem usunięcia tej omyłki, przed strzałem, przy pomocy specjalnego **przerywacza** przerywają prąd w obydwóch ramach jednocześnie, przyczem chronograf pada, a nóż robi znak naprz. *a*. Potem ustawiają przyrząd na nowo i dają strzał. Otrzymują nowy znak *b*; w ten sposób czas padania chronografu z wysokości *a b* będzie równał się czasowi ruchu pocisku między ramami.

Jeśli trzeba byłoby określić szybkość pocisku w kilku punktach toru, to trzeba byłoby w każdym punkcie postawić po parze ram i oddzielny chronograf.

Przy pomocy chronografu szybkość mierzy się z dokładnością do 0,3% określonej wielkości. Dla określenia wielkości oporu powietrza na pociski, mierzą szybkość pocisku w dwóch punktach *A* i *B* toru (rys. 17) znajdujących się w małej odległości *l*.



Rys. 17.

Przypuśćmy, że odpowiednie szybkości okażą się: v_a i v_b i m — masa pocisku, S — waga pocisku, g — przyspieszenie siły ciążenia.

Ponieważ odległość między punktami A i B wybiera się niewielka, a szybkość pocisków jest znaczną, więc pocisk przejdzie przestrzeń $A\,B$ w bardzo krótkim przeciągu czasu i obniżenie pocisku pod wpływem siły ciążenia będzie nieznaczne: wobec tego możemy przyjąć linję $A\,B$ za prostą i przypuścić, że pocisk podczas przejścia odległości $A\,B$, znajduje się tylko pod wpływem oporu powietrza.

Szybkości v_a i v_b różnią się pomiędzy sobą nieznacznie, wobec czego możemy przyjąć, że przy ruchu pocisku od punktu A do punktu B, wpływa na niego niezmienna siła—równa przeciętnemu oporowi ρ; wówczas, na podstawie prawa żywych sił, otrzymamy że zmniejszenie żywej siły pocisku:

$$\frac{mv_b^2}{2} - \frac{mv_a^2}{2},$$

czyli:

$$\frac{Pv_b^2}{2g} - \frac{Pv_a^2}{2g}$$

równa się odpowiedniej pracy, t. j. pracy oporu powietrza na drodze l, t. j. wielkości $\rho \,.\, l \,.\, Cos\ (\rho,\ l)$, a ponieważ AB jest prosta, to kąt $(\rho,\ l) = 180^0$, $Cos\ (\rho,\ l) = -1$ i, znaczy:

$$\frac{P}{2g} v_b^2 - \frac{P}{2g} v_a^2 = -\rho l \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (23)$$

W tym równaniu wiadome są wszystkie dane oprócz ρ, którą z tego równania możemy określić:

$$\rho = P \,.\, \frac{v_a^2 - v_b^2}{2g \,.\, l} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (24)$$

Opór ten przyjmuje się dla przeciętnej szybkości $\frac{v_a + v_b}{2}$.

Mnożnik $\frac{v_a^2 - v_b^2}{2g \,.\, l}$ jest liczbą oderwaną, wobec tego ρ, przedstawia przeciętny opór powietrza, odpowiadający szybkości przeciętnej pomiędzy v_a i v_b i będzie wyrażony w jednostkach wagi jak i P.

Zadanie.

Określić przypuszczalną wielkość oporu powietrza na 75 m/m. szrapnel wagi 7,24 klg. przy szybkości przeciętnej między wylo-

tową—535 m/sek. i szybkością w odległości 500 metrów—480 m/sek. i porównać ten opór z wagą pocisku

$$\rho \text{ kgl.} = \frac{P(v_0^2 - v_1^2)}{2.g.l} = \frac{7.24\ (535^2 - 480^2)}{2.9{,}81.500} = 56 \text{ kgl.}$$

$$\frac{\rho}{p} = \frac{56}{7{,}24} = 7{,}7$$

12. Przyrząd systemu Gossot dla określenia szybkości pocisku. Dla określenia szybkości końcowej, gdy zastosowanie ram jest niedogodne, używa się przyrządu Gossot.

Urządzenie zasadza się na uchwyceniu fal dźwiękowych, pochodzących od wystrzału. Jeśli, przy strzelaniu z działa, umieścimy się w jakimkolwiek punkcie w płaszczyźnie strzału, usłyszymy po oddaniu strzału dwa odgłosy — jeden w płaszczyźnie strzału, a po upływie paru chwil ciszy — drugi, wyraźnie pochodzący od strzału.

Zjawisko podobne obserwuje się tylko wówczas, gdy szybkość lotu pocisku jest większa od szybkości dźwięku. Objaśnia się ono tem, że pocisk podczas lotu, uderzając o powietrze wywołuje falę dźwiękową, zwaną *falą balistyczną*, którą słyszy obserwator w płaszczyźnie strzału.

Przypuśćmy, że pocisk jest wystrzelony z szybkością większą niż szybkość dźwięku. Cząsteczki powietrza, które pocisk spotyka, stopniowo są wprowadzone w drganie. Drganie to udziela się innym cząsteczkom i rozpowszechnia się w powierzchni kulistej około każdej z nich, z szybkością dźwięku.

W momencie t, gdy pocisk jest w punkcie M, drgania rozchodzące się od punktów M_1, M_2, M_3, pochodzące od momentów poprzednich t_1, t_2, t_3, osiągną powierzchnię S_1, S_2, S_3, o promieniach $v_1\ (t - t_1)$, $v_2\ (t - t_2)$ . . . (v — szybkość dźwięku). Wszystkie te drgania niszczą się nawzajem, część ich skupia się zaś na powierzchni B, stycznej do powierzchni kulistych S_1, S_2, S_3.

Powierzchnia BB—stanowi falę balistyczną w momencie t. Na tej powierzchni drgania wzmacniają się nawzajem, nazewnątrz jej powietrze pozostaje w spokoju.

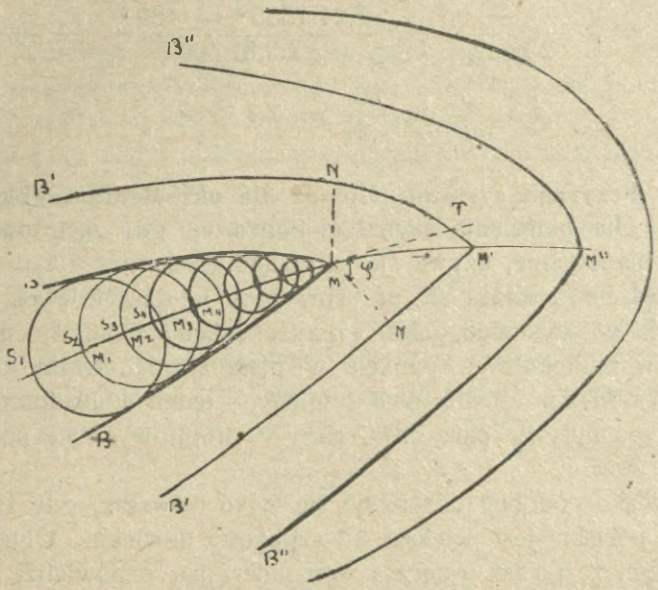
Powierzchnia BB stanowi więc ślad powierzchni pocisku, analogiczny do śladu parostatku.

W momencie t' zastosowując to samo rozumowanie określimy falę balistyczną przez powierzchnię $B'B'$.

Wszystkie zjawiska pozostaną te same, zmiana będzie tylko w wymiarze powierzchni drgających, których promienie zwiększą się o $v\ (t' - t)$.

Powierzchnie fal balistycznych, pochodzących od fali $B\ M$ (wyjąwszy część $N\ M'$) drgają, pobudzając jedna drugą. Dla określenia $B'N$ jest dostatecznem odłożyć na każdej prostopadłej do BM długość równą $v\ (t' - t)$.

Długość ta przedstawia przestrzeń, którą przebiegł dźwięk w przeciągu czasu $t' - t$, który również zużyje pocisk, by przejść z punktu M do M'.



Rys. 18.

Inaczej mówiąc, fala balistyczna porusza się i udziela w kierunkach prostopadłych do swoich powierzchni z szybkością dźwięku. Zastosowując powyższe wywody do punktu M' widzimy, że odcinek fali NM' powstał tylko od tego, że pocisk przeszedł w punkt M. Kąt φ, który określa kierunek rozprzestrzenienia się fal balistycznych wywodzi się łatwo; jeśli przez V nazwiemy szybkość pocisku, to kąt φ zawarty między prostopadłą MN, a styczną MT do toru pocisku będzie:

$$Cos\ \varphi = \frac{v}{V} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (a)$$

skąd:

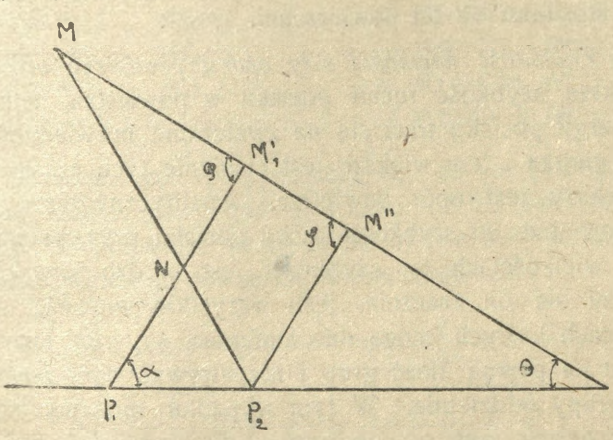
$$V = \frac{v}{Cos\ \varphi} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (b)$$

Przypuśćmy, że punkty M', M'' są ogniskami fal balistycznych, które pochwytują się przerywaczami p_1 i p_2 umieszczonemi w pewnej odległości. Odcinek toru $M'\,M''$ przyjmujemy za linję prostą, a szybkość pocisku na tym odcinku jako stałą. Gdy pierwszy przerywacz p_1 pochwyci falę dźwiękową, to po upływie czasu dt, który pocisk zużyje by przyjść od punktu M' do M'' pochwyci ją drugi przerywacz p_2. Czas dt odmierza się przy pomocy chronografu, który jest połączony z przerywaczami.

Ponieważ $Np_1 = \rho_1 \rho_2 \, Cos \, \alpha$, $Np_1 = dt. \, v$ i $\varphi = \Theta + \alpha$, mamy:

$$v \, dt = \rho_1 \rho_2 \, Cos \, (\varphi - \Theta) \ldots\ldots\ldots \quad (c).$$

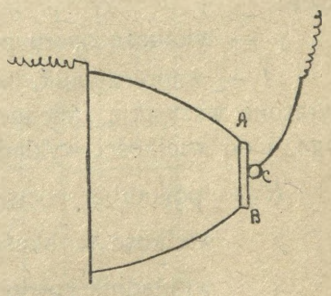
Określając z równania (c) φ i podstawiając go w równanie (b) otrzymamy szybkość pocisku V.



Rys. 19.

Przerywacz składa się z membrany A (Rys 20) kontaktu B i kulki C, którą sprężyna przyciska do kontaktu. Membrana i kulka są połączone z elektromagnesem chronografu.

Przy uderzeniu fali dźwiękowej w membranę pierwszego przerywacza ta ostatnia, drgając, odrzuca kulkę i przerywa prąd w elektromagnesie chronografu, wskutek czego chronometr zaczyna spadać, gdy drugi przerywacz pochwyci falę, przerywa się prąd w elektromagnesie znacznika i ten ostatni spada na spust. Stąd będziemy mieli czas dt, szybkość dźwięku jest znana (333 m. sek.) odległość $\rho_1 \rho_2$ możemy obliczyć, kąt Θ otrzymamy z tabel strzelniczych; na podstawie tych danych łatwo możemy obliczyć φ i v.



Rys. 20.

13. Prawo oporu powietrza na pociski artyleryjskie. Wielkość siły oporu powietrza zależy: 1) od powierzchni poprzecznego przekroju pocisku, 2) od wielkości szybkości wylotowej, 3) od kształtu głowicy pocisku i 4) od ciężaru litra powietrza.

Rozpatrzmy każdą z tych przyczyn:

a) *Wpływ poprzecznego przekroju pocisku.* Ponieważ ilość cząsteczek powietrza, które znajdują się na torze i których energję trzeba zwalczyć, jest w stosunku prostym do powierzchni poprzecznego przekroju pocisku, więc i opór powietrza jest w tym samym stosunku do tej powierzchni.

b) *Zależność wielkości siły oporu powietrza od szybkości.* Im większa szybkość ruchu pocisku w powietrzu, tem większa ilość energji pocisku traci się na zwalczanie bezwładności cząsteczek powietrza i tem większe jest ciśnienie tych cząsteczek, t. j, tem większy jest opór powietrza. Analityczny wzór zależności oporu powietrza od szybkości ruchu pocisku przy wszystkich możliwych wielkościach tej szybkości jest bardzo skomplikowany. Upraszcza się on znacznie, jeśli wszystkie wielkości szybkości, w granicach których mogą one zmieniać się przy locie pocisku, podzielić na pewną ilość grup i rozpatrywać opór powietrza dla każdej grupy oddzielnie. W tym wypadku możemy przyjąć, że opór powietrza jest proporcjonalny do szybkości ruchu, w pewnej potędze, różnej dla każdej grupy. Wobec tego, przyjąwszy pod uwagę to, co było powiedziane w punkcie pierwszym, ogólny wzór dla oporu powietrza możemy przedstawić tak:

$$\rho = A \pi R^2 v^n \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (25)$$

gdzie:

ρ — wielkość oporu powietrza.

A — współczynnik, zależny od jednostek, w których są wyrażone wszystkie zmienne współczynniki tego wzoru empirycznego, i od wielkości wykładnika potęgi n.

R — półkaliber pocisku, a πR^2 jego przekrój poprzeczny.

v — wielkość szybkości pocisku.

n — wykładnik potęgi zależnej od wielkości szybkości.

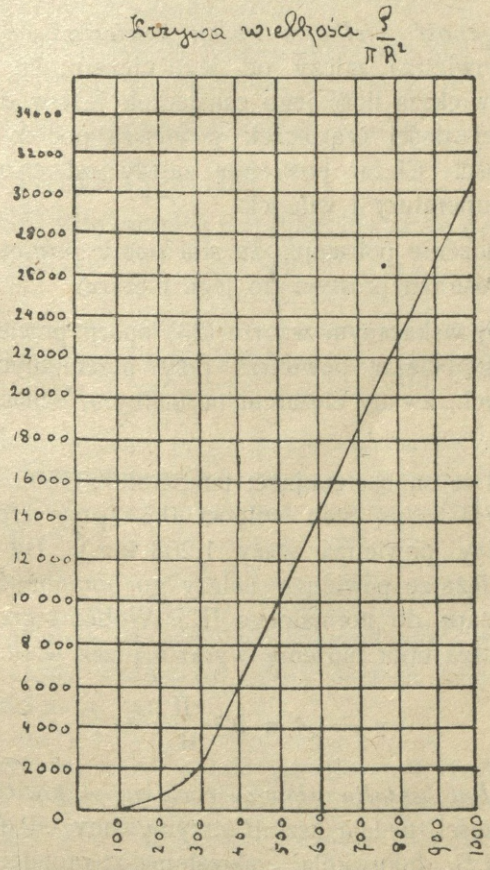
Jak wielką jest siła oporu powietrza uwidocznią następujące przykłady. Opór powietrza na pocisk 190 m/m. wystrzelony szybkością 575 m/sek. na przestrzeni pierwszych 500 mtr. toru jest 500 klg. Na pocisk 305 m/m. w tych samych warunkach, lecz przy szybkości wylotowej — 855 m/sek. jest 1800 klg.

Na podstawie licznych doświadczeń, były ułożone następujące wzory oporu powietrza, w których wskazano znaczenia dla współczynnika A i wykładnika potęgi n, odpowiadające różnym

grupom szybkości, jeśli opór ρ wyrazić w klg., półkaliber R w centymetrach i szybkość v w metrach:

od 1000 $^m/_s$	do 800 $^m/_s$	opór	ρ	$=$	$0{,}7130\ \pi\ R^2\ v^{1.55}$
„ 800 $^m/_s$	„ 550 $^m/_s$	„	ρ	$=$	$0{,}2616\ \pi\ R^2\ v^{1.7}$
„ 550 $^m/_s$	„ 419 $^m/_s$	„	ρ	$=$	$0{,}0394\ \pi\ R^2\ v^2$
„ 419 $^m/_s$	„ 375 $^m/_s$	„	ρ	$=$	$0{,}0^4940\ \pi\ R^2\ v^3$
„ 375 $^m/_s$	„ 295 $^m/_s$	„	ρ	$=$	$0{,}0^9670\ \pi\ R^2\ v^5$
„ 295 $^m/_s$	„ 240 $^m/_s$	„	ρ	$=$	$0{,}0^4583\ \pi\ R^2\ v^3$
„ 240 $^m/_s$	i mniej	„	ρ	$=$	$0{,}0140\ \pi\ R^2\ v^2$

We wzorach tych przypuszcza się, że lot pocisku odbywa się przy stanie normalnym powietrza (1 litr powietrza waży 1,208 klg.) Oprócz tego, wzory te stosują się do pocisków, których promień ostrołuku równa się dwom kalibrom.



Rys. 21.

Z wzorów tych widzimy, że współczynnik A i wykładnik n zmieniają się zależnie od szybkości pocisku, przyczem im większy wykładnik n tem mniejszy współczynnik A. Największy wykładnik i najmniejszy współczynnik odpowiadają szybkości pocisku zbliżonej do szybkości dźwięku (333 m/s.).

Dla uwidocznienia prawa zmiany oporu powietrza zależnie od szybkości pocisku, na osi x (rys. 21) odkładamy szybkości w metrach, a na osi y — wielkości oporu powietrza na jednostkę powierzchni poprzecznego przekroju pocisku t. j. wielkości $\frac{p}{\pi R^2}$, w których p wyraża się w kilogramach R—w metrach. Jak widzimy z tej krzywej, największe przegięcie ma ona dla szybkości około 300 metrów—bliskiej szybkości dźwięku.

Z powiększeniem szybkości opór znacznie wzrasta.

c) *Zależność wielkości oporu powietrza od jego ciężaru.* Siła oporu powietrza zależy od jego ciężaru; im powietrze jest cięższe, tem większa ilość jego cząsteczek jest w danej objętości i tem większej ilości cząsteczek powietrza pocisk będzie musiał nadać szybkość. Ciężar powietrza zależy od ciśnienia barometrycznego, temperatury i wilgoci.

Doświadczenie pokazuje, że siła oporu powietrza może być przyjęta w stosunku prostym do jego ciężaru.

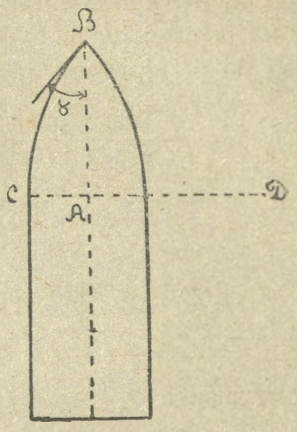
W wyżej wskazanym wzorze (25) oporu powietrza, przyjęty jest pod uwagę ciężar powietrza przy przeciętnych warunkach atmosferycznych, zwany ciężarem normalnym; oznacza się on znakiem Π_0.

Warunki te są następujące: temperatura 15°C, ciśnienie barometryczne 750 m/m, stan wilgoci 0,5 (przy tych warunkach metr sześcienny powietrza waży 1,208 klg.). By określić opór przy innym ciężarze powietrza należy go pomnożyć przez stosunek tego ciężaru do normalnego Π_0. Wobec tego, dla każdego ciężaru powietrza opór możemy wyrazić przez wzór:

$$p = A \pi R^2 \frac{\Pi}{\Pi_0} v^n \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (26)$$

d) *Wpływ kształtu głowicy pocisku.* Głowicom pocisków, po większej części, nadają kształt otrzymywany od obracania koło osi pocisku AB, łuku koła, zakreślonego promieniem DC od punktu C, gdzie zaczyna się cylindryczna część pocisku.

Głowicę takiego kształtu nazywają *ostrołukiem*. Doświadczenie pokazuje, że opór powietrza na pocisk jest tem mniejszy, im większy promień DC, t. j. im ostrołuk jest dłuższy. Ponieważ te wielkości charakteryzują kąt γ między styczną do ostrołuku w jego wierzchołku i osią pocisku, więc opór powietrza możemy uważać za proporcjonalny do Sinus'u tego kąta. Jeśli ostrołuk pocisku jest zakreślony promieniem długości dwóch kalibrów, wówczas kąt $\gamma = 41^0\,25'$, $Sin\ 41^0\,25'$ jest przyjęty za jedność. Oczywista, dla określenia oporu oporu powietrza na pociski, których ostrołuk jest wykreślony innym promieniem, należy do wzoru dla oporu powietrza wstawić pewien współczynnik λ, który jest stosunkiem: $\frac{Sin\ \gamma}{Sin\ 41^0\,25'}$ gdzie γ odpowiedni kąt między styczną do ostrołuku w wierzchołku pocisku i jego osią.



Rys. 22.

Naprzykład jeśli promień ostrołuku równa się trzem kalibrom, wówczas $\gamma = 33^0\,34'$ i $\lambda = \frac{Sin\ 33^0\,34'}{Sin\ 41^0\,25'} = 0{,}84$ t. j. opór powietrza na pocisk, którego ostrołuk jest zakreślony promieniem długości trzech kalibrów, stanowi 0,84 oporu powietrza na pocisk z promieniem ostrołuku długości 2 kalibrów.

e) *Ostateczny wzór oporu powietrza na pocisk.* Przyjmując pod uwagę wszystkie wyżej wskazane stosunki i wprowadzając je do wzoru dla oporu powietrza otrzymamy:

$$p = A\ \pi\ R^2\ \frac{\Pi}{\Pi_0}\ \lambda\ v^n \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (27)$$

Tak przedstawia się wzór wypadkowej oporu powietrza, gdy opór jest skierowany wzdłuż osi figury pocisku wprost przeciwnie do kierunku ruchu.

14. Przyśpieszenie oporu powietrza i środki dla jego zmniejszenia. Z poprzedniego widzimy, że opór powietrza zmniejsza szybkość pocisku, t. j. nadaje pociskowi ujemne przyśpieszenie zwane przyśpieszeniem oporu powietrza: wielkość tego przyśpieszenia zmienia się przy ruchu pocisku razem ze zmianą siły

oporu powietrza. Jeśli oznaczymy przyśpieszenie oporu powietrza przez j, to, na podstawie prawa mechaniki o proporcjonalności sił do przyśpieszeń, otrzymamy:

$$\frac{\text{Waga pocisku}}{\text{Przyśp. siły ciążenia}} = \frac{\text{Siła oporu powietrza}}{\text{Przyśp. oporu powietrza}}$$

czyli: $\frac{P}{g} = \frac{\rho}{j}$ skąd: $j = \frac{g\rho}{P}$

Przedstawiając zamiast ρ, jego znaczenie: $A \pi R^2 \frac{\Pi}{\Pi_0} \lambda v^n$

otrzymamy: $$j = \frac{g A \pi R^2 \frac{\Pi}{\Pi_0} \lambda v^n}{P}$$

lub, dzieląc licznik i mianownik na πR^2 otrzymujemy:

$$j = \frac{g A v^n}{\frac{P}{\pi R^2} \cdot \frac{\Pi}{\Pi_0} \cdot \frac{1}{\lambda}} \quad \ldots \ldots \ldots \quad (28)$$

Z tego wzoru widzimy, *że przyśpieszenie oporu powietrza zależy od wagi pocisku, przypadającej na jednostkę powierzchni poprzecznego przekroju* (obciążenie poprzeczne pocisku); sam opór powietrza, jak pokazuje wzór, od wagi nie zależy. Oznaczając mianownik ostatniego wzoru przez C, otrzymujemy:

$$C = \frac{P}{\pi R^2} \cdot \frac{\Pi}{\Pi_0} \cdot \frac{1}{\lambda} \quad \ldots \ldots \quad (29)$$

$$\text{i} \quad j = g A \frac{v^n}{C} \quad \ldots \ldots \ldots \quad (30)$$

Współczynnik C nazywa się *współczynnikiem balistycznym. Im ten współczynnik jest większy dla danego pocisku, tem mniejsza jest strata szybkości i tem większa jest odległość strzału.*

Stosunek $\frac{\Pi}{\Pi_0}$ nie zależy od konstruktora.

Stosunek $\frac{1}{\lambda}$ możemy zmieniać w małych granicach, wobec czego jednym środkiem dla zwiększenia C będzie zwiększenie poprzecznego obciążenia pocisku: $\frac{P}{\pi R^2}$.

Moglibyśmy zmniejszyć stratę szybkości przez zmniejszenie szybkości pocisku v, od której zależy znacznie przyśpieszenie j,

lecz ten sposób nie może być zastosowany, ponieważ zmniejszając szybkość zmniejszamy niszczącą siłę pocisku, która mierzy się jego żywą siłą w momencie uderzenia ($\frac{1}{2} m v^2$), jak również celność, kształt toru i t. p.

Dla danego kalibru, zwiększenie poprzecznego obciążenia pocisku osiąga się przez zwiększenie jego wagi. Waga pocisku określonego kalibru zależy od ścisłości materjałów, z których pocisk i jego materjał wybuchowy są zrobione, od grubości ścian pocisku i jego długości. Przy określonym materjale i kalibrze, pozostawiając grubość ścian bez zmiany, jedynym środkiem zwiększenia poprzecznego obciążenia pocisku pozostaje zwiększenie jego długości.

Należy zauważyć, że zwiększając w ten lub inny sposób wagę pocisku, dla strzelenia z danego działa, należy odpowiednio zmniejszyć jego szybkość wylotową, by ciśnienie gazów prochowych w przewodzie lufy nie przekroczyło pewnej granicy. Oprócz tego nie możemy bezgranicznie zwiększać długości pocisku, ponieważ lot jego może być nieprawidłowym.

Dla scharakteryzowania wpływu obciążonych pocisków—możemy przytoczyć następujący przykład. Jeśli przy strzelaniu ze 150 m/m działa pociskiem wagi 41.5 klg. (długość 3.2 kal.) szybkość wylotowa 913 metrów, to przy strzelaniu z tego samego działa pociskiem, którego waga 50.8 klg. (długość 5 kalibrów) przy tem samem ciśnieniu w przewodzie lufy, możemy otrzymać szybkość wylotową 822 metry. Obliczenia wskazują, że kąty podniesienia dla lżejszego pocisku są mniejsze niż dla cięższego do odległości 9500 metrów, przyczem wartość tych kątów jest około 10^0, potem przewaga jest po stronie pocisku cięższego, dla którego od tej odległości kąty podniesienia będą mniejsze niż dla lżejszego.

Dla pocisków różnych kalibrów podobnych między sobą, t. j. takich, w których wszystkie wymiary są proporcjonalne do kalibrów, objętości ich, a więc i wagi będą również proporcjonalne do sześcianów kalibrów. W tym wypadku, jeśli przez D_1 i D_2 oznaczamy kalibry dwóch dział, podobne pociski, których ważą P_1 i P_2 i półkalibry przez R_1 i R_2, więc stosunek ich poprzecznych obciążeń będzie:

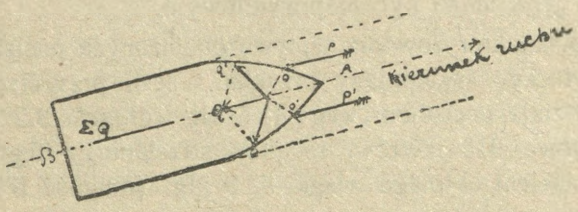
$$\frac{\left(\frac{P_1}{\pi R_1^2}\right)}{\left(\frac{P_2}{\pi R_2^2}\right)} = \frac{\left(\frac{4 k D_1^3}{\pi D_1^2}\right)}{\left(\frac{4 k D_2^3}{\pi D_1^2}\right)} = \frac{D_1}{D_2}$$

k—mnożnik proporcji.

Co znaczy, że poprzeczne obciążenia podobnych między sobą pocisków, są proporcjonalne do kalibrów, a wobec tego strata szybkości podobnych pocisków jest odwrotnie proporcjonalna do ich kalibrów.

15. Określenie kierunku działania siły oporu powietrza na pociski artyleryjskie. Przy strzelaniu pociskami podłużnemi są możliwe trzy następujące położenia osi pocisku względem kierunku ruchu: 1) oś pocisku jest w kierunku ruchu, 2) oś pocisku stanowi z kierunkiem ruchu pewien kąt i 3) oś pocisku i kierunek ruchu nie znajdują się w jednej pionowej płaszczyźnie.

1. Pocisk wypiera słup powietrza, którego średnica jest równą średnicy pocisku. Wszelka płaszczyzna przechodząca przez oś pocisku AB dzieli ten słup na dwie, zupełnie symetryczne części, wobec czego ciśnienie powietrza p i p' na elementarne powierzchnie o i o' głowicy pocisku, położone symetrycznie w stosunku do osi pocisku AB—jest jednakowe.



Rys. 23.

Rozłożymy te ciśnienia na składowe: prostopadłe do elementarnych powierzchni o i o' — q i q' i równoległe do tych elementarnych powierzchni; siły q i q' będą wyrażały opór powietrza, a równoległe siły—tarcie powietrza o powierzchnię pocisku; wielkość tego tarcia jest nieznaczną, tak że możemy ją odrzucić. Wobec symetrycznego kształtu pocisku, przedłużenie sił q i q' powinno przeciąć się na osi pocisku. Jeśli w ten punkt przeniesiemy siły q i q' i zastosujemy to samo względem innych elementarnych powierzchni i sił na nie działających, otrzymamy wówczas około punktu, na osi pocisku, ostrosłup sił z wierzchołkiem na osi pocisku, osią ostrosłupa będzie oś pocisku; łącząc te siły w jedną wypadkową, otrzymamy siłę Q, skierowaną wzdłuż osi pocisku.

Zastosowując te wywody i do innych odcinków głowicy, otrzymamy szereg składowych, które sumując otrzymamy ogólną

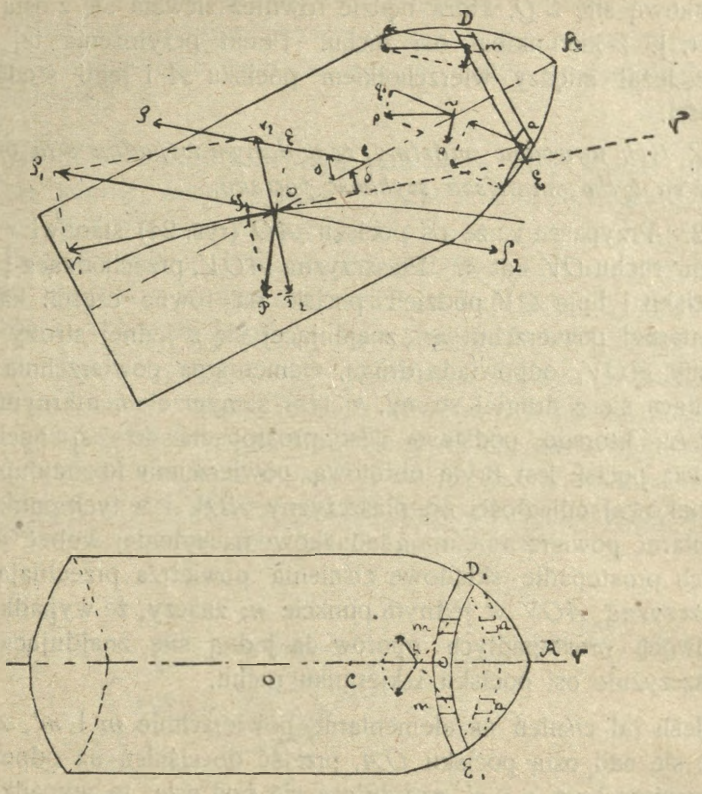
wypadkową siłę ΣQ, która będzie również zlewała się z osią pocisku t. j. z kierunkiem osi ruchu. Punkt przyłożenia tej siły będzie leżał między wierzchołkiem pocisku A i jego środkiem ciężkości.

Z tych wywodów widzimy, że w danym wypadku siła oporu powietrza tylko zmniejsza szybkość pocisku.

2. Przypuśćmy, że oś pocisku AO (rys. 24) stanowi z kierunkiem ruchu OV kąt δ. Płaszczyzna AOV, przechodząca przez oś pocisku i linję OV podzieli pocisk na równe części: każdej elementarnej powierzchni m, znajdującej się z jednej strony płaszczyzny AOV, odpowiada druga, elementarna powierzchnia m', znajdująca się z drugiej strony, w tym samym elementarnym pasie $D'E'$, którego podstawa jest prostopadła do osi pocisku. Ponieważ pocisk jest bryłą obrotową, powierzchnie te znajdują się w jednakowej odległości od płaszczyzny AOV i w tych punktach elementarne powierzchnie mają jednakowe nachylenie; wobec tego, dla nich prostopadłe składowe ciśnienia powietrza przecinają się z płaszczyzną AOV w jednym punkcie n; znaczy, że wypadkowa tych dwóch prostopadłych oporów da jedną siłę znajdującą się w płaszczyźnie osi pocisku i kierunku ruchu.

Jeśli od ciśnień na elementarne powierzchnie m i m', znajdujące się nad osią pocisku OA, przejść do ciśnień na odpowiednie powierzchnie a i a', znajdujące się pod osią, to wypadkowa q_1 prostopadłych składowych tych ciśnień też będzie w płaszczyźnie AOV, lecz będzie większą od wypadkowej q normalnych składowych ciśnień na powierzchnie m i m'. Wobec tego, wypadkowa ρ ciśnień q i q_1 nie zlewa się z osią pocisku, lecz stanowi z nią pewien kąt.

Do tego wniosku przejdziemy, rozpatrując jak cały elementarny pas $DEE'D'$ powierzchni pocisku tak i całą powierzchnię. Ostatecznie, opór powietrza na pocisk wyrazi się przez wypadkową ρ, stanowiącą z osią pocisku pewien kąt α. Obliczenie i doświadczenie pokazują, że ten *kąt α jest zwykle większy od kąta δ, utworzonego przez oś pocisku ze styczną do toru i że punkt przyłożenia C siły oporu powietrza* (punkt przecięcia się siły oporu powietrza z osią pocisku, t. j. *środek oporu*) *jest położony przed środkiem ciężkości O pocisku.* Wobec tego, dla zbadania ruchu pocisku w powietrzu, należy przyjąć pod uwagę, że na niego działa siła oporu powietrza ρ, przyłożona przed środkiem ciężkości O, i siła ciężkości P, przyłożona do środka ciężkości. Przytem



Rys. 24

stosuje się prawo mechaniki teoretycznej: „że wszelki ruch bryły możemy uważać za złożony“:

1) z ruchu postępowego, określonego ruchem środka ciężkości bryły, przypuszczając, że w nim jest ześrodkowana masa bryły i że do środka tego są przeniesione, równolegle do siebie, wszystkie działające siły zewnętrzne, i

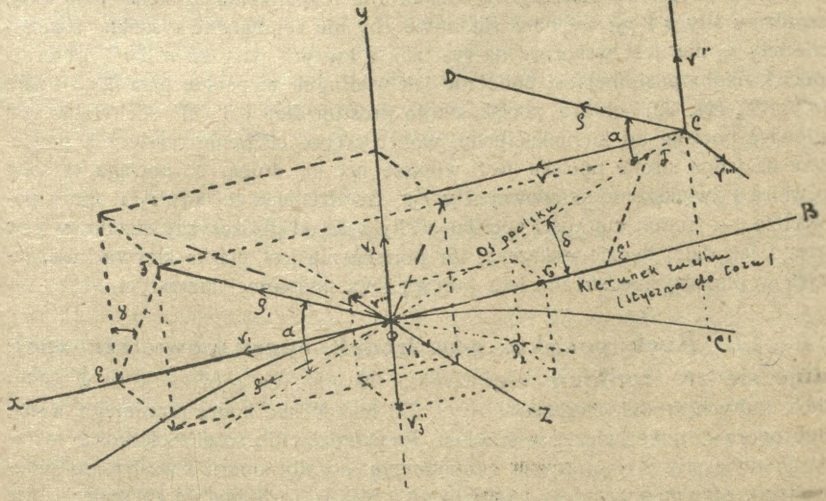
2) z ruchu obrotowego pod działaniem przyłożonych sił, dla określenia którego należy przypuszczać, że środek ciężkości bryły jest nieruchomy.

Zastosowując te wywody do danego wypadku, przyłożymy do środka ciężkości O pocisku wzajemnie przeciwległe siły ρ_1 i ρ_2 równe i równoległe do ρ. Wówczas siła ρ_1 będzie wpływać na postępowy ruch pocisku, a para sił $(\rho\rho_2)$ będzie przewracać pocisk głowicą do góry około osi poziomej, przechodzącej przez środek ciężkości O, przyczem momentem tej pary sił będzie:

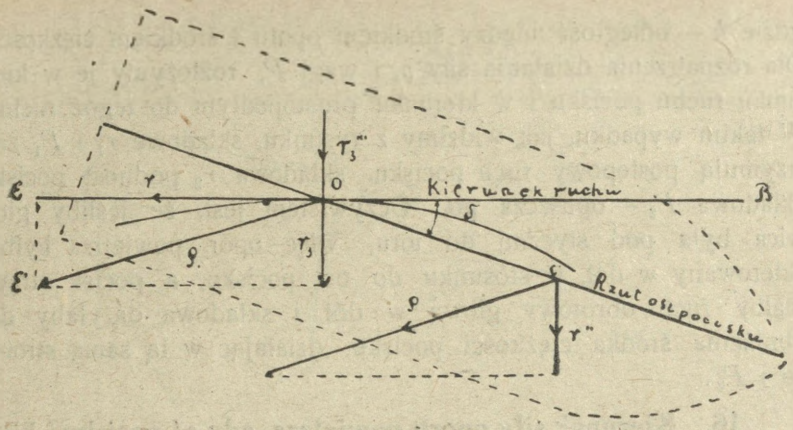
$$\rho \cdot OE = \rho \; OC \; Sin \; \alpha = \rho \; h \; Sin \; \alpha,$$

gdzie h — odległość między środkiem oporu i środkiem ciężkości. Dla rozpatrzenia działania siły ρ, i wagi P, rozłożymy je w kierunku ruchu pocisku i w kierunku prostopadłym do tegoż ruchu. W takim wypadku, jak widzimy z rysunku, składowe r_1 i P_1 zatrzymują postępowy ruch pocisku, składowa r_2 podnosi pocisk, składowa P_2 — opuszcza go. Oczywistem jest, że jeśliby głowica była pod styczną do toru, więc opór powietrza byłby skierowany w dół, w stosunku do osi pocisku, a pocisk otrzymałby ruch obrotowy głową w dół i składowa dążyłaby do obniżenia środka ciężkości pocisku, działając w tą samą stronę co i P_2.

16. Kierunek siły oporu powietrza, gdy oś pocisku i kierunek ruchu nie leżą w jednej płaszczyźnie pionowej. Podobnie jak w poprzednim wypadku, *siła oporu powietrza będzie zawsze położona w płaszczyźnie przechodzącej przez oś pocisku i styczną do toru.* Płaszczyzna ta jest płaszczyzną symetrji: dzieli ona pocisk na dwie części, zupełnie symetryczne względem spotykanych przez pocisk i opierających się jego ruchowi cząsteczek powietrza. Różnica zawiera się w tem, że w danym wypadku płaszczyzna symetrji będzie nie pionową, lecz pochyłą. By rozpatrzyć, w jaki sposób w danym wypadku działa opór powietrza na pocisk, przypuśćmy, że punkt O (rys. 25 i 26) przedstawia w jakimkolwiek momencie miejsce środka ciężkości pocisku, punkt C — środek oporu, prosta OC — kierunek osi pocisku, prosta OB — kierunek stycznej do toru i prosta $CD=\rho$ — opór powietrza; prosta ta, jak wyżej wskazano, leży w płaszczyźnie symetrji $EE'F'F$ t. j. w płaszczyźnie przechodzącej przez oś pocisku i styczną do toru. Podobnie jak w poprzednim wypadku, przyłożymy do środka ciężkości O pocisku: dwie



Rys. 25.

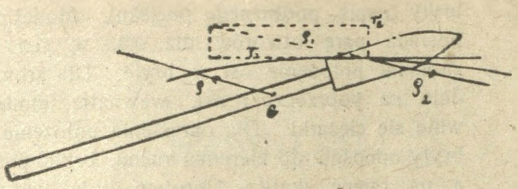


Rys. 26.

wzajemne przeciwne co do kierunku siły ρ_1 i ρ_2 równe i równoległe do siły ρ i rozpatrzymy działanie siły ρ_1 i pary sił $(\rho\,\rho_2)$. W tym celu przyjmiemy punkt O za początek prostokątnych osi współrzędnych, w których oś X jest styczną do toru w kierunku odwrotnym do kierunku ruchu, oś Y — w płaszczyźnie pionowej przechodzącej przez styczną do toru i prostopadle do osi X, oś Z w kierunku prostopadłym do płaszczyzny XOY, oś ta jest pozioma. Jak widzimy z rysunku, płaszczyzna sił ρ, ρ_1 i ρ_2 (płaszczyzna symetrji) jest nachylona do płaszczyzny XOY pod kątem γ.

Rozłóżmy siłę $OF=\rho_1$ na 3 składowe w kierunkach osi współrzędnych, wówczas składowa r_1 będzie zmniejszać postępową szybkość pocisku, składowa r_2 będzie podnosić pocisk do góry (opuszczać w dół w wypadku jeśli wierzchołek pocisku znajduje się pod styczną do toru). Składowa r_3 będzie odchylała pocisk od płaszczyzny strzału. Dla rozpatrzenia działania pary $(\rho\,\rho_2)$ rozłóżmy siły ρ i ρ_2) też na 3 składowe (by nie zagmatwać rysunku, rozłożenie siły ρ_2 nie jest wskazane na rys. 25), z których pary sił r' i r'' obracają pocisk około poziomej osi podobnie jak w drugim wypadku, para $(\rho\,\rho_2)$ i para $(r'''\ r'''_3$ rys. 26) obraca pocisk około prostopadłej osi OY odchylając tem głowicę pocisku od kierunku ruchu, wobec czego, cisnienie cząsteczek powietrza na jedną stronę pocisku jest większe niż na drugą, co pociąga za sobą również i zwiększenie składowej siły r_3. Od działania tej siły r_3 i oporu powietrza ρ — środek ciężkości pocisku odchyla się od płaszczyzny strzału, wobec czego, jak dalej będzie wskazane, tor pocisku nie jest płaską krzywą linją, leżącą w płaszczyźnie strzału, lecz krzywą linją podwójnej krzywości,

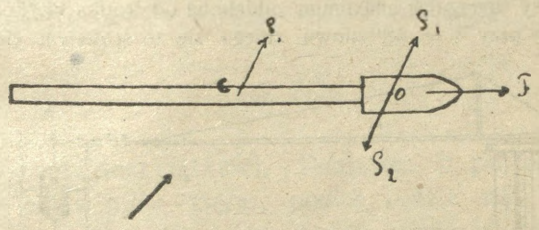
17. Ruch pocisku, gdy środek oporu powietrza znajduje się za środkiem ciężkości. W praktyce spotykamy to w rakietach, których środek ciężkości O (rys. 27) leży blisko końca przedniego, a środek oporu C mniej więcej w środku. Przykładając do środka ciężkości rakiety O, dwie siły ρ_1 i ρ_2 równe i równoległe do siły oporu i wzajemnie przeciwległe otrzymamy siłę ρ_1 i parę $(\rho\,\rho_2)$. Siła ρ_1 rozkłada się na dwie: jedną r_1 działającą wprost przeciwnie ruchowi i drugą r_2 prostopadłą do niej i dzia-



Rys. 27.

łającą zawsze w stronę odchylenia głowicy. Para ($\rho\ \rho_2$) przeciwdziała wszelkiej przyczynie dążącej do odchylenia podłużnej osi rakiety od kierunku ruchu, w jakąby stronę to odchylenie było skierowane.

W ten sposób, dzięki rozmieszczeniu środka oporu za środkiem ciężkości, rakieta dąży zawsze głową naprzód. Jeśli do rakiety przyczepić linę, jak np. w ratowniczych rakietach, wówczas ciążenie tej liny przyłożone do końca ogona zmniejsza szybkość przeciwdziałając jednocześnie odchylaniu osi rakiety od stycznej do toru.

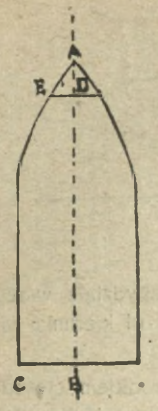


Rys. 28.

Ponieważ środek *C* ciśnienia ρ (rys. 28) na rakietę cząsteczek powietrza poruszających się przy wietrze, również będzie poza środkiem jej ciężkości *O*, więc w wypadku lotu rakiety przy wietrze, ukazuje się para ($\rho\ \rho_2$) sprowadzająca zawsze jej głowę do wiatru. Pod działaniem tej pary i poruszającej siły rakiety (ciśnienia gazów palącej się masa rakietowej), skierowanej wzdłuż osi rakiety, lot jej zawsze odchyla się w stronę, skąd wieje wiatr, przyczem to odchylenie nieco zmniejsza się przez działanie siły ρ_1.

18. Określenie punktu przyłożenia siły oporu powietrza na pociski artyleryjskie. Podłużne pociski, których powierzchnia powstała od obrotu linji *ADE*, *BCDE* i t. d. (rys. 29) około osi *AB*, mają tylko jedną oś symetrji *AB* zwaną osią figury, która jest jednocześnie osią pocisku, lecz nie mają środka figury. Zwykle, podłużny pocisk składa się z warstw jednorodnych i środek jego ciężkości znajduje się na osi figury. Zewnętrznie podłużne pociski dzielą się na dwie części: *cylindryczną* i *głowicę*, która otrzymuje się z obrotu łuku około osi pocisku i nazywa się *ostrołukiem.*

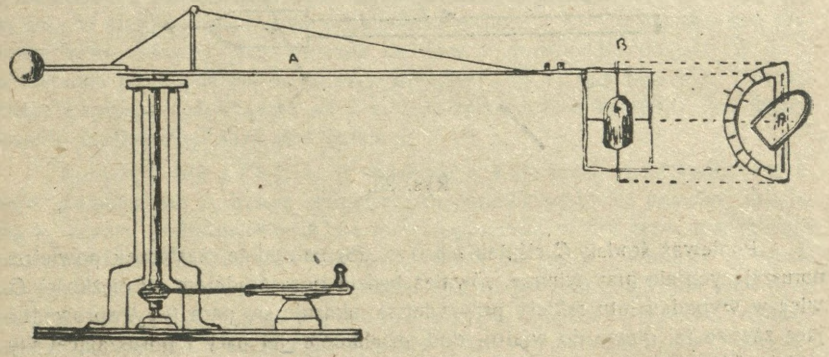
Dla określenia punktu przyłożenia oporu powietrza na podłużne pociski, korzystają z danych, które były otrzymane przy małych szybkościach postępowych. Przyrząd (rys. 30) urządzony w tym celu posiada na końcu poziomego drążka *A* ramę *B*, wewnątrz ramy, na poprzedniej osi umieszczają model



Rys. 29.

bryły (naprz. podłużnego pocisku). Model pusty wewnątrz posiada parę otworów dla osi, w ten sposób można zmieniać położenie osi w bryle. Dla zrównoważenia modelu na poprzecznej osi, wewnątrz modelu przymocowuje się ciężarki. Dla określenia położenia doświadczanej bryły odnośnie do kierunku ruchu, bryła posiada wskaźnik, a na ramce skalę. Obrotem koła wprawiają w ruch drążek *A* i ramę *B*. Bryła początkowo obraca się na poprzecznej osi na pewien kąt, potem, gdy kierunek oporu powietrza przecina poprzeczną oś, bryła przestaje obracać się i wskaźnik pokazuje na skali stały kąt δ.

Z rezultatów doświadczeń nad bryłami podobnemi do pocisków artyleryjskich można wywnioskować: 1) położenie środka oporu powietrza prawie nie zależy od szybkości ruchu. 2) Odległość środka oporu powietrza od środka ciężkości, zależy tylko od długości bryły, nie zależy natomiast od szerokości. 3) Przy $\delta = 0^0$ środek oporu zbiega się ze środkiem ciężkości, przy zwiększeniu kąta δ, środek oporu zbliża się do głowicy, osiągając maximum oddalenia od środka ciężkości przy δ około 20^0; potem przy $\delta = 68^0$ znowu zbiega się ze środkiem ciężkości, a przy



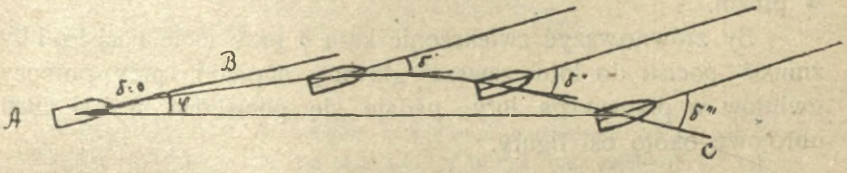
Rys. 30.

dalszem zwiększeniu kąta δ, środek oporu ma punkt położenia między środkiem ciężkości i dnem pocisku. 4) Doświadczenie pokazuje, że opór powietrza na pocisk jest tem mniejszy, im większy jest promień krzywizny ostrołuku i im dłuższy jest sam ostrołuk, a ponieważ obydwie te wielkości charakteryzują kąt γ między styczną do krzywej tworzącej ostrołuk pocisku w jego wierzchołku i osią figury pocisku, przyjmują, że opór powietrza jest proporcjonalny do Sinus'u kąta γ. (Pociski artylerji morskiej, używane do przebijania pancerzy, posiadają promień krzywości równy podwójnemu kalibrowi i długość ostrołuku około 1,4 kalibru, przyczem kąt γ około 42^0).

ROZDZIAŁ III.

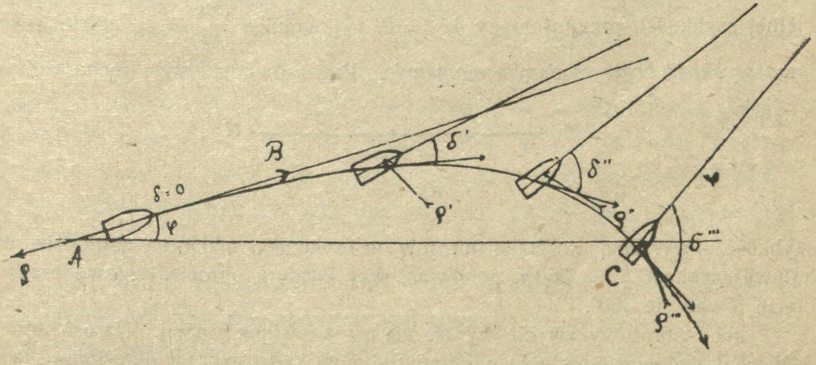
Badanie ruchu podłużnych pocisków.

19. Ruch osi figury podłużnego pocisku. Przypuśćmy, że podłużny pocisk poruszając się w próżni wyleciał z lufy w kierunku linji strzału AB (rys. 31), pod pewnym kątem do poziomu φ i przypuśćmy, że krzywa AC przedstawia tor pocisku za-



Rys. 31.

kreślony jego środkiem ciężkości. Ponieważ, w próżni, na pocisk działa tylko jedna siła — ciężar, pocisk będzie miał tylko ruch postępowy, przyczem oś pocisku będzie poruszać się równolegle do siebie i do początkowego jej kierunku. Ponieważ kąt δ, między osią figury pocisku i stycznemi do toru, stale zwiększa się ($\delta'' > \delta' > \delta$), więc oś figury będzie stopniowo oddalać się od stycznej i, zaczynając od pewnego punktu toru, zacznie się ruch obrotowy głowicy około poziomej osi prostopadłej do stycznej, i podłużny pocisk nie zawsze będzie trafiał do celu głowicą.



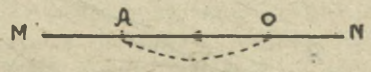
Rys. 32.

Jeśli pocisk porusza się w powietrzu, wówczas do siły ciążenia przyłącza się jeszcze i siła oporu powietrza, pocisk, natychmiast po wylocie, zacznie opuszczać się prostopadle w stosunku do początkowego swego kierunku (rys. 32), więc w najkrótszym przeciągu czasu utworzy się kąt między osią pocisku i styczną do toru. Z ukazaniem się tego kąta, jak widzieliśmy wyżej, opór powietrza sprowadza się do jednej siły, przyłożonej do środka ciężkości i do jednej pary odchylającej wierzchołek pocisku.

W ten sposób, w powietrzu, kąt δ (między styczną, a osią figury) będzie zwiększać się już z dwóch przyczyn—od zniżenia stycznej i od pary, więc znacznie szybciej niż w próżni i w tym wypadku lot pocisku będzie jeszcze bardziej nieprawidłowy, niż w próżni.

By zrównoważyć zwiększenie kąta δ przy locie pocisku i by zmusić pocisk do lotu zawsze głowicą naprzód, przy pomocy gwintów w przewodzie lufy, nadaje się pociskowi szybki ruch obrotowy około osi figury.

20. Dodawanie szybkości kątowych. Przy ruchu obrotowym wszystkie punkty danej bryły poruszają się w płaszczyznach prostopadłych do pewnej nieruchomej prostej, zwanej *osią obrotu* i po łukach kół, których środki leżą na tej osi. Oczywista, że przy ruchu obrotowym bryły, wszystkie jej punkty przesuwają się w jednym przeciągu czasu Δt na jedną i tą samą wielkość kątową $\Delta\alpha$. Im większy jest kąt $\Delta\alpha$ przy danem znaczeniu Δt, tem szybciej obraca się bryła podczas rozważanego przeciągu czasu. Wobec tego, stosunek $\frac{\Delta\alpha}{\Delta t}$, to jest *szybkość kątowa danej bryły w jednostce czasu*, określa jej szybkość obrotową i przedstawia *przeciętną szybkość kątową*. Przy obrocie równomiernym stosunek $\varphi = \frac{\Delta\alpha}{\Delta t}$ jest oczywista wielkością stałą i wyraża wprost szybkość kątową obrotu. W zmiennym ruchu należy wziąć granicę przeciętnej szybkości, przypuściwszy $\Delta t = 0$, t. j. granica $\frac{\Delta\alpha}{\Delta t} = \varphi$, gdzie φ *kątowa szybkość bryły w danym momencie.* Przy równomiernym ruchu kątową

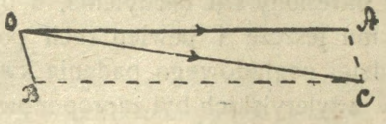


Rys. 33.

szybkość φ wyrażają ilością n obrotów na sekundę, mając na względzie, że kątowa szybkość $\varphi = 360n$, ponieważ, przy każdym obrocie, kątowe przesunięcie równa się 360^0.

Ruch obrotowy zwykle wyraża się przez odcinek prostej. Na osi obrotu MN od dowolnego punktu O odłożymy długość OA równą, w określonej skali, szybkości kątowej φ i umieszczamy na niej strzałkę, pokazującą jak powinien

umieścić się obserwator, by ruch odbywał się w określonym kierunku. Tem określają się wszystkie elementa ruchu obrotowego bryły, ponieważ są wiadome: kierunek osi bryły, wielkość szybkości kątowej i kierunek obrotu. Udział ciała w kilku jednoczesnych obrotach należy rozumieć tak: ciało obraca się około jednej osi, a ta oś obraca się około drugiej, druga około trzeciej etc. Przy obrocie jednej osi około drugiej, pierwsza zakreśla powierzchnię stożka, jeśli osie przecinają się. W mechanice dowodzi się, że *dla dodania dwóch obrotów ciała około przecinających się osi, oś szybkości kątowej ruchu złożonego wyraża się co do wielkości i kierunku przez przekątnię równoległoboku, wykreślonego na osiach szybkości kątowych, dodawanych ruchów.* Znaczy, jeśli *OA*, z wielkości i kierunku przedstawia oś jednego ruchu kątowego, *OB* drugiego, więc *OC* będzie osią złożonego obrotu.



Rys. 34.

Należy zauważyć, że wogóle, z każdym momentem czasu, położenie wypadkowej osi obrotu *OC* zmienia się, ponieważ ona znajduje się zawsze w płaszczyźnie *AOB* osi składowych *OA* i *OB*. Rzeczywiście, jeżeli oś *OA* opisuje powierzchnię stożka naokoło osi *OB*, wówczas położenie płaszczyzny, a z nią i osi *OC* zmienia się z każdym momentem czasu. Wobec tego, ta ostatnia, przedstawia *momentalną oś obrotu.* W mechanice dowodzi się, że jeśli ciału obracającemu się ze znaczną szybkością około osi figury, jest nadany wolny ruch obrotowy około osi, prostopadłej do osi figury, naprz. jeśli oś *OA* jest znacznie większą w porównaniu do osi *OB*, przyczem *OB* jest prostopadła do *OA*, więc możemy przyjąć, że obrót bryły odbywa się około osi figury, t. j. że oś ciała, obracając się przyjmuje położenie *OC*.

21. Wpływ obrotu pocisku na ruch osi jego figury w stosunku do stycznej. Teoretyczne badanie tej kwestji jest bardzo złożone, w tym celu zbadamy ją przy doświadczeniu.

Najprostsze doświadczenie możemy zrobić z bąkiem.

Wiadomem jest, że dopóki bąk nie jest wprawiony w szybki ruch obrotowy około swej osi figury, nie może on być ustawiony na swojem ostrzu *O* (rys. 35), ponieważ jest w niestałym stanie równowagi i środek ciężkości jego leży wyżej punktu oporu. Bąk pada pod wpływem pary sił (P, P_2), przyczem para ta ukazuje się wskutek tego, że kierunek siły P, przyłożonej do środka ciężkości g nie zlewa się z osią figury bąka.

Jeśli bąkowi nadano szybki ruch obrotowy około osi jego figury, wówczas nie upadnie on pod działaniem pary (P, P_2) nawet w tym wypadku, gdy będzie ustawiony pochyło i, oprócz tego, śledząc ruch osi bąka, możemy zauważyć co następuje:



Rys. 35.

1) oś figury bąka dąży do zachowania nadanego jej kąta nachylenia do poziomu i 2) oś figury bąka zakreśla powierzchnię stożka około prostopadłej osi OI, przyczem ten ruch stożkowy jest znacznie wolniejszy od ruchu obrotowego osi i obydwa ruchy są skierowane w jedną stronę, i 3) w miarę zmniejszenia kątowej szybkości obrotu zaczyna się stopniowe zwiększenie kąta między osią bąka i stałą prostopadłą osią OI i, w końcu, bąk upadnie.

Ponieważ, przy puszczaniu bąka trudno mu nadać określony kąt nachylenia, a oprócz tego, nadaje się mu jeszcze i pewien ruch postępowy, więc dla bardziej poglądowego badania kwestji obrotu pocisków artyleryjskich był zaproponowany (profesor Magnus) przyrząd żyroskop.

Żyroskop składa się (żyroskop Pluckera) z dysku miedzianego przedstawiającego pocisk, który posiada oś środkową prostopadłą do jego płaszczyzny. Ta oś jest umocowana w łożyskach specjalnego pierścienia; pierścień posiada długi pręcik jako przedłużenie osi. Pręcik ten jest przymocowany za pomocą osi poziomej do widełek, które mogą obracać się około osi pionowej. Do pręcika jest przymocowany ciężarek, który przesuwając, możemy jużto zrównoważyć cały system, jużto podnieść koło do góry, jużto opuścić. Lecz jeżeli przedtem nadano dyskowi szybki obrót około osi jego figury, naprz. przy pomocy sznurka, to ciężarek już nie będzie przewracał dysku i oś jego figury pozostając w określonem położeniu, w tym samym czasie będzie powoli odchylała się w stronę, przyczem odchylenie to będzie zależało od położenia ciężarka i od kierunku obrotu osi. Jednocześnie z tem, oś pocisku otrzyma jeszcze i stożkowy ruch.

Zmieniając warunki ruchu, możemy ustalić następujące jego prawa:

1) Jeśli ciężarek dąży do oddalenia wierzchołka pocisku od pionowej linji, wówczas oś figury pocisku zakreśli powierzchnię stożka, poruszając się ak bąk w stronę, w którą obraca się pocisk.

2) Jeśli będziemy zmieniali tylko wagę ciężarka, wówczas zauważymy, że szybkość kątowa ruchu stożkowego przedniej części zwiększa się razem z wagą ciężarka. (Obliczenia pokazują, że jest ona proporcjonalna do momentu pary, działającej na pocisk, t. j. proporcjonalna do wagi ciężarka Q, pomnożonej przez prostopadłą h, opuszczoną z punktu zaczepienia na pionową linję: $w = \alpha \cdot Q \cdot h$).

3) Jeśli będziemy zmieniali tylko kąty nachylenia δ osi figury pocisku do linji pionowej, pozostawiając moment $Q \cdot h$ bez zmiany, wówczas szybkość

kątowa stożkowego ruchu będzie zmieniać się odwrotnie proporcjonalnie do $Sin\ \delta$ $\left(\text{t. j. do } w = \beta \frac{Q \cdot h}{Sin\ \delta}\right)$.

4) Jeśli będziemy zmieniali tylko kątową szybkość obrotu osi pocisku ω, wówczas kątowa szybkość ruchu stożkowego będzie zmieniać się odwrotnie proporcjonalnie do kątowej szybkości obrotowej pocisku $\left(\text{t. j. } w = \gamma \frac{Q \cdot h}{\omega\ Sin\ \delta}\right)$.

Wszystko powiedziane w punktach 2, 3 i 4 jest widoczne ze wzoru ruchu obrotowego kąta: $M = k \cdot w \cdot \omega \cdot Sin\ \delta$ lub $w = \frac{M}{k \cdot \omega \cdot Sin\ \delta}$, gdzie M—moment pary działający na bąka, w — szybkość kątowa ruchu stożkowego pocisku, ω — kątowa szybkość obrotu bąka około swej osi, δ — kąt nachylenia osi bąka, k — mnożnik zależny od masy bąka i podziału tej masy w stosunku do osi bąka.

Warunki ruchu pocisku, wystrzelonego z działa gwintowanego, różnią się od warunków ruchu bąka i żyroskopu jak następuje:

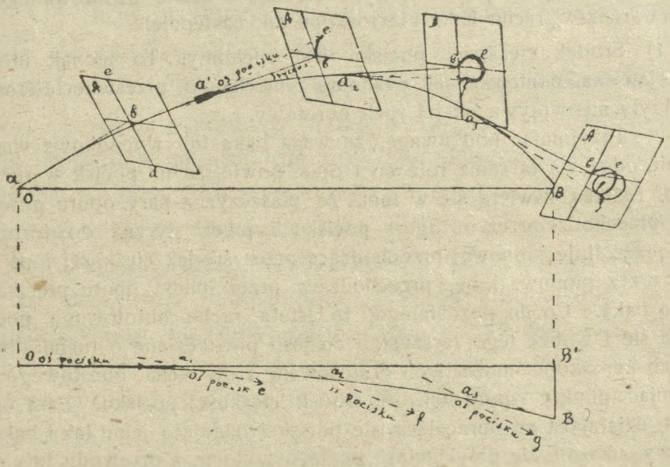
1) Środek ciężkości pocisku jest ruchomy. To jednak nie zmienia istoty zjawiska, ponieważ, jak wiadomo z mechaniki, przesunięcie środka ciężkości bryły nie wpływa na jej ruch obrotowy.

2) Przyjmując pod uwagę, że waga bąka lub wypadkowa wagi w żyroskopie odgrywa tą samą rolę co i opór powietrza na pocisk w ruchu obrotowym, różnica zawiera się w tem, że płaszczyzna pary oporu powietrza na pocisk przechodzi przez oś figury pocisku i przez styczną do toru; w bąku zaś — przez linję pionową, przechodzącą przez środek ciężkości i oś; w żyroskopie przez pionową linję, przechodzącą przez punkt oporu pręcika i przez oś jego bąka. Co do pozostałego, to istota ruchu obrotowego pocisku nie zmienia się i wobec tego, wszystko co jest powiedziane o ruchu obrotowym bąka lub żyroskopu może być zastosowane i do ruchu obrotowego pocisku, przyjmując punkty oporu ich za środek ciężkości pocisku. Para oporu powietrza, działająca na obracający się pocisk i nadająca jemu jak i bąkowi ruch stożkowy, ukazuje się natychmiast po jego wylocie z przewodu lufy, wskutek pionowego obniżenia środka ciężkości w stosunku do początkowego kierunku, od czego tworzy się kąt δ między osią pocisku i styczną do toru. Jeżeliby od tej chwili, warunki ruchu pocisku pozostawały bez zmiany, wówczas wskutek właściwości bąka, oś stożkowego ruchu dążyłaby do zachowania podczas całego lotu, kierunku równoległego do początkowego, wobec czego, pocisk przesuwałby się po torze prawie równolegle do samego siebie, ponieważ oś jego zakreślałaby powierzchnię stożkową małego rozwarcia (z wierzchołkiem stożka w środku ciężkości), około osi, która posiada tylko ruch postępowy.

3) Styczna do toru nie zachowuje swego kierunku w przestrzeni podczas całego lotu pocisku, lecz stopniowo zniża się, wskutek tego, kąt δ, między styczną do toru i osią stożkowego ruchu pocisku, dąży do zwiększenia, wobec czego, para sił oporu powietrza przez cały czas również dąży do nadania pociskowi ruchu obrotowego około osi przechodzącej przez środek ciężkości pocisku i prostopadłej do płaszczyzny pary oporu.

22. Przedstawienie ruchu osi figury podłużnych pocisków i zboczenie. Przypuśćmy, że z działa pod pewnym ką-

tem podniesienia był wystrzelony pocisk *a* (rys. 36), posiadający ruch obrotowy w kierunku ruchu wskazówki zegara, jeśli patrzeć na pocisk w kierunku od jego dna do wierzchołka, t. j. ruch obrotowy górnej połowy pocisku odbywa się od lewej ku prawej (w kierunku odwrotnym do kierunku ruchu wskazówki zegara, jeśli patrzeć w kierunku od wierzchołka pocisku do działa). Pod wpływem pary oporu powietrza, jak wyżej wskazaliśmy, oś obracającego się podłużnego pocisku zakreśla powierzchnię stożkową, której wierzchołek jest w środku ciężkości pocisku. Wskutek tej przyczyny, kierująca t. j. linja, którą zakreśla wierzchołek pocisku lub jeden z punktów przedłużonej osi pocisku, przedstawia pewną krzywą położoną całkowicie wprawo od stycznej do



Rys. 36.

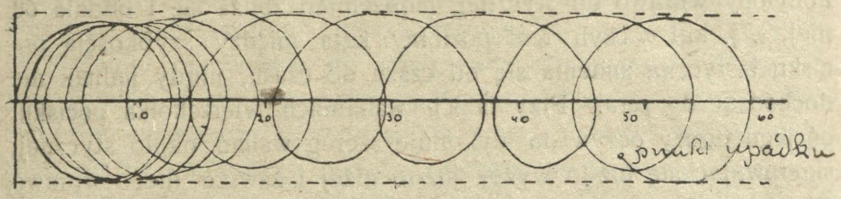
toru. By przedstawić sobie kształt tej krzywej, przedstawmy w pewnym punkcie stycznej np. w *b*—przymocowaną do niej prostopadłą płaszczyznę *A*, i że podczas lotu pocisku *a*, ta płaszczyzna porusza się przed nim, razem ze styczną *ab*. Przytem, w chwili wylotu pocisku, płaszczyzna strzału przecina płaszczyznę *A* tak, że przechodzi przez punkt *a*, ponieważ w momencie strzału styczna *ab* leży w płaszczyźnie strzału. Podczas lotu pocisku, wystrzelonego pod względnie niewielkim kątem podniesienia, wierzchołek pocisku lub jeden z punktów przedłużonej osi np. *O*, zakreśla na płaszczyźnie *A* krzywą wskazaną na rys. 36.

Z wyglądu tej krzywej możemy sądzić, że wierzchołek pocisku naprzemian podnosi się i opuszcza względem stycznej *ab*,

pozostając jednak zawsze wprawo od niej, t. j. w kierunku ruchu obrotowego górnej połowy pocisku. Jednocześnie, wierzchołek, uchylony wprawo od stycznej, naprzemian zbliża się i oddala od niej, t. j. kąt α czyli rzut poziomy kąta między szybkością pocisku i styczną zmienia się od czasu do czasu, nigdy jednak nie dochodząc do zera. Przy takich wahaniach wierzchołka pocisku, oś jego figury oczywista wykonuje szereg wahań około stycznej, skierowując się już-to wyżej, już-to niżej i zawsze nieco wprawo od niej na wielkość zmiennego kąta α, tak, że cała powierzchnia stożkowa kreślona osią pocisku jest położona wprawo od początkowej stycznej *ab* t. j. wprawo od płaszczyzny strzału *OB*. Wskutek odchylania osi pocisku wprawo od stycznej t. j. od kierunku ruchu, pocisk, przez cały czas swego lotu, podstawia sile oporu powietrza ρ swój lewy bok (przy ruchu obrotowym od prawej ku lewej—prawy bok. Ta siła leżąca zawsze w płaszczyźnie osi pocisku i stycznej do toru, daje dodatkowy opór odchylający pocisk wprawo od płaszczyzny strzału, t. j. w stronę ruchu obrotowego, górnej połowy pocisku. Odchylenie pocisku wprawo od płaszczyzny strzału ma dla każdej danej odległości wartość określoną zwaną **zboczeniem**. Wielkość zboczenia wzrasta ze zwiększeniem odległości i przytem nie proporcjonalnie do tej ostatniej, lecz nieco szybciej, tak, że *poziomy rzut toru podłużnego pocisku, wystrzelonego z gwintowanego działa, przedstawia się w kształcie wygiętej krzywej, której wypukłość jest zwróconą do płaszczyzny strzału, więc tor pocisku przedstawia linję podwójnej krzywości.*

Uwaga. Ściśle biorąc, i pionowy rzut toru i poziomy rzut podłużnego pocisku, obracającego się około swej osi, mają kształt *wężykowatej krzywej*. Przegięcia toru, w pionowej płaszczyźnie, pochodzą od tego, że wierzchołek pocisku umieszcza się naprzemian to wyżej, to niżej stycznej do toru i składowa siła oporu powietrza (rys. 25 i 26) prostopadła do kierunku ruchu pocisku, to podnosi, to opuszcza go. Przecięcia w poziomej płaszczyźnie pochodzą od zmian kąta δ i właśnie, kiedy oś pocisku zbliża się do stycznej, wielkość oporu powietrza r_3, działająca na lewy bok pocisku, zmniejsza się i ten ostatni uchyla się wprawo na mniejszą w porównaniu odległość, niż wtedy, gdy δ osiąga większą granicę. Lecz i te przegięcia w obydwóch rzutach toru są tak nieznaczne, że możemy nawet nie przyjmować ich pod uwagę.

Przykład wirowego ruchu osi pocisku. Jako przykład, na rysunku 37, jest pokazany (obliczony) kształt kierującej krzywej, która zakreśla wirowy ruch osi pocisku w płaszczyźnie prostopadłej do stycznej toru, 27,8 m/m działa z szybkością wylotową 456 m/sek., pod kątem podniesienia $3^0\,55'$, odległość strzału 6400 metrów. Z rysunku krzywej widzimy, że w początku ruchu oś figury pocisku opisuje prawie prawidłowy stożek (podstawa — prawie koło).



Rys. 37.

Poczem stożek ten rozciąga się w kierunku poziomym. Największa wielkość bocznego odchylenia osi pocisku od stycznej do toru, odpowiadającego 6400 metrom, jest nieco mniejsza od 60′; w kierunku pionowym największe wahania w górę i w dół od stycznej podczas całego lotu są prawie jednakowe i równe około 6′—7′.

23. Ruch osi figury pocisku zależnie od kąta krzywizny gwintów. Szybkość ruchu obrotowego pocisków około ich osi figury możemy uważać jako stałą na całej długości toru. Szybkość ta zależy od kąta krzywizny gwintów działa, — długości skoku gwintów przy wylocie *) i od szybkości wylotowej. Szybkość stożkowego ruchu osi figury pocisku, jak widzieliśmy wyżej, jest odwrotnie proporcjonalna do pary oporu powietrza, t. j. do siły oporu powietrza ρ i odległości między środkiem ciężkości pocisku i środkiem oporu, który zależy od długości pocisku. Im pocisk jest dłuższy, tem odległość ta jest większa. Jeśli szybkość ruchu obrotowego pocisku około jego osi figury będzie zbyt małą (gwint o małym kącie krzywizny), a długość pocisku wielka, wówczas para oporu powietrza zwalcza działanie ruchu obrotowego od gwintów i warunki ruchu osi figury pocisku zbliżą się do warunków ruchu bąka w ostatnim okresie, bliskim upadku; wahania osi figury pocisku będą znaczne i lot pocisku będzie nieprawidłowy. Również, zbyteczne zwiększenie kąta krzywizny gwintu może okazać się szkodliwe, ponieważ w tym wypadku oś pocisku będzie dążyć do zachowania równoległości swego ruchu podczas lotu, wskutek czego nie będzie osiągać się należyte zbliżenie osi do stycznej do toru. Więc, dla regularności lotu pocisków, niezbędnie powinien istnieć pewien stosunek między wielkością pary oporu powietrza z jednej strony i wielkością szybkości ruchu obrotowego około osi figury—z drugiej. Wogóle, im dłuższy pocisk, tem gwint pocisku powinien posiadać większy kąt krzywizny.

W tabliczce wskazane są kąty krzywizny gwintów w działach współczesnych.

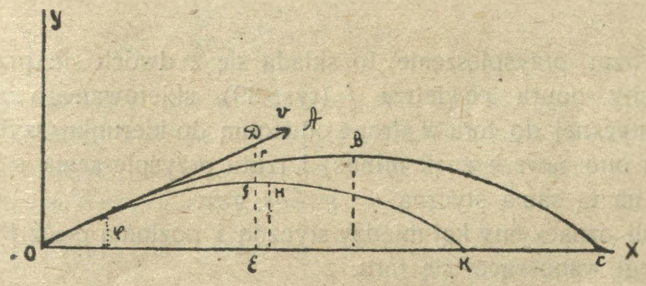
---

*) Długością h skoku gwintów nazywa się długość, na której pocisk czyni jeden obrót. Więc, w 1 sekundzie pocisk zrobi tyle obrotów, ile długości skoku gwintów mieści się w wartości V szybkości wylotowej t. j. $n = \frac{V}{h}$.

Rodzaj broni	Długość pocisku w kalibrach	Długość skoku gwintów	Kąt krzywizny gwintów
Armaty	2,5 do 2,8	45 do 35	4^0 do $5,^01$
	3,0 do 4,0	35 do 25	$5,^01$ do $7,^02$
Haubice	2,5 do 3,0	35 do 25	$5,^01$ do $7,^02$
Moździerze . . .	4,0 do 5,0	25 do 15	$7,^02$ do $11,^08$
Karabiny		37,5 do 30,4	$4,^08$ do 6^0

24. Pionowy rzut toru pocisku w powietrzu i jego własności. Rozpatrując pionowy rzut toru pocisku, możemy uważać, że pocisk jest pod wpływem dwóch sił: 1) *ciężkości* t. j. siły stałej co do wielkości, kierunku i punktu przyłożenia i 2) *oporu powietrza* t. j. siły stałej co do punktu przyłożenia (środek ciężkości pocisku), lecz zmiennej co do wielkości (zależnej od szybkości) i zmiennej co do kierunku (zawsze skierowanej wzdłuż stycznej do toru).

Ponieważ obydwie siły przechodzą przez środek ciężkości, więc niezbędnem i dostatecznem jest rozważyć tylko ruch postępowy środka ciężkości pocisku. Jeśli w próżni rzucimy pocisk z szybkością V, pod kątem podniesienia φ, zakreśli on parabolę OBC (rys. 38).



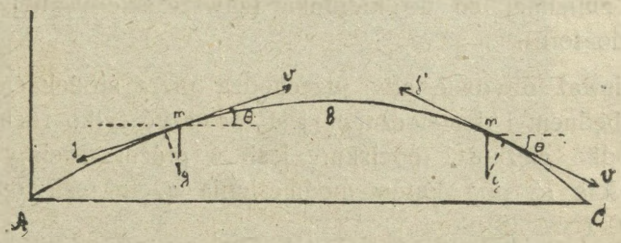
Rys. 38.

Przypuśćmy, że rzucimy pod tym samym kątem i z tą samą szybkością podłużny pocisk w powietrzu. Wyobraźmy w pewnej odległości od punktu wylotu pionową linję DE, niech pocisk w próżni osiągnie tę linję po upływie czasu t od początku ruchu a więc, opuści się odnośnie do kierunku oddania na wielkość $DF = \frac{gt^2}{2}$.

Ponieważ przy locie pocisku, jego szybkość od oporu powietrza zmniejsza się, osiąga on DE, zużywszy większy czas niż pocisk w próżni, a więc opuści się na większą wielkość: $DG = \frac{gt_1^2}{2}$.

Rozważając w ten sposób odnośnie do innych punktów toru, przekonamy się, że tor pocisku w powietrzu będzie leżał wszystkiemi punktami niżej odpowiedniego toru pocisku w próżni i, w miarę oddalenia pocisku od punktu wylotu, odległość punktów toru pocisku w powietrzu, odnośnie do odpowiednich punktów paraboli, będzie od działania siły oporu powietrza zwiększać się.

Porównując tor pocisku w powietrzu z odpowiednim torem w próżni, zobaczymy, że *odległość strzału w powietrzu zawsze będzie mniejszą od tej, którą otrzymamy przy strzelaniu w próżni.* Twierdzenie to opiera się na następującem rozumowaniu: rozpatrzmy jak zmienia się całkowite przyśpieszenie ruchu j, pocisku



Rys. 39.

w powietrzu: przyśpieszenie to składa się z dwóch sił: przyśpieszenia siły oporu powietrza j (rys. 39), skierowanego zawsze wzdłuż stycznej do toru w stronę odwrotną do kierunku szybkości, (t. j. ma ono zawsze znak minus) i rzutu przyśpieszenia siły ciążenia g na tą samą styczną $= g\ Cos\ gmv$.

Jeśli oznaczymy kąt między styczną i poziomą przez Θ, więc dla odnogi wznoszącej się toru:

$$j_1 = -j + g\ Cos\ gmv = -j - g\ Sin\ \Theta$$

$$j_1 = -\frac{g\rho}{P} - g\ Sin\ \Theta = -g\left(\frac{\rho}{P} + Sin\ \Theta\right) \quad . \quad . \quad . \quad (31)$$

$$m = \frac{P}{g} = \frac{\rho}{j}, j = \frac{g\rho}{P}.$$

W ten sposób, w wznoszącej się odnodze toru szybkość zmniejsza się i przytem szybciej niż w próżni (gdzie $j = O$), w odnodze opadającej, wzór dla j będzie wyglądał:

$$j_2 = -j + g\ Sin\ \Theta$$

$$j_2 = -\frac{g\rho}{P} + g\ Sin\ \Theta = -g\left(\frac{\rho}{P} - Sin\ \Theta\right) \quad . \quad . \quad . \quad (32)$$

To znaczenie pozostaje ujemnem do czasu, gdy wskutek wzrostu stromości toru, dla pewnego punktu m, w opadającej odnodze toru, znaczenie $g\ Sin\ \Theta$ nie dorówna w swej wartości j; od tego momentu szybkość pocisku przestaje zmniejszać się i przeciwnie, wzrasta, przyczem zwiększenie szybkości za punktem m równa się $g\ Sin\ \Theta - j$, w próżni zaś równa się ono $g\ Sin\ \Theta$, t. j. w opadającej odnodze toru w powietrzu szybkość wzrasta nie tak szybko, jak w próżni. Wobec tego, pocisk w powietrzu zakreśli nie parabolę lecz niesymetryczną krzywą, której najwyższy punkt H (rys. 38) nie będzie dzielił toru na części jednakowe i będzie bliżej punktu upadku K, wobec czego:

1) *Opadająca odnoga toru będzie bardziej stroma niż wznosząca się i kąt upadku będzie większy od kąta podniesienia.* Tor w powietrzu różni się tem więcej od toru w próżni im większy wpływ ma siła oporu powietrza na pocisk.

2) *Szybkość w punkcie upadku jest mniejszą od szybkości wylotowej.* Rzeczywiście, nazywając przez V i v wylotową i końcową szybkości pocisku, a przez Q — pracę oporu powietrza, na podstawie prawa żywych sił będziemy mieli:

$$\frac{P}{2g}(v^2 - V^2) = -Q \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (33)$$

równanie, w które praca ciężkości nie weszła, ponieważ punkt wylotu i punkt upadku są na jednym poziomie, to znaczy, że droga przebyta przez pocisk w kierunku pionowym równa się zeru i praca ciężkości jest zero.

Z równania (33) mamy:

$$v^2 = V^2 - \frac{2g}{P}Q, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (34)$$

skąd widzimy, że szybkość końcowa w powietrzu jest mniejsza od wylotowej. Wpływ oporu powietrza będzie tem większy: 1) im większa odległość strzelania, ponieważ, ze zwiększeniem odległości zwiększa się czas lotu, a więc czas trwania wpływu siły oporu powietrza; 2) im mniejsze poprzeczne obciążenie posiada pocisk, ponieważ ze zmniejszeniem obciążenia zwiększa się przyśpieszenie oporu powietrza, a więc i strata szybkości.

Widzieliśmy, że równanie toru w próżni posiada następujący wygląd:

$$y = x\ tg\ \varphi - \frac{gx^2}{2\ V^2\ Cos^2\ \varphi},$$

przyczem pierwsza część jest współrzędną y toru bez siły ciężkości, a druga odpowiedniem zniżeniem pocisku pod kierunkiem oddania.

W powietrzu druga część powinna być większą niż w próżni, ponieważ, dzięki stracie szybkości (t. j. przyśpieszeniu oporu powietrza), pocisk zużyje więcej czasu na przejście tej samej przestrzeni, i zniżenie jego pod kierunkiem oddania będzie większe; w ten sposób równanie toru w powietrzu powinno różnić się od wyżej wskazanego drugą jego częścią i, wychodząc z tego, że obniżenie powinno być tem większe, im większa odległość i im mniejszy współczynnik balistyczny, równanie toru w powietrzu możemy przedstawić tak:

$$y = x\ tg\ \varphi - \frac{gx^2}{2\ V^2\ Cos^2\ \varphi}\left(1 + K\frac{x}{C}\right) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (35)$$

gdzie K — pewna stała wielkość, i C współczynnik balistyczny $=$ $= \frac{P}{\pi R^2} \cdot \frac{1}{\lambda} \cdot \frac{\Pi_0}{\Pi}$. Przy $\Pi = O$ (t. j. w próżni) równanie staje się równaniem paraboli.

25. Zboczenie podłużnego pocisku w powietrzu. Wyżej było już wskazane, że wypadkowa oporu powietrza na podłużny pocisk jest skierowaną wzdłuż osi figury pocisku, tylko w tym wypadku, gdy pocisk porusza się w kierunku swej osi. Jeśli oś stanowi ze styczną do toru pewien kąt, wówczas i wypadkowa oporu powietrza stanowi z osią figury pocisku pewien kąt, i środek oporu powietrza znajduje się między środkiem ciężkości i wierzchołkiem; wobec tego, przy locie podłużnego pocisku w powietrzu, wskutek pary oporu powietrza, pocisk otrzymałby ruch obrotowy głowicą do góry i lot jego nie byłby jednostajnym przy różnych strzałach. Dla osiągnięcia jednostajności lotu pocisku przy różnych strzałach, nadaje się pociskowi, przy pomocy gwintów w przewodzie lufy, szybki ruch obrotowy około osi figury, wskutek czego równoważy się ruch obrotowy pocisku głowicą do góry, lecz za to oś pocisku odchyla się od płaszczyzny strzału na pewien kąt, przyczem wielkość tego kąta będzie się zmieniała zależnie od zmiany wielkości pary oporu powietrza i ruchu obrotowego pocisku naokoło osi: w ten sposób przy ruchu podłużnego pocisku w powietrzu, w środku ciężkości jego są przyłożone dwie siły: 1) *ciężaru*, której wielkość i kierunek przyjmują się za stałe i 2) *oporu powietrza* wynikającej z postępowego ruchu pocisku i przeniesionej w jego środek ciężkości; wielkość i kierunek tej siły nie są stałe.

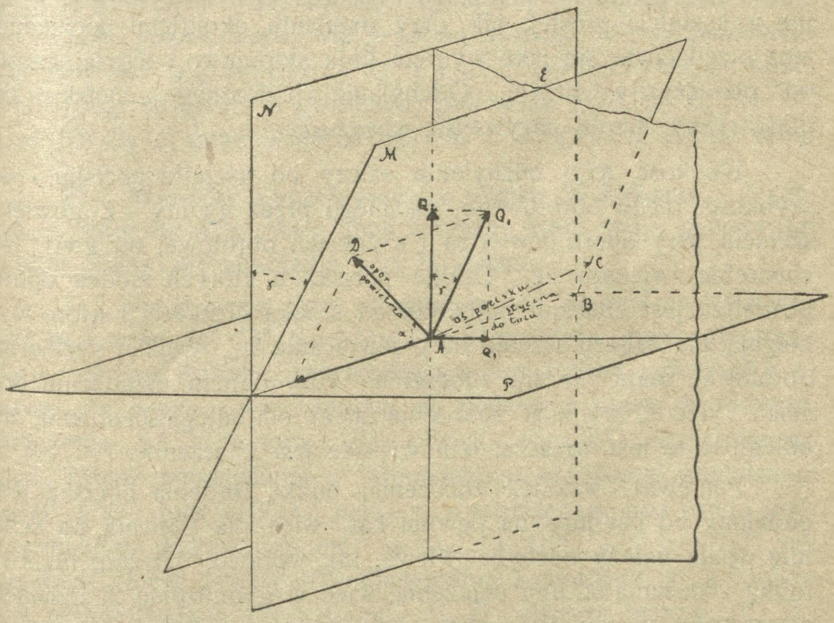
Dla uwidocznienia w jaki sposób działa opór powietrza na ruch środka ciężkości pocisku, przedstawmy sobie (rys. 40), że punkt A jest w jakimkolwiek momencie środkiem ciężkości pocisku, prosta AB — kierunkiem stycznej, prosta AC — kierunkiem osi pocisku i prosta AD — kierunkiem wypadkowej siły oporu powietrza. Jeśli przeprowadzimy płaszczyznę M przez oś pocisku i styczną do toru, więc będzie w tej płaszczyźnie i wypadkowa sił oporu powietrza.

Przeprowadzimy w płaszczyźnie M przez środek ciężkości A prostą AE, prostopadłą do stycznej AB, i rozłożymy wypadkową AD w tej płaszczyźnie na dwie składowe Q — wzdłuż stycznej i Q_1 — wzdłuż AE. Nazywając kąt DAQ przez α otrzymamy:

$$Q = AD \ Cos \ \alpha \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ (\alpha)$$

$$Q_1 = AD \ Sin \ \alpha$$

Jeśli przez styczną AB przeprowadzimy pionową płaszczyznę N i poziomą płaszczyznę P, prostopadłą do niej, a przez prostą AE płaszczyznę Q, prostopadłą do AB, i rozłożymy siłę Q_1, znajdującą się na linji AE przecięcia płaszczyzn M i Q, na dwie drugie składowe: na Q_2 — w kierunku pionowym prostopadłym do



Rys. 40.

stycznej AB i na Q_3 — w poziomej płaszczyźnie P, wówczas nazywając kąt nachylenia płaszczyzny M przez γ otrzymamy:

$$Q_2 = Q_1 \, Cos \, \gamma = AD \, Sin \, \alpha \, Cos \, \gamma \ldots . \quad (\beta)$$

$$Q_3 = Q_1 \, Sin \, \gamma = AD \, Sin \, \alpha \, Sin \, \gamma \ldots . \quad (\gamma)$$

Z tego widzimy, że działanie powietrza na środek ciężkości pocisku, wyrażone przez jedną wypadkową, może być przedstawione w każdym danym momencie lotu pocisku przez trzy składowe (α), (β) i (γ); dodając do tych równań działanie siły ciężkości P, otrzymamy wszystkie siły, działające na środek ciężkości podłużnego pocisku przy jego locie w powietrzu. Z tych składowych, siła Q będzie zmniejszać postępową szybkość pocisku. Siła Q_2 będzie (zależnie od położenia płaszczyzny M w danym momencie) działać z dołu do góry, lub z góry w dół t. j. będzie osłabiała, lub wzmacniała działanie siły ciężkości.

Siła Q_3 będzie odchylała pocisk w stronę od płaszczyzny strzału, przyczem kierunek jej zależy od kierunku ruchu obrotowego nadawanego przez gwinty (działa ze skrętem gwintów prawych mają odchylenie wprawo, lewym — wlewo).

Wskutek działania siły Q_3, tor podłużnego pocisku w powietrzu nie jest płaską krzywą: poziomy rzut toru przedstawia się nie w kształcie prostej, jak przy strzelaniu okrągłemi pociskami, lecz przedstawia się jako wygięta linja stopniowo odchylająca się od płaszczyzny strzału. Odchylenie podłużnego pocisku od płaszczyzny strzału nazywa się *zboczeniem*.

Wielkość tego odchylenia zależy od kształtu pocisku i od szybkości ruchu obrotowego, nadanego przez gwinty. Z powiększeniem pary oporu powietrza i szybkości obrotowej od gwintów, zboczenie zwiększa się. Długie pociski, u których środek oporu powietrza jest znacznie oddalony od środka ciężkości i które wymagają dla zabezpieczenia od przewracania się, wielkiej szybkości obrotowej, mają znaczne zboczenia. Przy danem urządzeniu pocisku i działa, wielkość zboczenia zależy od odległości strzału, im odległość ta jest większą, tem większe jest zboczenie.

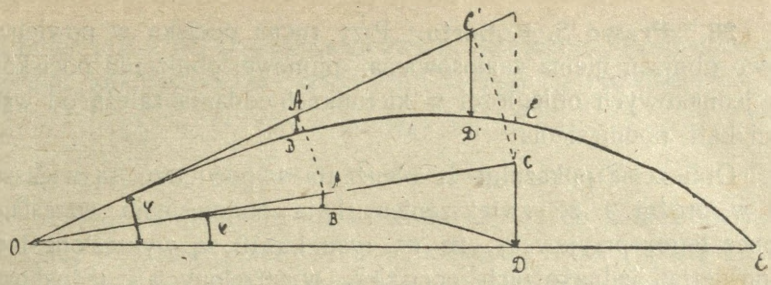
Ponieważ, wskutek zboczenia, punkt trafienia pocisku jest oddalony od osi lufy na pewien kąt, więc dla trafienia do celu, lufę działa należy odchylić wlewo, lub wprawo, zależnie od kierunku zboczenia od linji położenia, więc w gwintowanych działach płaszczyzna strzału nie zlewa się z pionową płaszczyzną, przeprowadzoną przez linję położenia.

26. Prawo S. Roberto. Przy ruchu pocisku w powietrzu prawo obniżeń niema zastosowania: pionowe obniżenia pocisków dla jednakowych odległości w kierunkach oddania zależą od wartości kąta podniesienia.

Obliczenia pokazują, że obniżenia w powietrzu są większe, niż w próżni i ze zwiększeniem kąta podniesienia wzrastają. Wobec tego, przyjąwszy, że na rysunku 10 są wykreślone tory w powietrzu jednakowych pocisków, wystrzelonych z jednakową szybkością wylotową, lecz pod różnemi kątami podniesienia φ, φ_1 i φ_2, otrzymamy, że przy $\varphi_2 > \varphi_1 > \varphi$ obniżenia $A_2B_2 > A_1B_1 > AB$. Lecz przy kątach podniesienia, mniejszych od 15°, ta różnica i ten wzrost pionowych obniżeń są bardzo nieznaczne. Wobec tego, przypuszczają, że *pionowe obniżenia pocisku w powietrzu przy kątach podniesienia nie przekraczających 15° nie zależą od ich wielkości*, t. j. że w równych odległościach od punktu rzutu, w kierunkach oddania, przy jednakowych szybkościach wylotowych, pionowe obniżenia pocisków są jednakowe bez względu na różnicę kątów podniesienia. To dopuszczenie stanowi tak zwane *prawo S. Roberto* (włoski artylerzysta). Dopuszczenie to rozszerzają jeszcze dalej, przyjmując podobnie jak i dla torów w próżni, że *pionowe obniżenia jednakowych pocisków, wystrzelonych w powietrzu z jednakową szybkością wylotową pod różnemi kątami podniesienia, nie przekraczającemi 15°, są jednakowe dla równych współrzędnych x*, t. j. że przy rzeczywistem strzelaniu (przy strzelaniu w powietrzu) obliczenia AB_1, $A_1'B_1'$, $A_2'B_2'$ (rys. 10) dla tej samej współrzędnej $OC = x$ są równe między sobą.

27. Wnioski wypływające z prawa S. Roberto. Z prawa S. Roberto wypływają dwa wnioski, które mają nadzwyczaj ważne praktyczne znaczenie przy strzelaniu:

1) *Tor pocisku przy strzelaniu pod kątami podniesienia nie większemi od 15° może być uważany jako część drugiego toru takiego pocisku, wystrzelonego na dalszą odległość z tą samą szybkością.* Rzeczywiście, na podstawie prawa S. Roberto, obniżenia AB, CD, toru OBD pocisku (rys. 41) wystrzelonego pod kątem podniesienia φ odpowiednio są równe obniżeniom $A'B'$, $C'D'$, toru $OB'D'E$ pocisku, wystrzelonego pod kątem podniesienia φ_1 pod warunkiem, że $OA = OA'$, $OC = OC'$, tak że jeżeli złożyć punkty AC odpowiednio z punktami A', C', wskutek małego kąta $C'OC'$, punkty B, D, pokryją punkty B', D'. To samo będzie dla jakichkolwiek dwóch punktów obydwóch to-

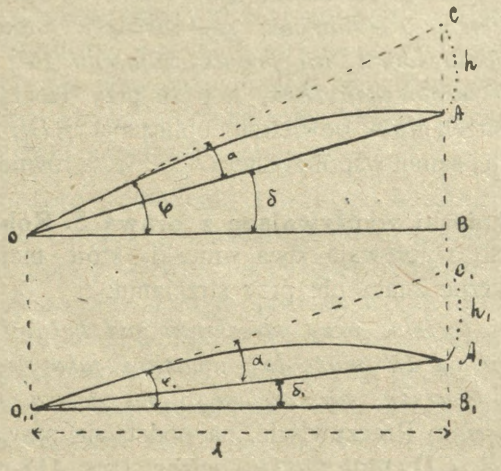


Rys. 41.

rów, wobec tego dolny tor OBD będzie pokrywał wszystkiemi swemi punktami część $OB'D'$ górnego toru. Z dostateczną dla praktyki ścisłością, przy strzelaniu pod małemi kątami, możemy przyjąć tor OBD pokrywający część $OB'D'E$ górnego toru, którego punkt E jest nad punktem D w kierunku pionowym.

2) *Kąt celowania nie zależy od wysokości punktu celowania, czyli inaczej: kąt celowania nie zależy od kąta położenia.*

Przypuśćmy, że strzelanie odbywa się najpierw do celu A, a potem do celu A' (rys. 42), kąty podniesienia są równe α i α_1, kąty położenia — δ i δ_1 i kąty celowania są $\alpha = \varphi - \delta$ i $\alpha_1 = \varphi_1 - \delta_1$.



Rys. 42.

W jednym i drugim wypadku kąty podniesienia nie przekraczają 15°.

Z trójkątów OBC i OBA mamy obniżenie $h = CA = CB - AB = x\ tg\ \varphi - x\ tg\ \delta = x\ (tg\ \varphi - tg\ \delta)$. W ten

sam sposób otrzymamy: obniżenie $h_1 = C'A' = C'B' - A'B' = x\ tg\ \varphi_1 - x\ tg\ \delta_1 = x(tg\ \varphi_1 - tg\ \delta_1)$. Na podstawie prawa S. Roberto $h = h_1$, a więc $tg\ \varphi - tg\ \delta = tg\ \varphi_1 - tg\ \delta_1$. Ponieważ kąty φ, φ_1, δ i δ_1 nie są wielkie, więc zamiast tangensów możemy wziąć same kąty, a wobec tego $\varphi - \delta = \varphi_1 - \delta_1$ czyli $\alpha = \alpha_1$ — co trzeba było dowieść.

Kąty celowania możemy uważać za niezależne nie tylko dla poziomych odległości $OB = O'B' = x$, lecz i dla faktycznych odległości OA i $O'A'$, ponieważ wskutek małych kątów położenia δ i δ_1, te ostatnie odległości możemy przyjąć jako równe między sobą.

Ponieważ nastawy celownika zależą tylko od kątów celowania, a nie zależą od kąta położenia, więc jakakolwiek byłaby wysokość celu na daną odległość, przy strzelaniu pod małemi kątami, wysokość celownika pozostanie bez zmiany.

Uwaga. W balistyce dowodzą, że w rzeczywistości obniżenia h i h_1 nie są równe między sobą, t. j. że stosunek $\frac{h}{h_1}$ nie jest jednością, lecz równa się:

$$\frac{h}{h_1} = \frac{Cos^2\ \varphi_1}{Cos^2\ \varphi} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (36)$$

Wobec tego okazuje się, że obniżenia pocisków dla jednakowych współrzędnych x, przy locie w powietrzu zmieniają się podług tego samego prawa jak i obniżenia pocisków w próżni.

Dla pokazania, jak mało wpływa na zmianę obniżeń pocisków kąt podniesienia przy strzelaniu pod małemi kątami, przypuśćmy, że w jednym wypadku strzelanie odbywa się przy kącie podniesienia $\varphi = 5^0$, a w drugim, przy kącie podniesienia $\varphi = 15^0$. Wówczas dla tej samej poziomej odległości otrzymamy (wzór 36):

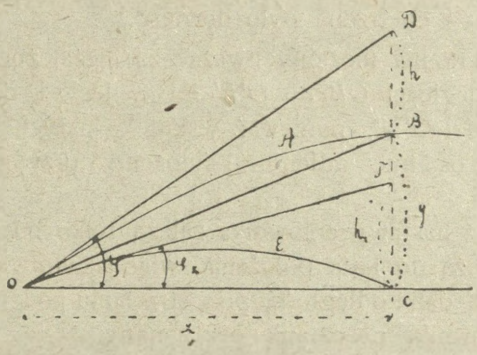
$$\frac{h}{h_1} = \frac{Cos^2\ 5^0}{Cos^2\ 15^0} = 1{,}06.$$

t. j. ze zwiększeniem kąta podniesienia o 10^0, obniżenie zwiększyło się o 6%.

28. Określenie współrzędnych Y, toru dla danych współrzędnych X, podług kątów podniesienia na podstawie prawa S. Roberto. Przy strzelaniu pod małemi kątami, możemy, korzystając z prawa S. Roberto, określić z dostateczną dla praktyki ścisłością, współrzędne y toru dla danych współrzędnych x, jeśli są znane naprzykład z tablic strzelniczych: kąty celowania dla różnych odległości.

Przypuśćmy, że dla toru OAB pocisku w powietrzu (rys. 43), wystrzelonego pod kątem podniesienia φ, trzeba określić dla danej współrzędnej $OC = x$ współrzędną $CB = y$.

Z rysunku widzimy, że $y = CB = CD - DB = x\ tg\ \varphi - h$, gdzie h przedstawia obniżenie pocisku.



Rys. 43.

Lecz na podstawie prawa S. Roberto, jeśli wykreślimy tor OEC, odpowiadający poziomej odległości $OC = x$, wówczas możemy go przyjąć za część OAB rozpatrywanego toru, a wobec tego możemy przyjąć, że obniżenie jego $FC = h_x$ równa się obniżeniu $DB = h$. Z $\triangle\ OCF$ mamy: $h_x = x\ tg\ \varphi_x$, gdzie kąt φ_x jest kątem podniesienia dla odpowiedniej odległości poziomej, równej zadanej współrzędnej x.

Znaczy:

$$y = x\ tg\ \varphi - x\ tg\ \varphi_x = x\ (tg\ \varphi - tg\ \varphi_x),$$

a ponieważ: $tg\ \varphi - tg\ \varphi_x = \dfrac{Sin\ (\varphi - \varphi_x)}{Cos\ \varphi\ .\ Cos\ \varphi_x}$, więc

ostatecznie:

$$y = x\ \frac{Sin\ (\varphi - \varphi_x)}{Cos\ \varphi\ .\ Cos\ \varphi_x} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (37)$$

Kąty φ_x możemy znaleźć w tabelach strzelniczych, przyjąwszy pod uwagę, że są one równe kątom podniesienia, ponieważ w rozpatrywanym wypadku kąt położenia równa się zeru.

Przykład: Znaleźć współrzędną y toru 304,8 m/m pocisku wagi 331 klgr., wystrzelonego z szybkością wylotową 790 metrów na sekundę na odległość 14.600 metr. dla współrzędnej x — równej 9000 metrów. (304,8 m/m działo morskie rosyjskie, dane wzięte z tabeli strzelniczej rosyjskiej).

Z tabeli strzelniczych mamy:

Kąt podniesienia dla 14.600 metrów $= \varphi = 15^0 9'$

Kąt podniesienia dla 9.000 metrów $= \varphi_x = 6^0 32'$.

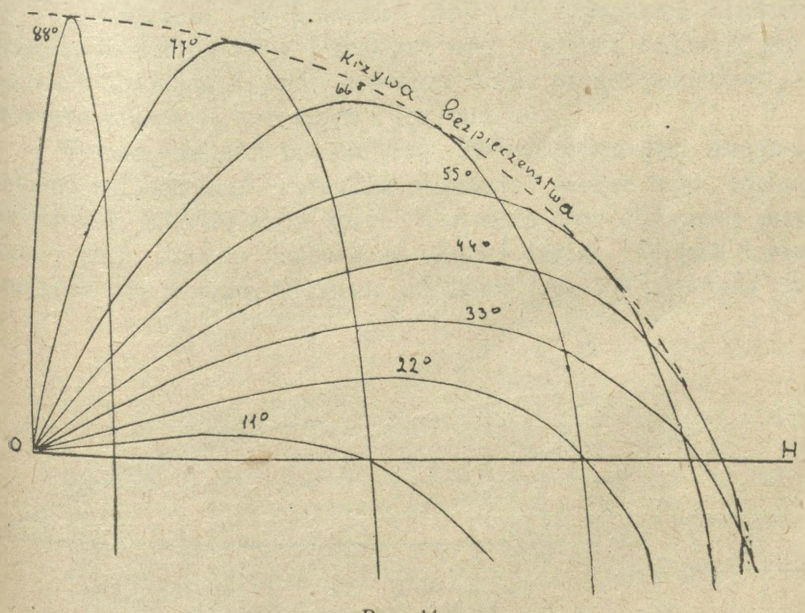
Chcąc więc otrzymać współrzędną y z równania (37) znajdujemy:

$$y = 9132\ \frac{Sin\ (15^0 9' - 6^0 32')}{Cos\ 15^0 9'\ Cos\ 6^0 32'} = 1426{,}9 \text{ metra.}$$

By uwidocznić różnicę współrzędnych y obliczonych podług wzoru (37) od współrzędnych y obliczonych podług wzorów balistycznych dla tabeli strzelniczych, przytaczamy następującą tabelkę współrzędnych y toru 304, 8 m/m pocisku (morski, rosyjski), wagi 331 klgr. dla odległości 14600 metrów i dla współrzędnych x przez 1826 . 4 metra (600 stóp = 1 węzeł).

Współrzędne x	Współrzędne y	
	podług wzoru (37)	podług wzoru balistycznego
1826,4 m.	465,9	464,2
3652,8 „	863,7	854,7
5479,2 „	1175,6	1156,4
7305,6 „	1375,6	1337,8
9132 „	1426,9	1363
10958,4 „	1267,7	1183,8
12784,8 „	825,7	750,2

29. Krzywa bezpieczeństwa. Krzywą bezpieczeństwa nazywa się krzywa, styczna do wszystkich torów zakreślonych pociskami jednego typu, przy jednakowych szybkościach wylotowych lecz pod różnemi kątami podniesienia (od 0 do 90°).



Rys. 44.

Krzywa bezpieczeństwa dzieli płaszczyznę strzału na dwie części: wszystkie punkty położone nazewnątrz tej krzywej (rys. 44) nie mogą być osiągnięte z danego działa przy danej szybkości, wszystkie punkty położone wewnątrz tej krzywej mogą być osiągnięte przez dwa różne tory. Punkty położone wewnątrz krzywej bezpieczeństwa i toru największej donośności danego działa mogą być osiągnięte przez jeden tor płaski i drugi stromy.

Punkty położone wewnątrz krzywej bezpieczeństwa lecz zewnątrz toru największej odległości strzału mogą być osiągnięte przez dwa tory strome.

Wreszcie pewne punkty mogą być osiągnięte tylko przez odnogi wznoszące się pewnych torów. Powyższe ma znaczenie przy strzelaniu do celów powietrznych.

DZIAŁ II.

Strzelanie.

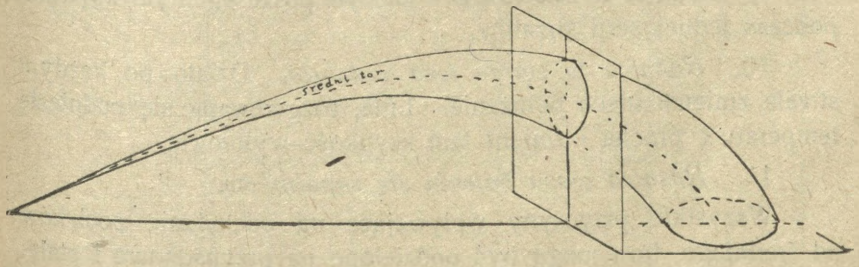
ROZDZIAŁ I.

Rozsiew torów i prawdopodobieństwo trafienia.

30. Rozsiew torów, tor średni i średni punkt trafienia. Pewna ilość strzałów, oddanych z działa, w jednakowych warunkach, stanowi serję strzałów.

Wszystkie pociski, wystrzelone w próżni, w jednakowych warunkach, będą zakreślały jeden i ten sam tor, niezależnie od swojej wagi i kształtu. W powietrzu, jeśli przy wszystkich strzałach danej serji, pociski mają jednakowe wagi i kształt, szybkość wylotową i obrotową i opór powietrza działa na nie jednakowo — wówczas zakreślają one jeden i ten sam tor.

W rzeczywistości tak nie jest. Niemożliwem jest osiągnąć zupełną jednostajność warunków strzelania i wobec tego, pociski jednej serji zakreślą różne tory. Wszystkie tory, otrzymane przy jednej serji strzałów nazywamy **wiązką torów.** Wiązka torów rozchodzi się w miarę oddalenia od działa (rys. 45) i spotyka po-



Rys. 45.

wierzchnie rażenia (pionowe, poziome lub pochyłe) w punktach zwanych **punktami trafienia.**

Na rozsiew torów w powietrzu wpływają:

1. *Różnica warunków atmosferycznych.* Warunki atmosferyczne mogą się zmienić podczas strzelania. Zmiana ciśnienia powietrza zmienia siłę jego oporu, a wiatr zmienia kierunek lotu pocisku.

2. *Różnica ciężarów pocisków.* Różnica ta ma znaczny wpływ na rozsiew torów, zwłaszcza przy strzelaniu z małemi szybkościami wylotowemi. Dla zmniejszenia wpływu różnicy ciężarów pocisków dobierają pociski jednej wagi dla każdej serji strzałów.

3. *Różnica w budowie wewnętrznej pocisków.* Niejednostajne rozmieszczenie materji wybuchowej w pocisku, wskutek czego zmienia się położenie środka ciężkości.

4. *Różnica w budowie zewnętrznej pocisków.* Niemożliwość przy masowej fabrykacji uniknięcia drobnych różnic. Rdzewienie pocisków zmienia je zewnętrznie i wpływa na rozsiew.

5. *Różnica zapalników.* Przy serji strzałów powinny być używane zapalniki jednakowe pod względem kształtu i wagi.

6. *Różnica składu ładunków.* Nie wszystkie ładunki są identyczne i tej samej wagi, zawsze mogą być małe różnice.

7. *Różnica własności balistycznych prochu.* Własności balistyczne prochu zmieniają się od warunków przechowania, od temperatury i wilgoci. Różne partje prochu oprócz tego mogą się różnić pod względem chemicznym.

8. *Różnica w ładowaniu.* Ładunek prochu i pocisk powinny być zawsze w jednem i tem samem położeniu w komorze działa, ponieważ zmiany w tem wywołują zmianę ciśnienia gazów prochowych.

9. *Różnice w celowaniu* w każdym poszczególnym wypadku podczas jednej serji strzałów.

10. *Różnica w stanie łoża i działa.* Działo po każdym strzale zmienia nieco położenie. Lufa, rozgrzewając się podniesie temperaturę prochu i zmieni tem szybkość wylotową.

11. *Różnica czasu palenia się zapalników.*

Wszystkie przyczyny wpływające na odchylenie pocisków od średniego toru mogą być podzielone na przypadkowe i stałe. Do przypadkowych przyczyn zaliczamy te, które odchylają po-

ciski danej serji na wielkości przypadkowe, w różnych, przypadkowych kierunkach, przyczem nie możemy ich przewidzieć i im zapobiec — np. różnice w wewnętrznej i zewnętrznej budowie pocisków, różnica wagi pocisków, ładunków prochu i zapalników, błędy w celowaniu etc.

Do przyczyn stałych zaliczamy takie, które wpływają na odchylenie pocisków danej serji w jedną tylko stronę np. wpływ wiatru, zboczenie, gęstość powietrza i t. p.

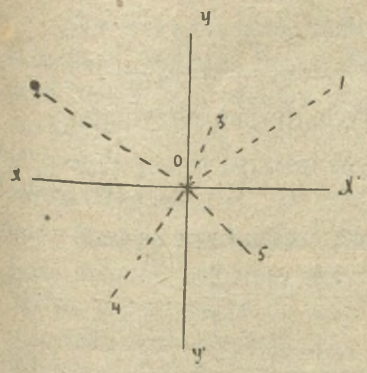
Jeśli przy strzelaniu nie byłoby ani wypadkowych, ani stałych odchylających przyczyn, pociski zakreślałyby jeden i ten sam tor zwany **torem normalnym.**

Pod wpływem tylko wypadkowych przyczyn pociski danej serji strzałów zakreślą wiązkę torów rozchodzącą się od działa, przyczem poszczególne tory będą odchylały się od normalnego w różne strony.

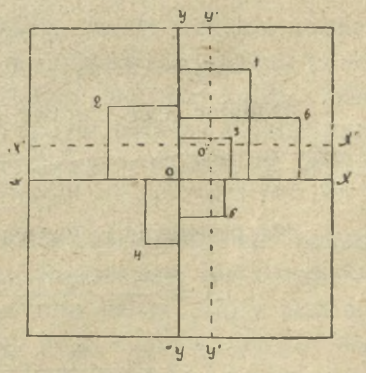
Pod wpływem tylko stałych przyczyn, pociski danej serji będą zakreślały tory odchylone on normalnego w określonych kierunkach.

Pod jednoczesnym wpływem stałych i przypadkowych przyczyn tory pocisków ułożą się w wiązkę oddaloną od normalnego toru w określonym kierunku.

Przypuśćmy, że oddana była serja strzałów do tarczy określonych wymiarów i że punkty trafienia rozsiały się na tarczy. Chcąc rozpatrzyć całokształt wszystkich pojedyńczych torów, od których otrzymaliśmy dane punkty trafienia, określimy punkt *O* (rys. 46) znajdujący się pośrodku wszystkich punktów trafienia; punkt ten nazywa się **średnim punktem trafienia** (do tarczy może nie trafić żaden pocisk, lecz na niej jednakowoż może być średni punkt trafienia danej serji strzałów).



Rys. 46.



Rys. 47.

Wobec tego, jeśli przez środek punktów trafienia przeprowadzimy dwie prostopadłe osie spółrzędne x, x_1 i y, y_1, wówczas suma odległości punktów trafienia z jednej strony tych osi powinna równać się sumie odległości punktów trafienia z drugiej strony, nadając odchyleniom punktów trafienia z jednej strony osi spółrzędnych znak $+$, a z drugiej znak $-$, otrzymamy, że algebraiczna suma wszystkich odchyleń powinna równać się zeru.

Na podstawie powyższego, średni punkt trafienia określi się w następujący sposób.

Przypuśćmy, że do tarczy (rys. 47), której środkiem jest punkt O, oddano n strzałów i, przypuśćmy, że średni punkt trafienia będzie w punkcie O'. Znajdźmy spółrzędne X i Y punktu O' względem O.

Przeprowadźmy przez punkt O osie $x\,x$ i $y\,y$, przez punkt O', osie $x'\,x'$ i $y'\,y'$. Spółrzędne poszczególnych punktów trafienia względem tych osi będziemy oznaczali:

odnośnie do osi $y\,y$ przez $x_1, x_2, x_3 \ldots$
„ „ „ $x\,x$ „ $y_1, y_2, y_3 \ldots$
„ „ „ $y'\,y'$ „ $a_1, a_2, a_3 \ldots$
„ „ „ $x'\,x'$ „ $b_1, b_2, b_3 \ldots$

Na podstawie powyżej powiedzianego o sumie odchyleń:

$$\left.\begin{aligned} +a_1 - a_2 + a_3 - a_4 + a_5 + \ldots \pm a_n = O \\ +b_1 - b_2 + b_3 - b_4 + b_5 + \ldots \pm b_n = O \end{aligned}\right\} \ldots \quad (a)$$

Oprócz tego z rysunku mamy:

$$\begin{aligned} +a_1 &= +x_1 - X & +b_1 &= +y_1 - Y \\ -a_2 &= -x_2 - X & -b_2 &= -y_2 - Y \\ +a_3 &= +x_3 - X & +b_3 &= +y_3 - Y \\ -a_4 &= -x_4 - X & -b_4 &= -y_4 - Y \\ &\ldots\ldots\ldots & &\ldots\ldots\ldots \\ &\ldots\ldots\ldots & &\ldots\ldots\ldots \\ \pm a_n &= \pm x_n - X & \pm b_n &= \pm y_n - Y \end{aligned}$$

Dodając lewe i prawe części tych równań otrzymamy:

$$+a_1 - a_2 + a_3 - a_4 \ldots \pm a_n = +x_1 - x_2 + x_3 - x_4 + \ldots \pm x_n - n\,X$$
$$+b_1 - b_2 + a_3 - b_4 \ldots \pm a_n = +y_1 - y_2 + y_3 - y_4 + \ldots \pm y_n - n\,Y$$

Na podstawie równania *(a)* lewe części równe są zeru — skąd:

$$X = \frac{x_1 - x_2 + x_3 + \ldots \pm x_n}{n} = \frac{\Sigma x}{n} \ldots \quad (38)$$

$$Y = \frac{y_1 - y_2 + y_3 + \ldots \pm y_n}{n} = \frac{\Sigma y}{n} \ldots \quad (39)$$

t. j. *spółrzędne średniego punktu trafienia równają się algebraicznym sumom odpowiednich spółrzędnych punktów trafienia, podzielonym przez ich ilość.*

Naprz. w serji 12 strzałów, otrzymano następujące spółrzędne punktów trafienia:

względem osi x (metry)

$+1, +0{,}5 +2, -0{,}5, +1, -4, -1{,}5, +2, -1, +5, -2, +3{,}5,$

względem osi y (metry):

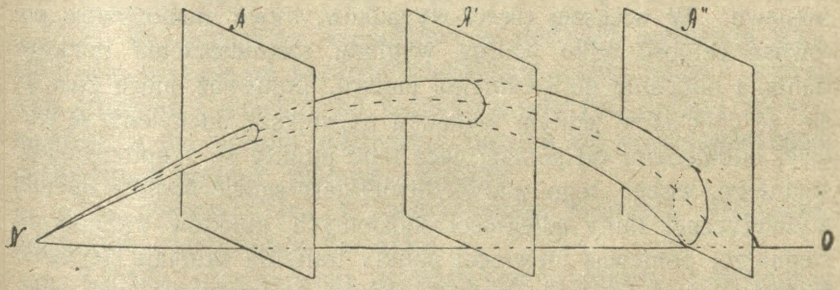
$+3, -2, +1{,}5, +2{,}4, -0{,}5, -1, +3, +0{,}6, -1{,}6, -0{,}5, +4,$

wówczas: $\Sigma x = +6$, skąd: $X = \frac{\Sigma x}{n} = \frac{6}{12} = +0{,}5$ metra

i $\Sigma y = +12$, skąd: $Y = \frac{\Sigma y}{n} = \frac{12}{12} = +1$ metr

t. j. średni punkt, rozsiew jest wprawo od środka tarczy o 0,5 metra i wyżej środka o 1 metr.

Przedstawmy sobie, że przy oddaniu serji strzałów postawiono szereg tarcz prostopadłych do płaszczyzny strzału (rys. 48).



Rys. 48.

Na wszystkich tarczach otrzymamy punkty trafienia rozmieszczone podobnie, lecz odległość między poszczególnemi punktami będzie tem większa im dalej tarcza stoi od działa. Jeśli na każdej z tarcz, określimy średni punkt trafienia i połączymy te punkty jedną krzywą linją, otrzymamy wówczas tor zwany **torem średnim.**

Średni tor będzie określony tem dokładniej im większą ilość strzałów oddamy, przyczem, ze zwiększeniem ilości strzałów, będzie się on zbliżał do teoretycznego toru stałego, który możemy otrzymać przy nieskończenie wielkiej ilości strzałów; ten tor teoretyczny będzie torem normalnym. (W praktyce, z oszczędno-

ści, przy określeniu średniego punktu trafienia ograniczają się do 10—15 strzałów, przyczem, w tym wypadku, środkowy punkt trafienia określają, wychodząc z założenia, że suma odchyleń pojedyńczych torów równa się O).

Doświadczenie pokazuje, że przy większej ilości strzałów punkty trafienia skupiają się około średniego nierównomiernie, gęściej w miarę zbliżenia się do średniego punktu. Oprócz tego, dla każdego danego wzoru działa przy różnych warunkach strzelania prawo rozsiewu pozostaje niezmienne, t. j. że wszystkie punkty trafienia rozsiewają się symetrycznie wokoło średniego, skupiając się w miarę zbliżenia do niego.

31. Pojęcie o celności broni. Miara rozsiewu pocisków. Wskutek działania wypadkowych przyczyn przy strzelaniu, punkty trafienia nie skupiają się na tarczy w jednym punkcie, lecz są mniej lub więcej rozrzucone; ta broń, która mniej rozsiewa punkty trafienia, t. j. która daje małe odchylenia od normalnego toru, daje możność celnego strzelania, a wobec tego broń mniej rozsiewająca punkty trafienia nazywa się bardziej celną i o celności broni sądzą z wielkości dawanego przez nią rozsiewu. W większej części wypadków, bywa niemożliwem porównać celność tylko podług wyglądu rozmieszczenia punktów trafienia odnośnie do średniego punktu, ponieważ może zdarzyć się, że chociaż w jednym wypadku największe odchylenia są bardziej oddalonemi od środka, lecz inne punkty są skupione około średniego, wobec tego sprawiedliwiej jest sądzić podług średniej arytmetycznej sumy odległości oddzielnych punktów trafienia od średniego, ponieważ im więcej punkty trafienia skupiają się około średniego, tem mniejszą będzie średnia arytmetyczna tych odległości.

W praktyce przyjmują nie same odchylenia punktów trafienia, lecz rzuty tych odchyleń na trzy wzajemnie prostopadłe osie xx', yy' i zz' przechodzące przez średni punkt trafienia. Nazywając współrzędne punktów trafienia 1, 2, 3, i t. d. przez: a_1, b_1, c_1, a_2, b_2, c_2, . . . i t. d. otrzymamy:

$$h_1 = \frac{a_1 + a_2 + \ldots + a_n}{n} = \frac{\Sigma a_n}{n} \quad \ldots \quad (40)$$

$$k_1 = \frac{b_1 + b_2 + \ldots + b_n}{n} = \frac{\Sigma b_n}{n} \quad \ldots \quad (41)$$

$$m_1 = \frac{c_1 + c_2 + \ldots + c_n}{n} = \frac{\Sigma c_n}{n} \quad \ldots \quad (42)$$

h_1 — nazywamy **przeciętnem odchyleniem wszerz,**
k_1 — nazywamy **przeciętnem odchyleniem wzwyż,**
m_1 — nazywamy **przeciętnem odchyleniem wzdłuż.**

Dla oceny stopnia rozsiewu punktów trafienia odnośnie do średniego punktu trafienia, oprócz wyżej wskazanego sposobu korzystają jeszcze z następnych:

1. Obliczają sumę kwadratów odchyleń, dzielą ją na ilość punktów trafienia mniej jedność i z dzielnej wyciągają pierwiastek kwadratowy t. j. znajdują:

przeciętne kwadratowe odchylenie wszerz:

$$h_2 = \sqrt{\frac{a_1^2 + a_2^2 + \ldots a_n^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\Sigma a_n^2}{n-1}} \quad . \quad (43)$$

przeciętne kwadratowe odchylenie wzwyż:

$$k_2 = \sqrt{\frac{b_1^2 + b_2^2 + \ldots b_n^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\Sigma b_n^2}{n-1}} \quad . \quad (44)$$

przeciętne kwadratowe odchylenie wzdłuż:

$$m_2 = \sqrt{\frac{c_1^2 + c_2^2 + \ldots c_n^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\Sigma c_{n2}}{n-1}} \quad . \quad (45)$$

2. Ze wszystkich wypadkowych odchyleń wybierają takie, które jest większe od każdego odchylenia jednej połowy wszystkich odchyleń i mniejsze od każdego z odchyleń drugiej połowy, wybrane w ten sposób odchylenie nazywa się **prawdopodobnem odchyleniem wszerz, wzwyż i wzdłuż.**

Dla pokazania jak w rzeczywistości obliczają odchylenia, rozwiążemy następujący przykład:

Z działa, przy zupełnie jednakowych warunkach, była oddana na 2000 metrów serja strzałów. Otrzymano następujące rezultaty:

Porządek strzałów	Spółrzędne poszczególnych punktów trafienia względem środka tarczy		
	metry		
	X_n	Y_n	Z_n
1	+4,0	—4,3	—2,3
2	—0,2	—1,4	—3,2
3	—1,0	—1,4	+4,0
4	0	+0,8	+2,0
5	—1,7	+5,9	+3,5
6	+1,5	+3,2	—4,0
7	—1,5	+3,7	+2,5
8	+1,5	+6,0	+5,5
9	+1,0	+3,3	+3,0
10	+1,6	+3,7	—1,0

Spółrzędne x i y średniego punktu trafienia odnośnie do środka toru będą: (wzory 38 i 39)

$$X = \frac{\Sigma x}{n} = \frac{2}{10} = +0{,}2 \text{ m.}$$

$$Y = \frac{\Sigma y}{n} = \frac{19{,}5}{10} = +1{,}95 \text{ m.}$$

$$Z = \frac{\Sigma z}{n} = \frac{10}{10} = +1 \text{ m.}$$

Odejmując od każdej spółrzędnej odpowiednio wielkości X, Y i Z, otrzymamy następujące spółrzędne poszczególnych punktów trafienia względem średniego punktu trafienia:

Porządek strzałów	Spółrzędne poszczególnych punktów trafienia względem średniego punktu trafienia		
	$a_n = x_n - X$	$b_n = y_n - Y$	$c_n = z_n - Z$
1	+ 3,8	— 6,25	— 3,3
2	— 0,4	— 3,35	— 4,2
3	— 1,2	— 3,35	+ 3,0
4	— 0,2	— 1,15	+ 1,0
5	— 1,9	+ 3,95	+ 2,5
6	+ 1,3	+ 1,25	— 5,0
7	— 1,7	+ 1,75	+ 1,5
8	+ 1,3	+ 4,05	+ 4,5
9	+ 0,8	+ 1,35	+ 2,0
10	— 1,8	+ 1,75	— 2,0

Przeciętne odchylenie wszerz:

$$h_1 = \frac{\Sigma\, a_n}{n} = \frac{14,4}{10} = 1,44$$

Przeciętne odchylenie wzwyż:

$$k_1 = \frac{\Sigma\, b_n}{n} = \frac{28,2}{10} = 2,82$$

Przeciętne odchylenie wzdłuż:

$$m_1 = \frac{\Sigma\, c_n}{n} = \frac{29}{10} = 2,9$$

Przeciętne kwadratowe odchylenie wszerz:

$$h_2 = \sqrt{\frac{\Sigma\, a_n^{\,2}}{n-1}} = 1,88$$

Przeciętne kwadratowe odchylenie wzwyż:

$$k_2 = \sqrt{\frac{\Sigma\, b_n^{\,2}}{n-1}} = 3,39$$

Przeciętne kwadratowe odchylenie wzdłuż:

$$m_2 = \sqrt{\frac{\Sigma\, c_n^{\,2}}{n-1}} = 3,32$$

By znaleść prawdopodobne odchylenia, ułożymy odchylenia punktów trafienia w porządku ich bezwzględnych wartości:

Spółrzędne poszczególnych punktów trafienia względem średniego punktu trafienia, ułożone w porządku ich bezwzględnych wartości		
a_n	b_n	c_n
0,2	1 15	1,0
0,4	1,25	1,5
0,8	1,35	2,0
1,2	1,75	2,0
1,3	1,75	2,5
1,3	3,35	3,0
1,7	3,35	3,3
1,8	3,95	4,2
1,9	4,05	4,5
3,8	6,25	5,0

Zgodnie z danym określeniem prawdopodobnego odchylenia wszerz, h_0 powinno być 1,3; wzwyż, k_0 przeciętne pomiędzy 1,75 i 3,35 t. j. 2,55; wzdłuż, m_0 przeciętne pomiędzy 2,5 i 3 t. j. 2,75.

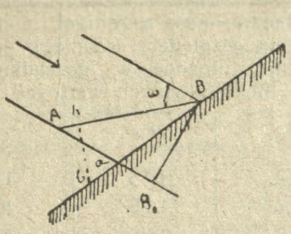
$$\begin{cases} h_0 = 0{,}67 \cdot 1{,}88 = 1{,}26 \\ k_0 = 0{,}67 \cdot 3{,}39 = 2{,}27 \\ m_0 = 0{,}67 \cdot 3{,}32 = 2{,}22 \end{cases}$$

Prawo rozsiewu jest niezmienne i przy strzelaniu rozpryskowem. Oznaczając rzuty punktów rozprysku na pionowej i poziomej płaszczyznach prostopadłych wzajemnie i do płaszczyzny strzału otrzymamy układ punktów rozprysków podobny do układu punktów trafienia przy strzelaniu uderzeniowem.

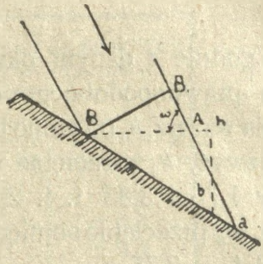
32. Porównanie sposobów dla określenia wielkości rozsiewu pocisków. Wybór jednego z trzech wyżej wskazanych sposobów dla określenia wielkości rozsiewu, zależy od wymaganego stopnia ścisłości oceny i od prostoty samych obliczeń. Przy znacznej ilości strzałów niema różnicy w ścisłości, czy będą obliczone przeciętne arytmetyczne czy przeciętne kwadratowe odchylenia. Lecz przy ograniczonej ilości strzałów bardziej ścisły rezultat otrzymamy jeśli o wielkości rozsiewu będziemy sądzili podług kwadratowych odchyleń. W rzeczywistości wielkości prawdopodobnych odchyleń nie określają się w ten sposób, lecz obliczają się na podstawie następującej zasady: przy nieskończenie wielkiej ilości strzałów stanowiących serję, prawdopodobne odchylenie stanowi 0,67 odchylenie kwadratowego lub 0,85 przeciętnego; obliczenie to z dostateczną dla praktyki ścisłością, możemy zastosować i do ograniczonej ilości strzałów.

33. Odchylenie prawdopodobne przy strzelaniu do celów na pochyłościach. Cele mogą być położone na pochyło-

ściach, wznoszących się od baterji (stok) (rys. 49) i na pochyłościach opadających (przeciw-stok) (rys. 50).



Rys. 49.



Rys. 50.

Odchylenie prawdopodobne będzie w pierwszym wypadku mniejsze, w drugim większe od odchylenia w płaszczyźnie poziomej. Dwa te odchylenia są między sobą w następującym stosunku:

$$aB = AB \cdot \beta \quad \ldots\ldots\ldots \quad (46)$$

β — jestto mnożnik pochyłości, — funkcja nachylenia terenu n i stromości toru ω w punkcie uderzenia.

Z rys. 49 i 50 mamy:

$$BB_1 = aB\ Sin\ (\omega + n) = AB\ Sin\ \omega$$

dla stoku

$$\beta = \frac{aB}{AB} = \frac{Sin\ \omega}{Sin\ (\omega + n)} \quad \ldots\ldots \quad (47)$$

dla przeciw stoku:

$$\beta = \frac{aB}{AB} = \frac{Sin\ \omega}{Sin\ (\omega - n)} \quad \ldots\ldots \quad (48)$$

Jeśli strzelają do płaszczyzny pionowej, którą możemy uważać za pochyłość, wznoszącą się pod kątem 90° — odchylenie prawdopodobne wzdłuż zamienia się przez odchylenie prawdopodobne wzwyż; wielkość tego ostatniego oblicza się z wzoru:

Odch. praw. wzwyż = odchyl. praw. wzdłuż $\times$ β, gdzie $\beta = tg\omega$

Dla obliczenia mnożnika pochyłości β posługują się niżej zamieszczonemi tabelkami o dwóch liczbach wchodzących: jedna stromość toru, druga nachylenie terenu w procentach lub stopniach.

Stok.

Stromość toru w punkcie trafienia	Spadzistość w % lub stopniach										
	1% 35′	3% $1^{03}/_{4}$	5% $2^{03}/_{4}$	10% $5^{3}/_{4}$	15% $8^{01}/_{2}$	20% $11^{01}/_{2}$	25% 14^{0}	30% $16^{03}/_{4}$	40% $21^{03}/_{4}$	50% $26^{01}/_{2}$	∞ 90^{0}
5 stopni	0,90	0,75	0,64	0,46	0,39	0,31	0,27	0,24	0,19	0,17	0,09
10 „	0,95	0,86	0,75	0,64	0,55	0,48	0,43	0,39	0,33	0,29	0,18
15 „	0,96	0,90	0,85	0,73	0,65	0,59	0,53	0,49	0,43	0,39	0,27
20 „	0,97	0,92	0,88	0,78	0,72	0,66	0,61	0,57	0,51	0,47	0,36
25 „	0,98	0,94	0,91	0,83	0,77	0,72	0,67	0,64	0,58	0,54	0,47
30 „	0,98	0,95	0,93	0,85	0,80	0,76	0,72	0,69	0,64	0,60	0,58
35 „	0,99	0,96	0,94	0,88	0,83	0,79	0,76	0,73	0,69	0,65	0,70
40 „	0,99	0,97	0,95	0,90	0,86	0,82	0,79	0,77	0,73	0,70	0,83
45 „	0,99	0,97	0,95	0,91	0,88	0,85	0,82	0,80	0,77	0,75	1,00
50 „	0,99	0,98	0,96	0,93	0,90	0,88	0,85	0,84	0,81	0,79	1,19
55 „	0,99	0,98	0,97	0,94	0,91	0,89	0,88	0,87	0,84	0,83	1,43
60 „	0,99	0,99	0,98	0,95	0,93	0,92	0,90	0,89	0,87	0,87	1,73
65 „	0,00	0,99	0,98	0,96	0,95	0,93	0,93	0,92	0,91	0,91	2,14
70 „	1,00	0,99	0,99	0,97	0,96	0,95	0,94	0,94	0,94	0,95	2,74
75 „	1,00	0,99	0,99	0,98	0,97	0,97	0,96	0,96	0,97	0,99	3,73
80 „	1,00	1,00	0,99	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	1,00	1,03	5,67

Przeciw-stok.

Stromość toru w punkcie trafienia	Spadzistość w % lub stopniach									
	1% 35′	3% $1^{03}/_{4}$	5% $2^{03}/_{4}$	10% $5^{03}/_{4}$	15% $8^{01}/_{2}$	20% $11^{01}/_{2}$	25% 14^{0}	30% $16^{03}/_{4}$	40% $21^{03}/_{4}$	50% $26^{01}/_{2}$
5 stopni	1,13	1,52	1,78							
10 „	1,06	1,21	1,39	2,38	6,70					
15 „	1,04	1,13	1,23	1,63	2,31	4,04	5,20			
20 „	1,03	1,09	1,16	1,39	1,73	2,26	3,26	5,90		
25 „	1,02	1,07	1,14	1,29	1,49	1,79	2,22	2,92	7,57	
30 „	1,02	1,06	1,09	1,22	1,36	1,56	1,81	2,16	3,51	8,35
35 „	1,01	1,05	1,08	1,18	1,28	1,49	1,60	1,82	2,51	3,91
40 „	1,01	1,04	1,07	1,14	1,23	1,34	1,47	1,63	2,06	2,77
45 „	1,01	1,03	1,05	1,12	1,19	1,28	1,37	1,49	1,79	2,24
50 „	1,01	1,03	1,05	1,10	1,16	1,23	1,30	1,40	1,62	1,93
55 „	1,01	1,02	1,04	1,06	1,13	1,19	1,25	1,32	1,50	1,72
60 „	1,01	1,02	1,03	1,06	1,12	1,15	1,20	1,27	1,40	1,57
65 „	1,00	1,01	1,03	1,05	1,09	1,12	1,17	1,22	1,32	1,47
70 „	1,00	1,01	1,02	1,04	1,07	1,10	1,13	1,17	1,26	1,37
75 „	1,00	1,01	1,02	1,04	1,05	1,08	1,11	1,14	1,20	1,25
80 „	1,00	1,01	1,01	1,03	1,04	1,06	1,08	1,10	1,16	1,23

Przykład 1. Przypuśćmy, że z działa 75 m/m strzelamy do celu oddalonego o 4000 metrów i położonego na przeciwstoku. Nachylenie terenu 5°. Stromość toru 15°. Określić wielkość prawdopodobnego odchylenia wzdłuż.

$$m'_0 = m_0 \beta$$

$$m'_0 = 14{,}7 \times 1{,}23 = 18{,}081 \text{ metra.}$$

Przykład 2. Przypuśćmy, że z działa 75 m/m strzelamy do celu oddalonego o 800 metrów i położonego na stoku. Nachylenie terenu 25°. Stromość toru 30°. Określić wielkość prawdopodobnego odchylenia wzdłuż.

$$m'_0 = m_0 \beta$$

$$m'_0 = 38{,}6 \times 0{,}72 = 27{,}792 \text{ metra.}$$

34. Prawdopodobne odchylenia teoretyczne i praktyczne. Odchylenia prawdopodobne są obliczane przy pomocy wzorów balistycznych na specjalnych strzelnicach i umieszczone w tabelach strzelniczych. Przy strzelaniu praktycznem, zwłaszcza bojowem, gdy dokładność strzelania znacznie się zmniejsza, odchylenia rzeczywiste są znacznie większe niż odchylenia prawdopodobne. Wobec tego, odchylenie prawdopodobne podane w tabelach strzelniczych nazywamy **odchyleniem prawdopodobnem teoretycznem** *), a odchylenie rzeczywiste, półtora raza większe od teoretycznego — **odchyleniem prawdopodobnem praktycznem.**

35. Strefa bezpieczeństwa. Przy strzelaniu w pobliżu swoich wojsk, należy zwracać baczną uwagę na rozsiew pocisków i dążyć do odsunięcia średniego punktu trafienia od własnych linji.

Szerokość strefy zależy od dokładności strzelania. Waha się ona zwykle od 4 do 6 odchyleń prawdopodobnych wzdłuż, ew. wszerz, zależnie od dokładności strzelania i rodzaju pocisków. Przy szrapnelach może być węższą, przy granatach, przez wzgląd na odłamki, powinna być szerszą. Kształt terenu i osłony celu mają również znaczny wpływ na szerokość strefy bezpieczeństwa.

36. Procent trafienia i prawdopodobieństwo trafienia. Przy strzelaniu do tarczy, w możliwie jednakowych warunkach, wskutek rozsiewu, może trafić tylko część pocisków i w tym wypadku, *stosunek procentowy ilości pocisków, które trafiły, do*

*) Mówiąc o odchyleniu prawdopodobnem teoretycznem będziemy je nazywać nadal odchyleniem prawdopodobnem.

ilości wszystkich pocisków, da procent trafienia. Naprz. oddano 80 strzałów, trafiło 16 — procent trafienia $^{16}/_{80} . 100 = 20\%$.

W ten sposób procent trafienia określa się na podstawie rezultatów strzelania. Lecz w praktyce, ważnem jest mieć możność określenia, przed samem strzelaniem, na jaki procent trafienia możemy liczyć.

Teorja prawdopodobieństwa daje możność obliczenia stosunku ilości pocisków, które trafią do tarczy określonego wymiaru, do ilości wszystkich wystrzelonych pocisków. Jest to stosunek, na podstawie którego możemy obliczać, przypuszczając, że ilość oddanych strzałów jest nieskończenie wielka; stosunek ten nazywają **prawdopodobieństwem trafienia.** Prawdopodobieństwo trafienia jest to ułamek, który będzie 0 — gdy żaden pocisk nie trafi w tarczę i 1 gdy wszystkie pociski w tarczę trafią.

Podobnie jak dla określenia procentu trafienia z bezpośredniego doświadczenia, prawdopodobieństwo trafienia wyrażają w procentach, mnożąc otrzymamy ułamek przez 100.

37. Zasady teorji prawdopodobieństwa*). Przypuśćmy, że z urny zawierającej 30 kul białych i 30 czarnych powinniśmy wyjąć jedną kulę; powiemy wówczas, że wyjęcie kuli białej lub czarnej jest jednakowo prawdopodobne.

Jeśli w urnie byłoby 60 kul białych i 5 czarnych, powiemy, że wyjęcie kuli białej jest prawdopodobniejsze niż wyjęcie czarnej.

Przykłady te wskazują na stopniowanie prawdopodobieństwa, że jedno prawdopodobieństwo może być większe, drugie mniejsze, lub obydwa mogą być równe.

Przez prawdopodobieństwo matematyczne zdarzenia, rozumiemy stosunek ilości wypadków, sprzyjających zdarzeniu, do ilości wypadków jednakowo możliwych, z których jeden powinien nastąpić.

Przykład. Z urny zawierającej 20 kul białych i 80 czarnych mamy wyjąć jedną kulę. Jakie jest prawdopodobieństwo, że wyjmiemy 1) kulę białą, 2) kulę czarną?

Możliwych wypadków, z których jeden powinien nastąpić jest 100, ponieważ możemy jednakowo dobrze wyjąć jakąkolwiek ze 100 kul. By wszystkie wypadki były jednakowo możliwe, powinny wszystkie kule być jednakowo ciężkie, wielkie i należycie zmieszane.

1) Wypadków sprzyjających zdarzeniu jest 20.
Prawdopodobieństwo więc wyjęcia kuli białej wynosi:

$$\frac{20}{100} = \frac{1}{5}$$

2) Wypadków sprzyjających zdarzeniu jest 80.
Prawdopodobieństwo więc wyjęcia kuli czarnej wynosi:

$$\frac{80}{100} = \frac{4}{5}$$

---

*) Redakcja Prof. B. Lebiedzińskiego.

Jeżeli więc możliwych wypadków jest m, a S sprzyjających pewnemu zdarzeniu, prawdopodobieństwo p tego zdarzenia wynosi:

$$p = \frac{S}{m} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (a)$$

Ponieważ ilość wypadków sprzyjających zdarzeniu nie może być większa od ilości wypadków możliwych, więc prawdopodobieństwo p jest zawsze ułamkiem nie większym od jedności, t. j.

$$0 \leq p \leq 1$$

Graniczna wartość 1, wypada dla p, gdy $S = m$, t. j. że wszystkie możliwe wypadki sprzyjają zdarzeniu; $p = 1$ oznacza zatem *pewność*, że dane zdarzenie nastąpi.

Graniczna wartość 0, wypada dla p, gdy $S = 0$ t. j. gdy niema wogóle wypadku sprzyjającego zdarzeniu; $p = 0$ oznacza zatem *niemożliwość* zdarzenia.

Prawdopodobieństwo p_1, że zdarzenie jakieś nie nastąpi, nazywamy *prawdopodobieństwem przeciwnem* do prawdopodobieństwa p. Suma prawdopodobieństwa zdarzenia i prawdopodobieństwa przeciwnego tegoż zdarzenia wynosi 1.

$$p + p_1 = 1 \text{ czyli } p_1 = 1 - p$$

Prawo wielkich liczb (twierdzenie Bernoulli). Jeśli wykonamy znaczną ilość prób, przy których zdarzenie może wypaść, wówczas stosunek ilości prób, przy których zdarzenie to oczywiście wypada, do ilości wszystkich prób tem więcej zbliża się do prawdopodobieństwa matematycznego p, tego zdarzenia, im więcej prób wykonamy. Na powyższem polega prawo wielkich liczb Bernoulli.

Przykład. Jakie jest prawdopodobieństwo, że wyrzucimy dwiema kostkami sumę 9 oczek?

Możliwych wypadków jest: $6 \times 6 = 36$.

Sprzyjają zdarzeniu następujące rzuty:

1 kostka	3	4	5	6
2 kostka	6	5	4	3

Sprzyjających wypadków jest więc 4.

Prawdopodobieństwo, że dwiema kostkami wyrzucimy 9 oczek wynosi

$$p = \frac{4}{36} = \frac{1}{9}$$

Nie należy tego rozumieć, że za każdym 9 rzutem powinna wypaść suma oczek 9. Może ona wypaść kilka razy z rzędu, albo w bardzo wielu rzutach wcale nie wypadnie. Wykonując znaczną ilość rzutów, stwierdzimy, że stosunek ilości wypadków, w których otrzymamy sumę oczek 9, do ilości wszystkich rzutów, tem mniej różni się od 1/9, im więcej rzutów wykonamy.

Prawdopodobieństwo teoretyczne doświadczalne. We wszystkich przytoczonych przykładach mogliśmy obliczyć ściśle, z góry, ilość wypadków sprzyjających zdarzeniu, a więc i podać prawdopodobieństwo zdarzenia. Prawdopo-

dobieństwo obliczone w ten sposób, nazywamy *prawdopodobieństwem teoretycznem*, czyli *prawdopodobieństwem „a priori"*. Jeśli nie możemy ściśle obliczyć ilości wypadków możliwych, używamy wówczas do obliczenia prawdopodobieństwa metody doświadczalnej. Prawdopodobieństwo obliczone w ten sposób, nazywamy *prawdopodobieństwem doświadczalnem czyli prawdopodobieństwem „a posteriori"*,

Metoda doświadczalna obliczenia prawdopodobieństwa polega na tem, że korzystając z prawa wielkich liczb (raczej z jego odwrócenia) możemy drogą doświadczalną znaleźć w przybliżeniu prawdopodobieństwo jakiegoś zdarzenia. Np. określić jakie jest prawdopodobieństwo wyrzucenia dwiema kostkami sumy 9 oczek? Wykonujemy wielką ilość rzutów np. 20000 i liczymy ile razy wyrzuciliśmy sumę 9 oczek—np. 2160 razy. Prawdopodobieństwo poszukiwane, według prawa wielkich liczb wynosi w przybliżeniu:

$$\frac{2160}{20000} = 0{,}10815$$

To samo prawdopodobieństwo obliczone dokładnie, wynosi:

$$\frac{1}{9} = 0{,}11111$$

Błąd wynosi zatem zaledwie 0,00296, a więc mniej niż 3% prawdziwej wartości.

Prawdopodobieństwo kilku zdarzeń. 1) Przypuśćmy, że urna zawiera 25 kul czerwonych, 30 zielonych, 15 niebieskich, 20 białych i 10 czarnych. Jakie jest prawdopodobieństwo wyjęcia knli barwnej: czerwonej, zielonej lub niebieskiej?

Sprzyjających wypadków jest:

$$25 + 30 + 15$$

możliwych wypadków jest:

$$25 + 30 + 15 + 20 + 10 = 100.$$

Prawdopodobieństwo poszukiwane wynosi:

$$\frac{25 + 30 + 15}{100} = \frac{25}{100} + \frac{30}{100} + \frac{15}{100}$$

Ze składników ostatniej sumy, $\frac{25}{100}$ oznacza prawdopodobieństwo wyjęcia kuli czerwonej, $\frac{30}{100}$ prawdopodobieństwo wyjęcia kuli zielonej i $\frac{15}{100}$ prawdopodobieństwo wyjęcia kuli niebieskiej. Z przykładu tego wynika następujące twierdzenie, o sumie prawdopodobieństw: *prawdopodobieństwo, że z kilku, jednakowo możliwych, lecz wykluczających się wzajemnie zdarzeń, nastąpi albo pierwsze, albo drugie, albo trzecie, równa się sumie prawdopodobieństw każdego z tych zdarzeń z osobna.* Prawdopodobieństwo takie nazywać będziemy *prawdopodobieństwem względnem*, lub *prawdopodobieństwem „albo — albo"*. Ostatnie twierdzenie możemy wyrazić: *prawdopodobieństwo „albo — albo" równa się sumie prawdopodobieństw każdego zdarzenia z osobna.*

2) przypuśćmy, że dwie urny zawierają po 25 kul czerwonych, 30 zielonych, 15 niebieskich, 20 czarnych. Jakie jest prawdopodobieństwo jednoczesnego wyjęcia kuli białej z jednej urny i kuli czarnej z drugiej?

Możliwych wypadków jest: $100^2 = 10.000$.

Wypadków sprzyjających jest: $20 \cdot 10 = 200$ ponieważ możemy wyjąć każdą z 20 kul białych z jednej urny, a każdą z 10 kul czarnych z drugiej. Prawdopodobieństwo, że kula wyjęta z pierwszej urny będzie biała, a kula z drugiej czarna, wynosi:

$$p = \frac{20.10}{10.000} = \frac{1}{50}$$

Ponieważ prawdopodobieństwo wyjęcia z pierwszej urny białej kuli wynosi:

$$p_1 = \frac{20}{100} = \frac{1}{5},$$

a prawdopodobieństwo wyjęcia z drugiej urny czarnej kuli wynosi:

$$p_2 = \frac{10}{100} = \frac{1}{10}$$

prawdopodobieństwo więc wyjęcia jednoczesnego białej kuli z pierwszej urny i czarnej z drugiej wynosi:

$$p = \frac{20.10}{100^2} = \frac{20}{100} \times \frac{10}{100} = p_1 p_2 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (b)$$

Z przykładu tego wynika następujące twierdzenie o iloczynie prawdopodobieństwa: *prawdopodobieństwo jednoczesnego ukazania się dwóch niezależnych między sobą zdarzeń, równa się iloczynowi z prawdopodobieństw tych zdarzeń,*

Prawdopodobieństwo takie nazywamy *złożonem,* albo *prawdopodobieństwem „i — i".* Ostatnie twierdzenie możemy wyrazić: *prawdopodobieństwo „i — i" równa się iloczynowi prawdopodobieństw każdego zdarzenia z osobna.*

3) *Jeśli p, oznacza prawdopodobieństwo jakiegoś zdarzenia, prawdopodobieństwo, że zdarzenie to powtórzy się po sobie n razy wynosi p^n, o ile prawdopodobieństwo pojawienia się zdarzenia po raz drugi nie zależy od tego czy zdarzenie za pierwszym razem pojawiło się czy nie.*

4) Prawdopodobieństwo, że raczej nastąpi zdarzenie, którego prawdopodobieństwo jest p_1, niż zdarzenie, którego prawdopodobieństwo jest p_2 jest:

$$p = \frac{p_1}{p_1 + p_2}$$

Prawdopodobieństwo takie nazywamy *prawdopodobieństwem względnem lub prawdopodobieństwem „raczej — niż".*

ROZDZIAŁ II.

Prawdopodobieństwo trafienia do celów prostokątnych.

38. Określenie prawdopodobieństwa trafienia do nieskończenie długiego pasa. Niezależnie od tego, że wypadkowe odchylenia pocisków ukazują się bez żadnego określonego porządku, jednakowoż w całokształcie swoim podlegają one pewnym prawom, które usprawiedliwiają się w praktyce tem bardziej, im większa ilość strzałów jest w serji.

Prawa te są następujące:

1. Wypadkowe odchylenia podlegają jednakowemu prawu, we wszystkich płaszczyznach t. j. czy w pionowej, poziomej lub pochyłej płaszczyźnie — prawo rozsiewu pozostaje niezmiennem.

2. Ściśle biorąc, wypadkowe odchylenia mogą mieć jakąkolwiek wielkość (podług teorji prawdopodobieństwa nawet nieskończenie wielką), lecz prawdopodobieństwo otrzymania takich odchyleń jest nieznaczne (nieskończenie małe), i wobec tego, w rzeczywistości, możemy przyjąć, że dla każdej serji strzałów istnieje odrębna granica, której odchylenia nie przekraczają. Jeśli wielkość tego największego odchylenia jest S, i jeśli przyjąć odchylenia po jednej stronie jakiejkolwiek osi, przeprowadzonej przez średni punkt trafienia za odchylenia dodatnie, a po przeciwnej stronie za ujemne, wówczas wszystkie dodatnie odchylenia będą zawarte między O i $+ S$, a wszystkie ujemne między O i $- S$; wogóle największa różnica odchyleń będzie równać się $2 S$.

3. Między największą dodatnią i ujemną granicą wypadkowe odchylenia mogą przyjmować wszelkie znaczenia.

4. Ponieważ nie mamy żadnego powodu przypuszczać, że odchylenia prędzej się zdarzą w jedną stronę niż w drugą, więc dodatnie i ujemne odchylenia równe co do wielkości — są równie prawdopodobne.

5. Ponieważ przypuszcza się, że strzelanie odbywa się z największą staranności ą i dokładnością, więc mniejsze odchylenia są bardziej prawdopodobne niż większe.

Na podstawie tych przypuszczeń teorja prawdopodobieństwa daje możność określić jaka część z ilości wszystkich wypadkowych

odchyleń nie przekroczy danej granicy, wyrażonej w prawdopodobnych odchyleniach. Dane dla tych granic różniących się o 0,5 r_0 są umieszczone w następującej tabeli (r_0 — odchylenie prawdopodobne):

TABELA 1.

Zadane granice odchyleń	Jaka część ilości wszystkich wypadkowych odchyleń zawiera się w danych granicach
Między 0 i $0{,}5r_0$	Zawiera się 0,264 część
„ 0 i $1{,}0r_0$	„ „ 0,500 „
„ 0 i $1{,}5r_0$	„ „ 0,688 „
„ 0 i $2{,}0r_0$	„ „ 0,823 „
„ 0 i $2{,}5r_0$	„ „ 0,908 „
„ 0 i $3{,}0r_0$	„ „ 0,957 „
„ 0 i $3{,}5r_0$	„ „ 0,982 „
„ 0 i $4{,}0r_0$	„ „ 0,993 „
„ 0 i $4{,}5r_0$	„ „ 0,998 „
„ 0 i $5{,}0r_0$	„ „ 0,999 „

Dla objaśnienia tabeli 1 przypuśćmy, że z działa, dla którego jest wiadomem naprzykład prawdopodobne odchylenie wszerz $r_0 = h_0 = 0{,}52$ metra, mają zamiar oddać serję strzałów przy tychże warunkach, przy których określono to odchylenie. Wówczas na podstawie tabeli 1-ej możemy zawczasu powiedzieć, że jeśli odchylenia będą mierzone w kierunku poziomym od pionowej osi przechodzącej przez średni punkt trafienia, to mniej więcej ze wszystkich odchyleń:

0,264 część będzie nie większa od $0{,}5\ h_0 = 0{,}5 \cdot 0{,}52 = 0{,}26$ m.
0,500 „ „ „ „ „ $1{,}0\ h_0 = 1{,}0 \cdot 0{,}52 = 0{,}52$ m.
0,688 „ „ „ „ „ $1{,}5\ h_0 = 1{,}5 \cdot 0{,}52 = 0{,}78$ m.
i t. d.

Ponieważ, 0,999 część wszystkich odchyleń będzie nie większa od $5{,}0\ h_0 = 5{,}0 \cdot 0{,}52 = 2{,}6$ metra, wobec tego, tylko 0,001 część będzie większą od 2,6 metra.

Jeśli odchylenia odliczamy od jakiejkolwiek osi, przechodzącej przez średni punkt trafienia, wówczas odpowiednio do punktu 4-go, z ilości wszystkich odchyleń zawierających się w danych granicach, połowa będzie wprawo od tej osi i połowa wlewo od niej, wobec tego z 0,264 części wszystkich odchyleń nie przekraczających co do wielkości $0{,}5\ r_0$, 0,132 część będzie z jednej i 0,132 część z drugiej strony: tak samo z 0,5 części

odchyleń nie przekraczających 1,0 r_0, 0,250 część będzie z jednej strony i 0,250 część z drugiej i t. d.

Posiadając dane tabeli 1-ej, możemy określić prawdopodobieństwo trafienia do nieskończenia długiego pasa, którego środek zlewa się ze średnim punktem trafienia. Rzeczywiście, przypuśćmy, że przez średni punkt trafienia przechodzi oś prostopadła do kierunku wiadomego odchylenia r_0. Jeśli równolegle od tej osi przeprowadzić dwie nieskończenie długie linje w odległości 0,5 r_0, wówczas, zgodnie z tabelą 1, zawczasu możemy powiedzieć, że 0,132 część wszystkich punktów trafienia będzie w jednym pasie i 0,132 część w drugim, symetrycznym do pierwszego. Wobec tego, że przy strzelaniu do nieskończenie długiego pasa szerokości 1 r_0, w środku którego znajduje się średni punkt trafienia, trafi 0,264 część wszystkich pocisków, t. j. prawdopodobieństwo trafienia p do tego pasa jest 0,264. Również, jeśli pasy znajdują się w odległości 1 r_0, t. j. jeśli pas jest szerokości 2 r_0 to w ten pas trafi 0,500 część wszystkich pocisków i wobec tego, prawdopodobieństwo trafienia do niej będzie 0,500. W podobny sposób możemy znaleść prawdopodobieństwo trafienia do innych pasów, których szerokość wyraża się w częściach odnośnego prawdopodobnego odchylenia.

Oznaczając bezwzględną szerokość pasa przez A, szerokość jego w jednostkach prawdopodobnego odchylenia przez m

mamy: przy $\frac{A}{r_0} = m = 1 \quad p = 0{,}264$

„ $\frac{A}{r_0} = m = 2 \quad p = 0{,}500$

i t. d.

W sposób podobny ułożono tabelę 2-ą prawdopodobieństwa trafienia p do nieskończenie długiego pasa szerokości $A = mr_0$ gdzie r_0 jest prawdopodobne odchylenie pocisków wszerz, pod warunkiem, że średni punkt trafienia znajduje się w środku szerokości pasa.

Jako przykład przypuśćmy, że dla 270 m/m haubicy przy strzelaniu na 8,000 metrów trzeba określić procent trafienia: 1) do pionowego nieskończenie długiego pasa szerokości 50 metrów i 2) do poziomego nieskończenie długiego pasa szerokości 100 metrów, pod warunkiem, że średni punkt trafienia znajduje się w środku pasów.

TABELA 2.

$m = \frac{A}{r_0}$	p
1	0,264
2	0,500
3	0,688
4	0,823
5	0,908
6	0,957
7	0,982
8	0,993
9	0,998
10	0,999

Przy danych warunkach z tabel strzelniczych mamy: odchylenie prawdopodobne wszerz = 5,6 metra, odchylenie prawdopodobne wzdłuż = 20,3 metra:

Dla pierwszego założenia: $m = \frac{A}{r_0} = \frac{50}{5,6} = 8,9$

prawdopodobieństwo trafienia: $p = 0,997$

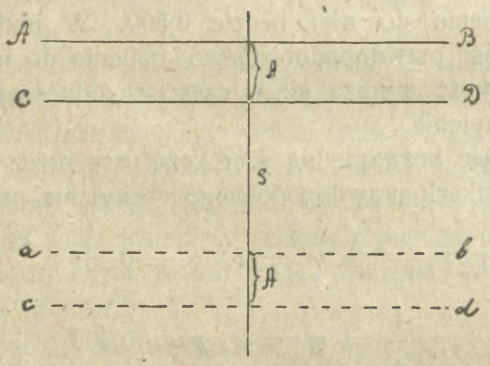
czyli procent trafienia: $p^0/_0 = 99,7^0/_0$

Dla drugiego założenia: $m = \frac{A}{r_0} = \frac{100}{20,3} = 4,9$

prawdopodobieństwo trafienia: $p = 0,889$

czyli procent trafienia: $p^0/_0 = 88,9^0/_0$.

Jeśli średni punkt trafienia nie leży w samym pasie nieskończenie długim lecz poza tym pasem, obliczamy prawdopodobieństwo trafienia w sposób następujący:



Rys. 51.

Przypuśćmy, że mamy pas nieskończonej długości $ABCD$ (rys. 51), szerokości A — kreślimy symetrycznie do średniego punktu trafienia S proste ab i cd równoległe do AB i CD.

Określamy dalej prawdopodobieństwo trafienia p do pasa $ABcd$ i prawdopodobieństwo trafienia p' do pasa $CDab$. Różnica tych prawdopodobieństw $p - p'$ będzie prawdopodobieństwem trafienia do pasów $ABCD$ i $abcd$.

Wobec tego prawdopodobieństwo trafienia do pasa $ABCD$ będzie:

$$\frac{p - p'}{2}$$

39. Największe wypadkowe odchylenie pocisków od średniego punktu trafienia. Z tabelki 2-giej widzimy, że, jeśli od średniego punktu trafienia odłożymy po cztery prawdopodobne odchylenia w obydwie strony i przedstawimy pas szerokości 8 prawdopodobnych odchyleń, wówczas prawdopodobieństwo trafienia do tego pasa będzie 0,993, t. j. 0,007 całej ilości pocisków upadnie poza tym pasem.

Wziąwszy od średniego punktu trafienia po 5 prawdopodobnych odchyleń w obydwie strony, my również nie ujmiemy w ten pas wszystkich pocisków: prawdopodobieństwo trafienia do tego pasa będzie 0,999, t. j. 0,001 całej ilości pocisków padnie poza tym pasem. Wobec tego chociażbyśmy dowolnie zwiększali szerokość pasa, zawsze będzie istnieć pewne, bardzo małe, prawdopodobieństwo, że pociski będą padały poza pasem.

Wobec tego, największego odchylenia ściśle określić nie możemy. Dla praktyki możemy przyjąć pewną zupełnie określoną wielkość jako największe odchylenie. W artylerji jako największe odchylenie przyjmują 4 prawdopodobne odchylenia.

Wobec tego nazywając największe odchylenie przez S otrzymamy:

$$S = 4\,r_0$$

40. Ilościowy podział punktów trafienia w pasach, zależnie od ich oddalenia od średniego punktu trafienia. Rozdzielimy nieskończenie długą tarczę po obydwóch stronach średniego punktu trafienia, na pasy szerokości 0,5 i rozpatrzymy podział punktów trafienia jeśli ilość tych punktów równa się 1000.

Zgodnie z tabelą 1-szą z 1000 punktów trafienia 264 będą w pasach 1 i 1′, po 192 punkty trafienia w każdym pasie. W pasach 1, 2 i 1′, 2′ będzie 500 punktów trafienia, wobec tego w pasach 2 i 2′ będzie $500 - 264 = 236$ czyli po 118 w każdym i t. d.

Odpowiednio do powyższego, podobny ilościowy podział punktów trafienia pozostaje sprawiedliwym dla wszelkich nieskończenie długich pasów, gdy prawdopodobne odchylenie bierze się prostopadle do ich długości.

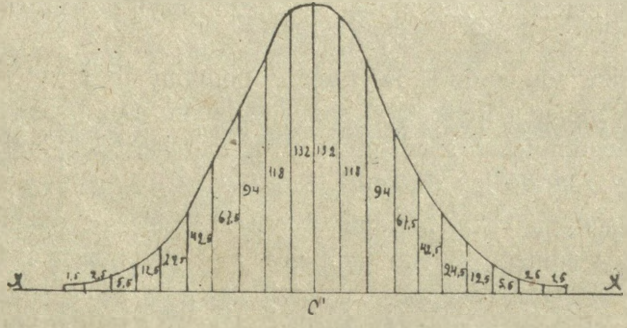
Podział punktów trafienia w pasach, zależnie od oddalenia pasów od średniego punktu trafienia możemy przedstawić przez wykres. W tym celu na osi poziomej x będziemy odmierzać (rys. 52) wielkości szerokości pasów. Oznaczając położenia średniego punktu trafienia O' na osi będziemy odmierzali od niego

TABELA 3.

Ilościowego podziału punktów trafienia w pasach, zależnie od ich oddalenia od średniego punktu.

Oddalenie najbliższego skraju pasa od średniego punktu trafienia	Ilość punktów trafionych w dwóch pasach symetrycznie położonych względem średn. punktu trafienia	Ilość punktów trafienia w każdym oddzielnym pasie	%
$0r_0$	264	132	25
$0{,}5r_0$	236	118	
$1{,}0r_0$	188	94	16,35
$1{,}5r_0$	135	$67^1/_2$	
$2{,}0r_0$	85	$42^1/_2$	6,70
$2{,}5r_0$	49	$24^1/_2$	
$3{,}0r_0$	25	$12^1/_2$	1,80
$3{,}5r_0$	11	$5^1/_2$	
$4{,}0r_0$	5	$2^1/_2$	0,3
$4{,}5r^0$	1	$^1/_2$	

w obydwie strony, w skali dowolnej, równe wielkości, odpowiadające szerokościom pasów wyrażonym w prawdopodobnych odchyleniach. W tym wypadku odłożymy w obydwie strony od średniego punktu po 10 równych części, z których każda będzie przedstawiać sobą szerokość pasa równą $0{,}5\,r_0$. Ze środków pasów wystawimy prostopadłe, wzdłuż których odłożymy wielkości proporcjonalne do prawdopodobieństw trafienia do pasów, t. j. w danym wypadku wielkości proporcjonalne do liczb rubryki 3-ciej tabeli 3-ciej, 132, 118, 94 i t. d. Przez otrzymane na prostopadłych punkty przeprowadzimy krzywą linję, która przedstawi



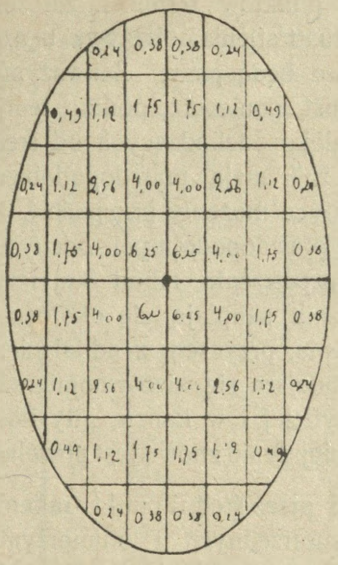
Rys. 52.

nam graficznie prawo rozmieszczenia punktów trafienia, zależnie od ich oddalenia od średniego punktu trafienia. Krzywa będzie wykreśloną tem dokładniej im węższe będą pasy. Zauważymy, że krzywa ta nigdy nie dochodzi do osi, ponieważ, podług teorji, odchylenia pocisków w granicach, daleko odchodzących od średniego punktu trafienia są możliwe, t. j. mają prawdopodobieństwo różniące się od zera, lecz w praktyce możemy przypuścić, że krzywa spotyka oś X w odległości 5 prawdopodobnych odchyleń od średniego punktu trafienia. Z rozpatrzenia tabeli 3-ej i rysunku 52, widzimy, że punkty trafienia skupiają się około osi, przechodzącej przez średni punkt trafienia, przyczem z oddaleniem od tej osi ilość punktów trafienia zmniejsza się nierównomiernie, początkowo wolniej, potem coraz szybciej i w końcu, gdy ilość punktów trafienia jest bardzo mała, zmniejszenie znowu jest powolne.

41. Prostokąt rozsiewu. Jeśli przez średni punkt trafienia przeprowadzimy prostokątne osie współrzędnych i odmierzymy na tych osiach po cztery prawdopodobne odchylenia po obydwie

1,5 %	7 %	16 %	25 %	25 %	16 %	7 %	1,5 %	
0,02	0,10	0,24	0,38	0,38	0,24	0,10	0,02	1,5 %
0,10	0,49	1,12	1,75	1,75	1,12	0,49	0,10	7 %
0,24	1,12	2,56	4,00	4,00	2,56	1,12	0,24	16 %
0,38	1,75	4,00	6,25	6,25	4,00	1,75	0,38	25 %
0,38	1,75	4,00	6,25	6,25	4,00	1,75	0,38	25 %
0,24	1,12	2,56	4,00	4,00	2,56	1,12	0,24	16 %
0,10	0,49	1,12	1,75	1,75	1,12	0,49	0,10	7 %
0,02	0,10	0,24	0,38	0,38	0,24	0,10	0,02	1,5 %

Rys. 53.



Rys. 54.

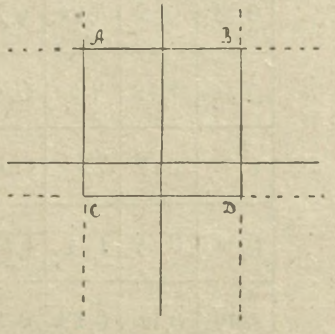
strony średniego punktu trafienia i przeprowadzimy przez odmierzone punkty linje równoległe do osi współrzędnych, podzielimy tem całą powierzchnię, na której są rozsiane punkty trafienia na 8 pasów poziomych i 8 pasów pionowych.

Przestrzeń zawarta w tych granicach nazywa się prostokątem rozsiewu.

Doświadczenie pokazuje, że przy nieskończenie wielkiej ilości strzałów, punkty trafienia rozłożą się zawsze w stosunku procentowym, jak wskazano na rysunku 53. Czasami prostokąt ten przedstawiają w kształcie elipsy (rys. 54).

Rubryka czwarta tabeli 3-ej przedstawia procenty trafienia do poszczególnych pasów. W praktyce, procenty te są zaokrąglone jak wskazano na rys. 53.

42. Określenie prawdopodobieństwa trafienia do celów prostokątnych, których środek zlewa się lub nie ze średnim punktem trafienia. Na podstawie wyżej wskazanych praw rozmieszczenia punktów trafienia na tarczy, możemy określić prawdopodobieństwo trafienia do tarczy określonych wymiarów naprz. do tarczy *ABCD* (rys. 55), którą możemy uważać za przecięcie się dwóch wzajemnie prostopadłych pasów, przyczem szerokość jednego *AB*, drugiego *AC*.



Rys. 55.

Ponieważ prostokąt ten zajmuje tylko część poziomego lub też pionowego pasa, więc prawdopodobieństwo trafienia do niego stanowi pewną tylko część prawdopodobieństwa trafienia jak do jednego tak i do drugiego pasa *). Przypuść-

*) Twierdzenie 2-gie teorji prawdopodobieństwa głosi: prawdopodobieństwo ukazania się jednoczesnego dwóch niezależnych od siebie zdarzeń równa się iloczynowi prawdopodobieństw z tych zdarzeń.

my, że szerokość tarczy w kierunku poziomym jest taką, że trafi do niej 80% pocisków, szerokość w kierunku pionowym taką, że trafi do niej 50%. W danym wypadku możemy uważać tę tarczę jako część pionowego pasa, w którą trafi 80% pocisków i od którego odcięto 50% i ponieważ do całego pionowego pasa trafia 80%, wówczas procent trafienia do danej tarczy będzie 50% od 80% czyli 40%.

Celem ułatwienia określenia prawdopodobieństwa trafienia (lub procentu trafienia) do tarcz określonych wymiarów, są ułożone tabele prawdopodobieństwa trafienia pocisków do prostokątnego celu, którego środek zlewa się ze średnim punktem trafienia.

Tabela prawdopodobieństwa trafienia pocisków do prostokąta, którego środek zlewa się ze średnim punktem trafienia.

Stosunek jednej ze stron prostokąta do prawdopodobnego odchylenia										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	∞
1	0,107	0,132	0.182	0,217	0 240	0,253	0,259	0,262	0,263	0,264
2	0,132	0 250	0,344	0,412	0,454	0,479	0,491	0,497	0,499	0,500
3	0,182	0,344	0,473	0 556	0,625	0,658	0 676	0,683	0,687	0,683
4	0,217	0,412	0,566	0,677	0,747	0,788	0,808	0,817	0,821	0,823
5	0,240	0,454	0,625	0,747	0,824	0,869	0,892	0,902	0,906	0,908
6	0,253	0,479	0,658	0,788	0,869	0 916	0,940	0,950	0,955	0,957
7	0 259	0,491	0,676	0,808	0,892	0,940	0,964	0,975	0,979	0,982
8	0,262	0,497	0,683	0,817	0 902	0,950	0,975	0,986	0 991	0,993
9	0,263	0,499	0 687	0,821	0,906	0,955	0,979	0,991	0,995	0 998
∞	0,264	0,500	0,688	0,823	0,908	0,957	0,982	0,993	0,998	1,000

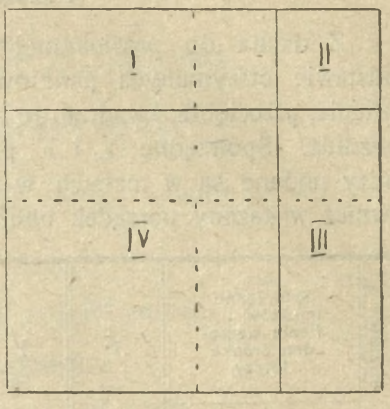
Tabela powyższa posiada dwie wchodzące rubryki: pionową i poziomą — każda z nich zawiera ilościowy stosunek szerokości nieskończenie długiego pasa do prawdopodobnego odchylenia. Na przecięciu się tych rubryk są wypisane odpowiednie prawdopodobieństwa trafienia (lub procenty trafienia). Jako przykład, przypuśćmy, że trzeba określić prawdopodobieństwo trafienia do pionowej prostokątnej tarczy, której wysokość 10 metrów, szerokość 15 metrów. Dane: prawdopodobne odchylenia wzwyż 2 m., wszerz 5 metrów. Stosunek stron danej tarczy do odnośnych odchyleń jest 5 i 3. Liczby te przedstawiają szerokości wzajemnie prostopadłych, nieskończenie długich pasów, których przecięciem jest dana tarcza. W wyżej wskazanej tabeli prawdopodobieństwa wejściowym liczbom 5 i 3 odpowiadają dla pasów nieskończenie długich, prawdopodobieństwa 0,908 i 0,688, skąd prawdopodobieństwo trafienia do danej tarczy określi się iloczynem z tych liczb, t. j. $0{,}908 \times 0{,}688 = 0{,}625$ czyli 62,5%. Korzystając z tej tabeli, nie potrzebujemy określać prawdopodobieństwa przez mnożenie, a mianowicie: na przecięciu się rubryk 5 i 3 znajdziemy liczbę, 0,625, która przedstawia iloczyn od mnożenia liczb z rubryk ∞, t. j. przedstawia prawdopodobieństwo trafienia do prostokąta utworzonego z przecięcia się pasów, szerokości 5 i 3 prawdopodobnych odchyleń.

Korzystając z tej tabeli możeby rozwiązać następujące pytanie: określić wymiary tarczy, do której, przy danych prawdopodobnych odchyleniach, otrzymamy określony procent trafienia. Naprz. $h_0 = 4$ metry, $k_0 = 3{,}5$ metra, znaleźć wymiary tarczy, do której trafia 90% pocisków.

W tabeli odnajdujemy liczbę do 0,9, jest 0,902 na przecięciu się rubryk 8 i 5 prawdopodobnych odchyleń, prawdopodobieństwo trafienia będzie 0,902: w tym przykładzie prawdopodobne odchylenia są 4 i 3, 5 metra, wobec tego, wymiary tarczy będą: $8 \times 4 = 32$ metry i $5 \times 3{,}5 = 17{,}5$ metra lub odwrotnie ($8 \times 3{,}5 = 28$ metrów i $5 \times 4 = 20$ metrów).

Jeśli średni punkt trafienia nie zlewa się ze środkiem tarczy, wówczas dla określenia prawdopodobieństwa trafienia do tarczy przy pomocy powyższej tabeli, należy daną tarczę uważać jako część takiej tarczy, której środek zlewa się ze średnim punktem trafienia. Przypuśćmy, że powinniśmy określić prawdopodobieństwo trafienia do tarczy prostokątnej, jeśli średni punkt trafienia nie znajduje się w środku tarczy. Przeprowadzając przez średni punkt

trafienia osie równoległe do osi przechodzących przez środek tarczy rozdzielimy tarczę na cztery prostokąty: I, II, III, IV, (rys. 56).



Rys. 56.

Przyjmując pod uwagę każdy z tych prostokątów jako ćwierć prostokąta, którego środek jest średnim punktem trafienia, znajdziemy, korzystając z tabeli, prawdopodobieństwo trafienia do tarczy. Naprz. określić prawdopodobieństwo trafienia do tarczy wymiarów 18 m. × 24 m., gdy $h_0 = 3$, $k_0 = 2{,}5$, przyczem średni punkt trafienia jest wprawo od środka tarczy o 3 metry i wyżej o 2,5 metra.

Wymiary poczwórnej I tarczy będą 24×19
„ „ II „ „ 12×19
„ „ III „ „ 12×19
„ „ IV „ „ 24×19

Prawdopodobieństwo trafienia:

do I tarczy: $\frac{24}{3} \ldots 8$, $\frac{19}{2{,}5} \ldots 7{,}6$ | $\frac{98{,}1}{4} = 24{,}5\%$

„ II „ $\frac{12}{3} \ldots 4$, $\frac{19}{2{,}5} \ldots 7{,}6$ | $\frac{81{,}2}{4} = 20{,}3\%$

„ III „ $\frac{12}{3} \ldots 4$, $\frac{29}{2{,}5} \ldots > 9$ | $\frac{82{,}3}{4} = 20{,}6\%$

„ IV „ $\frac{24}{3} \ldots 8$, $\frac{29}{2{,}5} \ldots > 9$ | $\frac{99{,}3}{4} = 24{,}8\%$

Do całej tarczy: $24{,}5 + 20{,}3 + 20{,}6 + 24{,}8 = 90{,}2\%$.

Przykład 1.

Z działa do prostokątnej tarczy daliśmy 10 strzałów. Na podstawie otrzymanych punktów trafienia określić: średni punkt trafienia, przeciętne, kwadratowe i prawdopodobne odchylenia wszerz i wzdłuż. Spółrzędne X_n i Y_n punktów trafienia względem środka tarczy podane są w metrach w następującej tabeli, w której jest również wskazany porządek obliczeń.

№№ strzałów	Spółrzędne punktów trafienia względem środka tarczy		X_n^2	Y_n^2	Spółrzędne punktów trafienia względem średniego punktu trafienia		Spółrzędne punktów trafienia a_n i b_n rozmieszczone w porządku ich bezwzględnych wartości	
	X_n	Y_n			$a_n = X_n - a$	$b_n = Y_n - b$	a_n	b_n
1	— 5,0	— 4,1	25,00	16,81	— 0,77	+ 0,36	0,27	0,04
2	— 6,6	— 4,5	43,56	20,25	— 2,37	— 0,04	0,73	0,14
3	— 5,5	— 4,6	30,25	21,16	— 1,27	— 0,14	0,77	0,24
4	— 5,0	— 4,0	25,00	16,00	— 0,77	+ 0,46	0,77	0,36
5	— 5,0	— 4,7	25,00	22,09	— 0,77	— 0,24	0,77	0,46
6	— 2,7	— 3,0	7,29	9,00	+ 1,53	+ 1,46	1,27	0,54
7	— 2,5	— 8,0	6,25	64,00	+ 1,73	— 3,54	1,53	0,76
8	— 3,5	— 3,7	12,25	13,69	+ 0,73	+ 0,76	1,73	1,46
9	— 4,5	— 5,0	20,25	25,00	— 0,27	— 0,54	2,23	1,46
10	— 2,0	— 3,0	4,00	9,00	+ 2,23	+ 1.46	2,37	3,54
	$\Sigma X_n =$ $= -42,3$	$\Sigma Y_n =$ $= -44,6$	$\Sigma X^2_n =$ $= 198,85$	$\Sigma Y^2_n =$ $= 217,00$	$\Sigma a_n =$ $= 12,44$	$\Sigma b_n =$ $= 9,00$		

Spółrzędna x średniego punktu trafienia względem środka tarczy:

$$a = \frac{\Sigma X_n}{n} = \frac{-42,5}{10} = -4,23 \text{ metra.}$$

Spółrzędna y średniego punktu trafienia względem środka tarczy:

$$b = \frac{\Sigma Y_n}{n} = \frac{-44,4}{10} = -4,46 \text{ metra.}$$

Przeciętne odchylenie wszerz:

$$h_1 = \frac{\Sigma a_n}{n} = \frac{12,44}{10} = 1,24 \text{ metra.}$$

Przeciętne odchylenie wzwyż:

$$k_1 = \frac{\Sigma b_n}{n} = \frac{9,00}{10} = 0,90 \text{ metra.}$$

Przeciętne kwadratowe odchylenie wszerz

$$h_2 = \sqrt{\frac{\Sigma X_n^2 - na^2}{n-1}} = 1{,}48 \text{ metra.}$$

Przeciętne kwadratowe odchylenie wzwyż:

$$k_2 = \sqrt{\frac{\Sigma Y_n^2 - nb^2}{n-1}} = 1{,}41 \text{ metra.}$$

Prawdopodobne odchylenie wszerz:

$$h_0 = 0{,}67 \cdot h_2 = 0{,}99 \text{ metra.}$$

Prawdopodobne odchylenie wzwyż:

$$k_0 = 0{,}67 \cdot k_2 = 0{,}94 \text{ metra.}$$

Przykład 2.

Prawdopodobne odchylenie wszerz 2,9 metra, wzwyż 6 metrów*). Określić procent trafienia p' — do pionowego pasa nieskończenie wysokiego, szerokości $H = 20$ metrów, pod warunkiem, że środek pasa zlewa się ze średnim punktem trafienia.

$$\left.\begin{aligned} \frac{H}{h_0} &= \frac{20}{2{,}9} = 6{,}9 \\ \frac{K}{k_0} &= \infty \end{aligned}\right| \quad p' = 98\%$$

Przykład 3.

Określić procent trafienia p' do pionowego pasa nieskończenie długiego, wysokości $K = 14$ m.

$$\left.\begin{aligned} \frac{H}{h_0} &= \infty \\ \frac{K}{k_0} &= \frac{14}{6} = 2{,}3 \end{aligned}\right| \quad p'' = 56{,}2\%$$

Przykład 4.

Określić procent trafienia p, do pionowej prostokątnej tarczy szerokości $H = 20$ metrów i wysokości $K = 14$ metrów. Średni punkt trafienia zlewa się ze środkiem tarczy.

---

*) Te same dane dla następnych przykładów.

Przypuszczając, że $K = \infty$, $p' = 98\%$; przypuszczając zaś, że $H = \infty$, $p'' = 56{,}2\%$ (przykłady 2 i 3) wobec tego:

$$p = p' \cdot p'' = \frac{1}{100} \cdot 98 \cdot 56{,}2 = 55{,}1\%.$$

Znacznie dogodniej znaleźć jest rozwiązanie bezpośrednio z tabeli prawdopobieństwa trafienia do prostokątów podług wchodzących:

$$\frac{H}{h_0} = 6{,}9$$
$$\frac{K}{k_0} = 2{,}3$$

Przykład 5.

Określić zmniejszenie prawdopodobieństwa trafienia do pionowej prostokątnej tarczy, szerokości $H = 42$ metry i wysokości $K = 14$ metrów, wskutek odchylenia średniego punktu trafienia od środka tarczy na następujące wielkości:

$$a = 10 \text{ m.}, \quad b = 5 \text{ m.}$$

$$\left.\begin{aligned} \frac{H+2a}{h_0} &= \frac{42+20}{2{,}9} > 9 \\ \frac{K+2b}{k_0} &= \frac{14+10}{6} = 4{,}0 \end{aligned}\right\} \quad p_1 = 82{,}3\%$$

$$\left.\begin{aligned} \frac{H+2a}{h_0} &= \infty \\ \frac{K-2b}{k_0} &= \frac{14-10}{6} = 0{,}7 \end{aligned}\right\} \quad p_2 = 18{,}7\%$$

$$\left.\begin{aligned} \frac{H-2a}{h_0} &= \frac{42-20}{2{,}9} = 7{,}5 \\ \frac{K+2b}{k_0} &= 4{,}0 \end{aligned}\right\} \quad p_3 = 81{,}4\%$$

$$\left.\begin{aligned} \frac{H-2a}{h_0} &= 7{,}5 \\ \frac{K-2b}{k_0} &= 0{,}7 \end{aligned}\right\} \quad p_4 = 18{,}5\%$$

$$p = \frac{p_1 + p_2 + p_3 + p_4}{4} = \frac{82{,}3 + 18{,}7 + 81{,}4 + 18{,}5}{4} = 50{,}2\%.$$

43. Miara celności. Wnioskować o celności, bezpośrednio z prawdopodobnych odchyleń nie zawsze jest możliwe, ponieważ, przy porównaniu, naprzykład dwóch dział, może zdarzyć się, że jedno z odchyleń pierwszego działa będzie większe, drugie zaś mniejsze od odnośnych prawdopodobnych odchyleń drugiego działa. Wobec tego *o celności sądzą z wielkości powierzchni rozsiewu* — mniejsza powierzchnia rozsiewu odpowiada większej celności i odwrotnie.

Powierzchnia rozsiewu przedstawia się w postaci prostokąta lub elipsy; długość osi wynosi 8 prawdopodobnych odchyleń.

Powierzchnia elipsy jest π pomnożone przez iloczyn z jego półosi — więc powierzchnia płaszczyzny rozsiewu będzie:

$$\pi \cdot 4\, h_0 \cdot 4\, k_0 = 16\, \pi\, h_0\, k_0.$$

Powierzchnia prostokąta, jest iloczynem z jego osi, więc w tym wypadku powierzchnia płaszczyzny rozsiewu będzie:

$$8\, h_0\, 8\, k_0 = 64\, h_0\, k_0.$$

Ponieważ celność jest odwrotnie proporcjonalna do powierzchni rozsiewu, przeto za miarę celności należy przyjąć:

$$\frac{1}{16\, \pi\, h_0\, k_0} \text{ lub } \frac{1}{64\, h_0\, k_0}.$$

Dla porównania celności możemy nie przyjmować pod uwagę stałego mnożnika $\frac{1}{16\, \pi}$ lub $\frac{1}{64.}$ Wobec tego, jeśli mamy działa, których prawdopodobne odchylenia — pierwszego h'_0 i k'_0 drugiego h''_0 i k''_0 — wówczas celność pierwszego działa względem drugiego będzie:

$$\frac{1}{h'_0\, k'_0} : \frac{1}{h''_0\, k''_0}, \text{ czyli } \frac{h''_0\, k''_0}{h'_0\, k'_0}, \text{ t. j.}$$

celność dział jest odwrotnie proporcjonalna do iloczynu z prawdopodobnych odchyleń. Jako przykład porównamy celność 75 m/m działa i 145 m/m działa na odległość 500 metrów.

Dla 75 m/m działa: $h'_0 = 24$ m, $k'_0 = 3{,}1$ m.

Dla 145 m/m „ $h''_0 = 24{,}3$ m, $k''_0 = 2{,}6$ m.

Obliczymy iloczyny $h_0\, k_0$ dla tych dział:

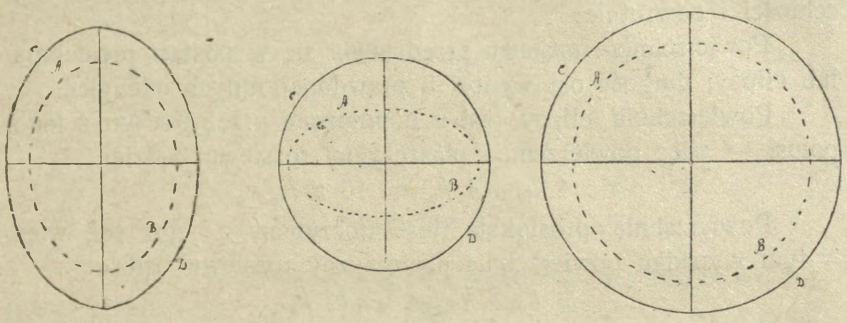
$$\frac{1}{h'_0\, k'_0} = \frac{1}{74{,}7} \text{ i } \frac{1}{h''_0\, k'_0{}'} = \frac{1}{63{,}18}.$$

Skąd celność pierwszego działa jest do celności drugiego:

$$\frac{h''_0\, k''_0}{h'_0\, k'_0} = \frac{63{,}8}{74{,}4} = \frac{1}{1{,}1} \text{ t. j. 75 m/m działo}$$

jest 1,1 razy mniej celne niż 145 m/m.

Przyjmując pod uwagę ułożenie punktów trafienia, około średniego punktu trafienia, możemy wnioskować, że przy powierzchni celu, nie przekraczającej powierzchni rozsiewu, ilość punktów trafienia będzie tem większą im kształt celu AB będzie bardziej zbliżony do kształtu powierzchni rozsiewu CD (rys. 57). Wobec tego, najdogodniejszy kształt celu jest koło lub elipsa, podobne co do kształtu do powierzchni rozsiewu.



Rys. 57.

Jeśli cel ma kształt prostokąta, wówczas największe prawdopodobieństwo trafienia otrzymamy, gdy wymiary tego prostokąta będą proporcjonalne do osi powierzchni rozsiewu, czyli proporcjonalne do prawdopodobnych odchyleń.

Zewnętrzny kształt celu jest czasami bardzo skomplikowaną geometryczną figurą. Dla określenia prawdopodobieństwa trafienia do celu, należy obliczyć prawdopodobieństwo trafienia do rzutu celu na płaszczyznę prostopadłą do toru pocisku. Prawdopodobieństwo trafienia do rzutu celu, będzie prawdopodobieństwem trafienia do samego celu.

44. Pojęcie o celności dział. Jak było wskazane powyżej, przy serji strzałów otrzymujemy większy lub mniejszy rozsiew punktów trafienia. Przypuszczając, że cel i działo są nieruchome, do ważniejszych przyczyn odchylających pociski należy zaliczyć:

a) różnice ciężarów pocisków i ładunku, wskutek czego zmienia się szybkość wylotowa i obrotowa i opór powietrza;

b) różnice w partjach prochu i położeniach ładunku i pocisku przy ładowaniu, wskutek czego zmienia się szybkość wylotowa;

c) różnice w celowaniu;

d) różnice w kierunkach oddania;

e) różnice w stanie atmosfery.

Przy określeniu celności zupełnie nowych dział, dążą do osiągnięcia możliwego ujednostajnienia warunków strzelania.

Ładunki i pociski dokładnie ważą i dopełniają do wagi normalnej. Przy ładowaniu mierzą każdorazowo położenie ładunku i pocisku.

Celowanie wykonuje jeden i ten sam celowniczy zupełnie jednakowo przy każdym strzale. Rezultaty otrzymane wpisują się do książeczek działowych każdego działa i charakteryzują jego celność.

W rzeczywistości warunki powyższe są znacznie mniej sprzyjające dla jednostajności strzałów:

a) działa są mniej więcej rozstrzelane i jak pokazuje doświadczenie, po 100—200 strzałach celność z powodu wypaleń *) zaczynają się zmniejszać i w działach wielkiego kalibru po 400—500 strzałach rozsiew staje się znacznym.

304 m/m. działo morskie rosyjskie wykazuje następującą zniżkę szybkości wylotowej:

do	50	strzałów	0%
„	100	„	2%
„	225	„	4%
„	300	„	6%

b) pociski nie są tak ściśle dobrane podług wagi jak powinny być podług tabel strzelniczych;

c) ładunki robią z prochu, który już był pewien czas przechowywany;

d) ładowanie nie jest jednakowem co do położenia w komorze, jak pocisku, tak i ładunku.

e) łoża mogą być rozluźnione przez strzelanie.

Zmniejszenie celności dział zależy od czasu służby tych dział, od warunków służby i od konserwacji i obchodzenia się z niemi. Wobec tego, wskazać dokładnie stopień zmniejszenia się celności nie jest możliwe. Wogóle, można zauważyć, że celność jest zawsze mniejsza niż wskazana w książeczce działowej.

Celność strzelania, wogóle, może jeszcze się zmniejszyć od najróżnorodniejszych przyczyn, zmniejszających prawdopodobieństwa trafienia. Jako miarę celności działa przyjmuje się procent trafienia do celu określonego wymiaru.

---

*) Wypalenie (erozja), wykruszenie gwintów wskutek działania gazów prochowych.

ROZDZIAŁ III.

Skuteczność strzelania.

45. Zależność skuteczności strzelania od celności i szybkości strzelania i od niszczącej siły pocisków. Jeśli, przy strzelaniu bojowem, dokładnie (celnie) i szybko wykonywują się postawione zadania, takie strzelanie nazywamy **skutecznem.**

Skuteczność bojowego strzelania rozpada się na elementy zależące:

a) od cech broni;
b) od umiejętności strzelania;
c) od urządzenia pocisków;
d) od przyczyn wypadkowych.

46. Istota i niezbędność wstrzelania. Z wniosków o celności dział wypływa wielka doniosłość kwestji określenia odległości.

Używają czterech sposobów: mierzenia odległości na oko, mierząc na mapie, mierząc przyrządami i wstrzeliwując się.

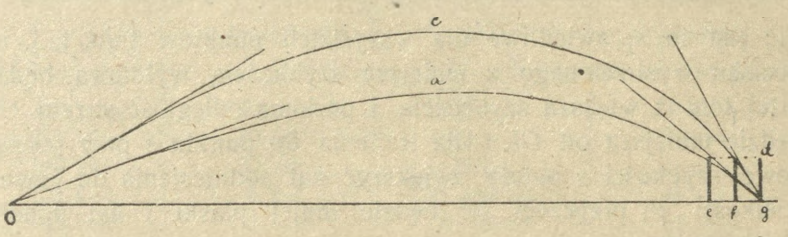
Żaden ze sposobów nie wyklucza wstrzelania. Należy pamiętać, że działo jest najlepszym mierniczym.

Wstrzelaniem nazywa się oddanie kilku strzałów; podług ich rezultatów sądzą o położeniu średniego toru względem celu i określają odległość od działa do celu.

Przy wstrzelaniu dążą, przy oszczędzaniu pocisków do szybkiego ujęcia celu **w widły**, t. j. do określenia dwóch celowników z których przy jednym otrzymamy strzał krótki czyli minus, a przy drugim strzał długi czyli plus.

Ujęcie celu w widły może być przeprowadzone już to pojedyńczemi strzałami, już to salwami. Zwężając granice wideł dążą do umieszczenia środka rozsiewu w środku celu, czem określają rzeczywisty celownik i odpowiednią nastawę kątomierza. *Rzeczywistym celownikiem* nazywamy taki, któremu odpowiada średni tor przechodzący przez podstawę celu, wobec czego, przy takim celowniku, otrzymujemy jednakową ilość długich i krótkich strzałów.

47. Znaczenie toru płaskiego i miara płaskości toru. Odległość strzału nawprost. Przy strzelaniu, od całokształtu przyczyn wpływających na lot pocisku, zawsze będzie pewna różnica między rzeczywistą a zwykłą odległością strzału i wobec tego, jeśliby cel był punktem, wówczas nie moglibyśmy liczyć na trafienie do niego, a ponieważ, w rzeczywistości cel ma wymiary więc, jak widzimy z rys. 58, będzie on rażony przez dany tor na długości *d*.



Rys. 58.

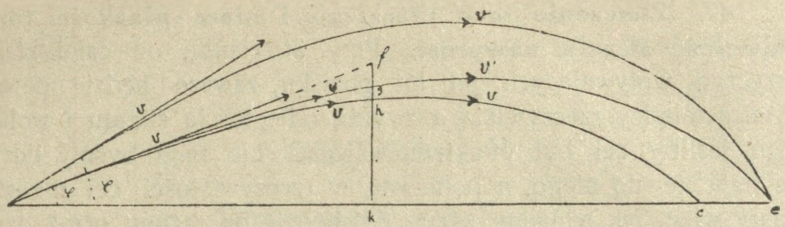
Im kąt padania jest większy dla jednego celu tejże wysokości *h*, tem wartość *d* jest mniejszą. Wielkość ta (czyli ściślej długość, w kierunku linji położenia, na której tor przecina cel danej wysokości), nazywa się *polem rażenia*.

Ze zmniejszeniem kąta upadku zwiększa się pole rażenia danego celu, wysokości *h*. Ta własność płaskości toru zmniejsza wpływ omyłek przy określeniu odległości do celu i wpływa na zwiększenie prawdopodobieństwa trafienia do celu danej wysokości.

Jeśli postawimy celownik na zero i wycelujemy wprost w górny skraj tarczy wysokości *h*, to odległość *x* strzału, którego tor przejdzie przez podstawę celu, nazywamy *odległością prostego strzału lub strzału nawprost*.

48. Zwiększenie płaskości toru. Płaskość toru wzrasta: 1) ze zwiększeniem szybkości wylotowej i 2) ze zwiększeniem poprzecznego obciążenia pocisku.

Rzeczywiście, przypuśćmy że pod kątem podniesienia φ oddano dwa jednakowe pociski (rys. 59), z różnemi szybkościami wylotowemi v i v', i przypuśćmy, że $v < v'$. Pocisk, wystrzelony z mniejszą szybkością będzie poruszać się wolniej i wobec tego osiągnie pewną prostopadłą linję fk, w większym przeciągu czasu niż przy większej szybkości v'. Pierwszy pocisk, pod wpływem swego ciężaru, opuści się na wielkość fh — większą, niż drugi



Rys. 59.

fg; jest to sprawiedliwe dla wszystkich punktów toru, t. j. tor pocisku wystrzelonego z mniejszą szybkością wylotową będzie niżej toru z większą szybkością i pozioma odległość strzału *OC* będzie mniejszą od *Oe*. Dla trafienia do punktu *e* przy początkowej szybkości *v* należy zwiększyć kąt podniesienia do pewnej wielkości φ', przyczem tor będzie mniej płaski i kąt upadku zwiększy się.

Jeśli, przy tym danym kącie podniesienia i przy tych samych szybkościach wylotowych, pociski różnią się poprzecznym obciążeniem, wówczas pocisk z większem obciążeniem, mniej ulegając przyspieszeniu oporu powietrza, będzie mniej tracił szybkość na wszystkich odległościach od wylotu lufy; wobec tego, pocisk, posiadający większe poprzeczne obciążenie, będzie posiadał własności toru pocisku wystrzelonego przy większej szybkości, to jest przy jednakowych kątach podniesienia, od zwiększenia poprzecznego obciążenia odległość strzału zwiększy się i dlatego by otrzymać tę samą odległość strzału, należy dać strzał pod mniejszym kątem podniesienia co da tor bardziej płaski.

Wpływ poprzecznego obciążenia uwidacznia się z następujących cyfr:

	Obciążenie poprzeczne	Kąt upadku na odległość	
		200 m.	1000 m.
Kula karabinowa	180 gramów	1^0 13′	5^0 52′
305 m/m. pocisk.	2,9 klgr.	0^0 11′	0^0 52′

49. Szybkostrzelność. Przyczyny na nią wpływające. Dla najlepszego wykorzystania siły danej broni, należy oprócz zwiększenia celności, zastosować wszystkie środki celem zwiększenia szybkości trafienia, t. j. szybkostrzelności. Zależnie od stopnia doskonałości technicznej danego wzoru działa określa się

jego *średnia teoretyczna szybkostrzelność* (na strzelnicy); dalej zależnie od stopnia wyszkolenia obsługi, określi się *praktyczna* (ćwiczebna) *szybkostrzelność* działa i wreszcie jako ogólny rezultat wszechstronnego przystosowania artylerji do wojny określi się *bojowa szybkostrzelność* działa.

Podajemy zestawienie danych dotyczących szybkostrzelności z różnych dział:

	a) teoretyczna	b) praktyczna	c) bojowa
305 m/m	60 sek.	90 sek.	3 min.
250 m/m	60 sek.	90 sek.	3 min.
190 m/m	30 sek.	45 sek.	2 min.
120 m/m	6 sek.	15—20 sek.	45 sek.
105 m/m	5 sek.	8—10 sek.	30 sek.
75 m/m	3 sek.	5—8 sek.	10—20 sek.

DZIAŁ III.

Odchylenia średniego toru, poprawki i tabele strzelnicze.

ROZDZIAŁ I.

Miary kątów. Określenie poprawek na odchylenie średniego toru.

50. Miary kątów. Artylerja spółczesna używa następujących miar kątów:

a) dla celowania na wysokość:

Stopień $= \frac{1}{360}$ koła; *minuta* $= \frac{1}{360 \cdot 60}$ koła; *sekunda* $=$

$= \frac{1}{560 \cdot 60 \cdot 60}$ koła;

b) dla celowania w kierunku:

decygrad $= \frac{1}{4000}$ koła; *grad* $= \frac{1}{400}$ koła; *dekagrad* $\frac{1}{40}$ koła;

tysięczna $= \frac{1}{6400}$ koła;

tysięczna R $= \frac{1}{6000}$ koła.

Z tych wszystkich miar najbardziej rozpowszechnionemi są stopień i tysięczna. Ponieważ tysięczna rzeczywista ($\frac{1}{6283}$ do $\frac{1}{6284}$ koła) jest liczbą niewymierną więc przyjmują jaką tysięczną $\frac{1}{6000}$ lub $\frac{1}{6400}$ część koła.

Ze wzoru tysięcznej rzeczywistej: $\frac{1}{1000 \cdot 2\pi}$ widzimy, że jest to jednostka obwodu koła o promieniu 1000 jednostek, czyli *tysięczna jest to kąt, pod którym widzimy jeden metr z odległości 1000 metrów.*

W praktyce taki stosunek odchyleń od odległości upraszcza znacznie wszystkie obliczenia. Przy celowniku i kątomierzu skalowanych w tysięcznych zmiana nastawy o 1 podziałkę zmienia wysokość lub kierunek rozprysku o $\frac{1}{1000}$ część odległości strzału.

Wobec tego, jeśli odchylenie przyjąć za $\frac{1}{1000}$ x, wówczas odpowiedni kąt α otrzymamy ze wzoru: $tg\alpha = \frac{0{,}001\ x}{x} = 0{,}001$, skąd: $\alpha = 3'26'',3 = 3',438$.

Powyższe miary kątów są między sobą w następującym stosunku:

90 stopni = 1000 decygradów = 1600 tysięcznych = 1500, tysięcznych R = 1570, 796 tysięcznych rzeczywistych.

Następująca tabela podaje dokładny stosunek poszczególnych miar kątów:

Tabela porównawcza miar kątów.

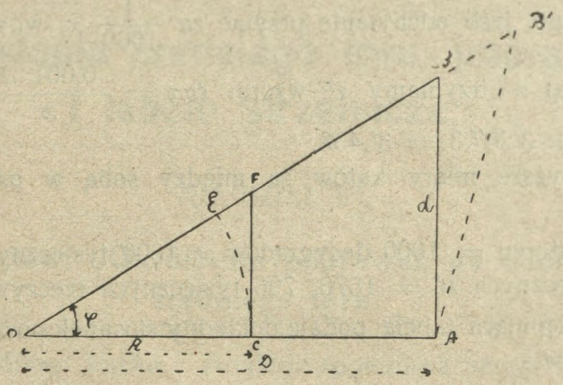
	tysięcznych	minut	decygradów	tysięcznych R.	tysięcznych rzeczyw.
1 tysięczna	1	3,375	0,625	0,937	0,982
1 minuta	0,30	1	0,19	0,28	0,29
1 decygrad	1,600	5,400	1	1,500	1,571
1 tysięczna R.	1,067	3,600	0,667	1	1,047
1 tysięczna rzeczyw.	1,019	3,433	0,637	0,955	1

Przykład. 82° 50′ wyrazić w jednostkach kątów przyjętych w artylerji.

Eigentum
Heeresarchiv-Zweigstelle
Danzig

	Decygrady	Tysięczne	Tysięczne R.	Tysięczne rzeczyw.
60°	888,9	1422,2	1333,3	1366,3
2°	22,2	35,55	33,33	34,91
50′	9,3	14,8	13,9	14,5
	920,4	1472,55	1380,53	1445,71

51. Paralaksa. *Paralaksą jakiegokolwiek punktu względem jakiejkolwiek prostej jest kąt, pod którym widzimy tę linję z tego punktu.*



Rys. 60.

Przypuśćmy, że obserwator jest w punkcie O (rys. 60), odcinek AB jest prostopadłym do OA. Zakreślimy łuk CE o promieniu R ze środka O, CF jest prostopadłą do OA i styczną w punkcie C do łuku CE. Z trójkątów podobnych OAB i OCF mamy:

$$\frac{AB}{CF} = \frac{OA}{OC}, \text{ czyli: } \frac{d}{CF} = \frac{D}{R}.$$

W praktyce kąt φ jest dość mały i możemy bez znacznego błędu przypuścić, że prosta CF jest równą łukowi CE, stąd mamy:

$$\frac{d}{arc\ CE} = \frac{D}{R}, \text{ skąd:}$$

$$d = arc\ CE \cdot \frac{D}{R} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (49)$$

(Jeśli OA, nie jest prostopadłą do linji, względem której obliczają paralaksę, jak np. do linji AB (rys. 60) wówczas paralaksę obliczają względem prostopadłej AB wystawionej z punktu A).

Wyrażając kąt φ w tysięcznych określimy w tysięcznych znaczenie *arc CE*:

$$\frac{arc\ CE}{2\ \pi\ R} = \frac{\varphi}{6400},\ \text{skąd}\ \ arc\ CE = 2\ \pi\ R\ \frac{\varphi}{6400} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (50)$$

Podstawiając znaczenie *arc CE* do wzoru (49) otrzymamy:

$$d = D\ \varphi\ \frac{2\ \pi}{6400},$$

ponieważ: $\frac{2\ \pi}{6400} = \frac{2\ .\ 3{,}1416}{6400} =$ około $\frac{1}{1000}$, z dostateczną dla praktyki ścisłością możemy napisać:

$$d = D\ \varphi\ \frac{1}{1000},$$

skąd wyrażając D i d w metrach otrzymamy:

$$\varphi = \frac{d\ \text{metrów}}{D\ \text{klm.}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (51)$$

Wzór (51) jest wzorem paralaksy.

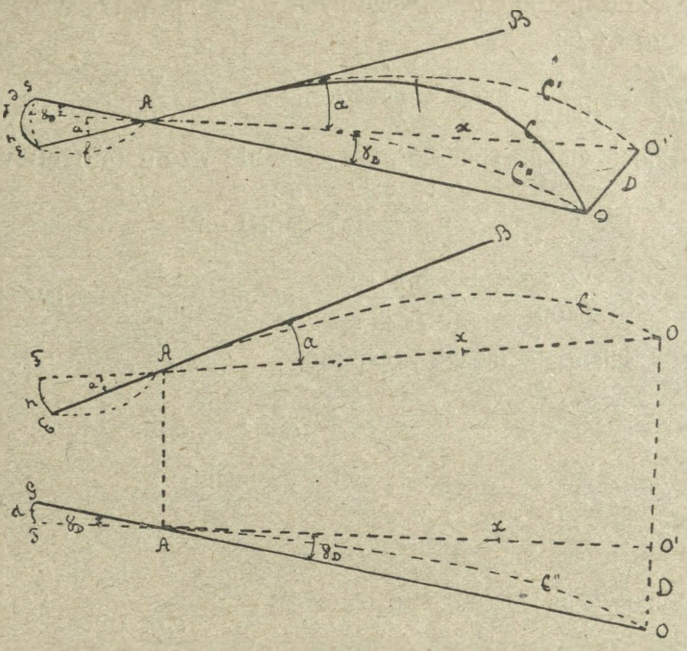
52. Sprowadzenie średniego toru na wybrany punkt rażenia przy pomocy przyrządów celowniczych. Dla sprowadzenia średniego toru na wybrany punkt rażenia, należy skierować działo na ten punkt, t. j. nadać jego osi taki kierunek, przy którym średni tor przejdzie przez punkt wybrany. Ustawienie działa w tem położeniu nazywa się *celowaniem* lub *ustawieniem*.

Dla ustawienia dział używają celownika i kątomierza.

Celowniki obecnie używane mają kształt łuku, którego środek jest środkiem czopów lufy ewent. kołyski. Czasami, zamiast łuku, dla dogodności odczytywania podziałek i ułatwienia czynności nastawiania, umieszczają koło (działo 75 m/m).

Przypuśćmy (rys. 61), że A jest początkiem średniego toru, AB linją strzału i że płaszczyzna strzału zlewa się z płaszczyzną rysunku.

Przypuśćmy, że ACO jest średnim torem, O wybranym punktem rażenia i jednocześnie punktem celowania, AO linją położenia celu, AO' przecięcie się płaszczyzny strzału z płaszczyzną OAO' prostopadłą do niej i przechodzącą przez linję położenia AO, $AC'O'$ rzutem toru na płaszczyznę pionową, OAO' rzutem toru na płaszczyznę poziomą. Niech dla odległości $AO' = x$, kąt $BAO' = \alpha$ będzie kątem celowania, kąt $O'AO = \gamma_D$ kątem zboczenia, odpowiadającym linjowej mierze zboczenia $O'O = D$.



Rys. 61.

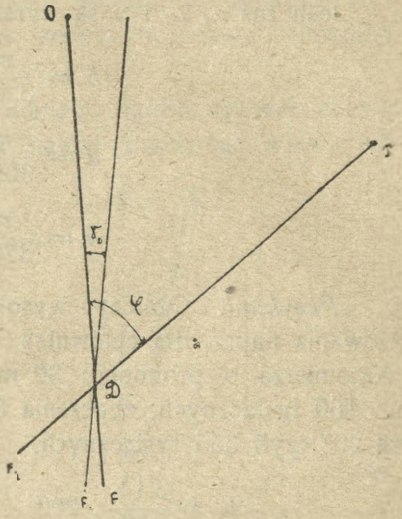
Z rysunku widzimy, że dla sprowadzenia średniego toru na wybrany punkt rażenia O, należy działo ustawić tak, by: 1) płaszczyzna strzału BAO' stanowiła z płaszczyzną celowania (t. j. z pionową płaszczyzną, przechodzącą przez linję położenia AO) kąt zboczenia γ_D dla odległości $AO' = x$ i 2) kierunek AB osi działa stanowił z linją AO' kąt BAO' równy kątowi celowania α i odpowiadający tejże odległości $AO' = x$. W ten sposób skierowanie średniego toru na wybrany punkt rażenia, który jest jednocześnie punktem celowania, składa się z dwóch czynności:

1) skierowania na cel płaszczyzny celowania, odchylonej na kąt zboczenia od płaszczyzny strzału i 2) nadania działu odpowiedniego kąta celowania.

Jeśli punkt celowania nie jest jednocześnie punktem rażenia (rys. 62), wówczas należy działo ustawić tak, by płaszczyzna strzału stanowiła z płaszczyzną celowania kąt kierunku φ, przyjmując jednocześnie pod uwagę kąt zboczenia γ_D.

Wobec tego sprowadzenie średniego toru na punkt wybrany składa się: 1) ze skierowania płaszczyzny celowania przez wybrany punkt celowania odchylonej od płaszczyzny strzału na kąt kierunku φ i kąt zboczenia γ_D i 2) nadania działu odpowiedniego

kąta celowania. Pierwszą z tych czynności nazywamy celowaniem w płaszczyźnie poziomej, drugą— celowaniem w płaszczyźnie pionowej.



Rys. 62.

Dla sprowadzenia średniego toru na wybrany punkt rażenia, znajdujący się w pewnej odległości od działa, niedostatecznem jest znać odpowiednie kąty kierunku, zboczenia i celowania, lecz trzeba jeszcze mieć pewną linję związaną z działem, przez którą przechodzi płaszczyzna celowania. Przy zasadniczej nastawie (na zero) kątomierza i celownika, linja ta i płaszczyzna celowania są równoległe do osi lufy; stanowi ona przedłużenie linji położenia. Linja ta jest ruchomą w płaszczyźnie poziomej (u niektórych dział i w pionowej). Nazywamy ją *linją celowania.* W działach spółczesnych linja ta jest osią optyczną kątomierza (ewent. lunety panoramicznej), w działach starych wzorów jest to linja przechodząca przez celik i muszkę działa.

53. Obliczenie wysokości celownika odpowiednio do kątów celownika i odchyleń linji celowania na kąty zboczenia i kierunku. Jeśli oznaczymy (rys. 61) odległość AE (promień łuku celownika) przez l, wysokość celownika dla kąta α przez h,—promień kątomierza przez l_1, wówczas wysokość celownika łukowego obliczy się podług wzoru:

$$h = l \cdot \alpha$$

odchylenie γ_D i φ:

$$d = l_1 \cdot \gamma_D;\ k = l_1 \cdot \varphi$$

Jeśli α, γ_D i φ są wyrażone w stopniach, wówczas dla obliczenia h , d i k wzory te przedstawią się:

$$h = \frac{\pi}{180}\, l \cdot \alpha \quad \ldots\ldots\ldots \quad (52)$$

$$d = \frac{\pi}{180}\, l_1\, \gamma_D \quad \ldots\ldots\ldots \quad (53)$$

$$k = \frac{\pi}{180}\, l_1\, \varphi \quad \ldots\ldots\ldots \quad (54)$$

Jeśli zaś α, γ_D i φ są wyrażone w tysięcznych wówczas:

$$h = \frac{\pi}{3200} l \,.\, \alpha \quad \ldots\ldots\ldots \quad (55)$$

$$d = \frac{\pi}{3200} l_1 \gamma_D \quad \ldots\ldots\ldots \quad (56)$$

$$k = \frac{\pi}{3200} l_1 \varphi \quad \ldots\ldots\ldots \quad (57)$$

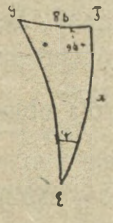
Przykład. Obliczyć wysokość celownika i odchylenie linji celowania naprz. dla celownika łukowego o promieniu 200 m/m i kątomierza o promieniu 30 m/m przy kątach podniesienia 9° lub 160 tysiącznych, zboczenia 5′ czyli 1,5 tysiącznej i kątomierza 20° czyli 355 tysięcznych.

$$\left.\begin{aligned} h &= \frac{3{,}14}{180} \,.\, 200 \,.\, 9 = \\ h &= \frac{3{,}14}{3200} \,.\, 200 \,.\, 160 = \end{aligned}\right\} = 31{,}4 \text{ m/m.}$$

$$\left.\begin{aligned} d &= \frac{3{,}14}{180 \,.\, 60} \,.\, 30 \,.\, 5 = \\ d &= \frac{3{,}14}{3200} \,.\, 30 \,.\, 1{,}5 = \end{aligned}\right\} = 0{,}04 \text{ m/m.}$$

$$\left.\begin{aligned} k &= \frac{3{,}14}{180} \,.\, 30 \,.\, 20 = \\ k &= \frac{3{,}14}{3200} \,.\, 30 \,.\, 355 = \end{aligned}\right\} = 10{,}4 \text{ m/m.}$$

54. Nachylenie celownika na kąt zboczenia. Jeśli łukowi celownika nadać położenie pochyłe względem płaszczyzny strzału w stronę przeciwną zboczeniu, wówczas linja celowania odchyli się od niej na pewien kąt. Wobec tego, jeśli dobierzemy takie nachylenie celownika, by dla pewnej odległości odpowiadało ono kątowi zboczenia, wówczas, przy nadawaniu kątów celowania zboczenie będzie automatycznie uwzględniane. Naprzykład, jeśli dla pewnej odległości kąt celownika jest α, kąt zboczenia γ_D, więc z trójkąta CFE (rys. 63) mamy:



Rys. 63.

$$tg\,\psi = \frac{tg\,\gamma_D}{Sin\,\alpha}$$

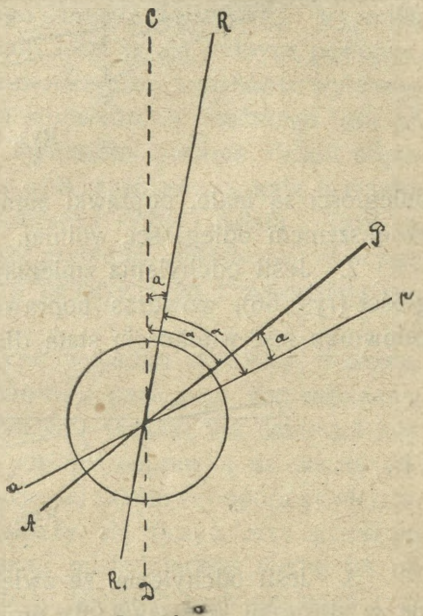
ψ — kąt nachylenia celownika.

55. Kierunek poprawek. Jeśli średni tor przechodzi wyżej lub niżej celu, należy wówczas zmienić wysokość celownika i wycelować działo nanowo.

W kierunku, dla odchylenia średniego punktu trafienia wlewo lub wprawo, wskaźnik kątomierza należy przesunąć wlewo lub wprawo i nanowo wycelować działo, czyli, że działo skierowuje się w tę stronę w jaką przesunęliśmy wskaźnik kątomierza.

Wobec tego, jeśli punkt trafienia jest poza celem, należy wskaźnik kątomierza przesunąć w stronę przeciwną do odchylenia punktu trafienia i wycelować do poprzedniego punktu celowania.

Powyższe możemy ująć w następującą zasadę: *jeżeli średni tor odchyli się w jakąkolwiek stronę, dla sprowadzenia go na wybrany punkt, należy pionową i poziomą nastawę przyrządu celowniczego zmienić tak, by linja celowania stanowiła z poprzednią linją celowania ten sam kąt jaki stanowi linja położenia punktu uderzenia z linją położenia celu* (rys. 64), *poczem nadać działu kierunek taki, by linja celowania przeszła przez punkt celowania.*

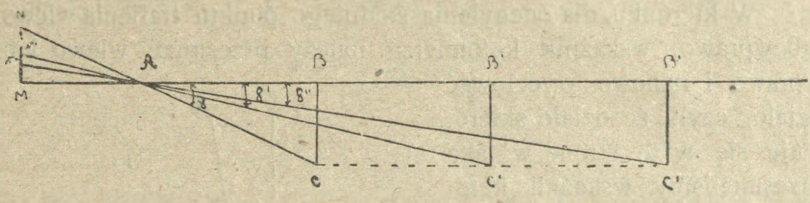


Rys. 64.

56. Prawo zmiany poprawek na przyrządach celowniczych zależnie od odległości do celu. Zdarzające się przy strzelaniu odchylenia w kierunku i pionowe zależnie od odległości do celu bywają: 1) stałe na wszystkich odległościach (nie zależy od odległości), 2) zmieniają się proporcjonalnie do odległości i 3) zmieniają się w stosunku większym niż proporcjonalnie do odległości.

Dla zbadania zmiany odpowiednich poprawek, naprzykład dla odchyleń w kierunku, odłożymy prostopadle do linji położenia AO, wielkości BC, BC', BC'' i t. d. tych odchyleń dla różnych odległości AB, AB', AB'' i t. d. (rys. 65, 66, 67). Wówczas, jak widzimy z rysunków:

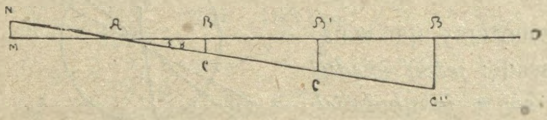
1. Jeśli odchylenia są stałe (rys. 65), wówczas poprawki kątowe γ, γ_1, γ_2 i poprawki MN, MN', MN'' na celowniku zmniejszają się ze zwiększeniem odległości. Początkowo, gdy



Rys. 65.

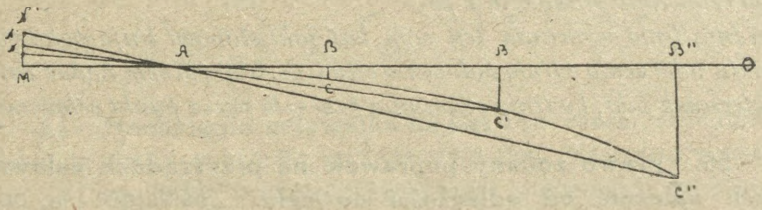
odległości są małe, poprawki zmniejszają się szybciej, potem, ze zwiększeniem odległości, wolniej.

2. Jeśli odchylenia zmieniają się proporcjonalnie do odległości (rys. 66), wówczas poprawka kątowa i poprawka MN na celowniku jest wielkością stałą dla wszystkich odległości.



Rys. 66.

3. Jeśli odchylenia, ze zwiększeniem odległości, zwiększają się w stosunku większym niż proporcjonalnie do odległości (rys.



Rys. 67.

67), wówczas i odpowiednie poprawki kątowe γ, γ', γ'', na celowniku MN, MN', MN'' zwiększają się ze zwiększeniem odległości.

ROZDZIAŁ II.

Odchylenia średniego toru.

57. Odchylenia średniego toru. Najprostszy wypadek strzelania jest wówczas, gdy działo i cel są na jednym poziomie, powietrze nieruchome, warunki atmosferyczne i szybkość wylotowa niezmienne. W tych warunkach sprowadzenie średniego toru na wybrany punkt rażenia będzie wymagało nadania działu odpowiedniego kąta celowania i kąta zboczenia ewent. kąta kierunku odpowiednio do wzajemnego położenia celu i działa. Kąty te, przy danej wadze pocisku i jego szybkości wylotowej, obliczają podług wyżej wskazanych wzorów balistycznych i poprawiają podług rezultatów strzelania.

W rozważanym, najprostszym, wypadku strzelania, wprowadzamy tylko dwie poprawki, pionową i poziomą. Kąt celowania będzie pionową poprawką na obniżenie pocisku od działania siły ciężkości, kąt zboczenia—będzie poziomą poprawką na boczne odchylenie pocisku pod wpływem poziomej składowej oporu powietrza.

W rzeczywistości jednak, należy się liczyć przy strzelaniu z najróżnorodniejszemi przyczynami odchylającemi średni tor od wybranego punktu rażenia. Znając wielkość tych odchyleń możemy wprowadzić poprawki na nie i sprowadzić mniej lub więcej dokładnie średni tor na wybrany punkt rażenia.

Przyczyny odchylające średni tor dzielą się na trzy grupy:

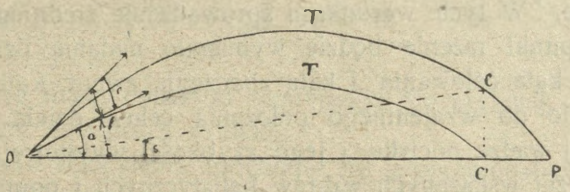
A. przyczyny topograficzne, które powodują:
   a) poprawki na kąt położenia,
   b) poprawki dopełniające kąt położenia,
   c) poprawki na nachylenie czopów działa,
   d) poprawki na krzywiznę i ruch obrotowy ziemi;

B. Przyczyny atmosferyczne, które powodują:
   a) poprawki na zmianę ciężaru litra powietrza,
   b) poprawki na wiatr;

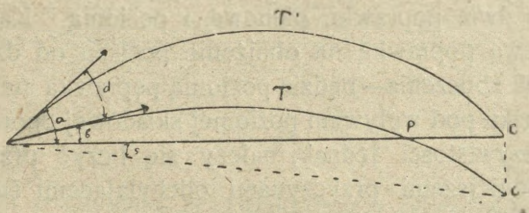
C. Przyczyny balistyczne, które powodują:
   a) poprawki na zmianę ciężaru pocisku,
   b) poprawki na zmianę partji prochu,
   c) poprawki na zmianę temperatury prochu,
   d) poprawki na zużycie dział,
   e) poprawki na opóźnienie strzału.

Przy strzelaniu rozpryskowem poprawki pozostają te same co i dla strzelania uderzeniowego. Przy obliczeniu czasu lotu i czasu palenia się zapalników biorą pod uwagę kąt podniesienia zmniejszony o kąt położenia.

58. Poprawki na różnicę położenia działo—cel. Cel *C*, prawie nigdy nie bywa na poziomie wylotu, lecz zawsze wyżej (kąt dodatni), lub niżej (kąt ujemny) poziomu wylotu (rys. 68 i 69).



Rys. 68.



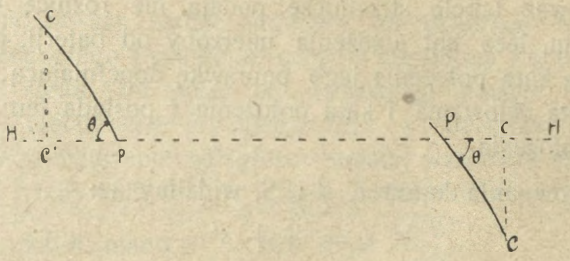
Rys. 69.

Tabele strzelnicze podają elementy toru dla punktu upadku *P*, odpowiadającego odległości topograficznej.

Z punktu *C*, toru *T'*, opuścimy na poziom wylotu prostopadłą *CC'*. Punktowi upadku *C'* odpowiada tor *T'* który ma odległość strzału jednakową z torem *T*, lecz nie odpowiada punktowi *C*. Tor *T* przechodzący przez punkt *C*, spotyka poziom wylotu w punkcie *P*, położonym dalej od działa niż punkt *C'*, przy kącie położenia dodatnim i bliżej działa, przy kącie położenia ujemnym. *Odcinek C' P przedstawia wielkość, do której stosownie trzeba zwiększyć (kąt położenia dodatni) lub zmniejszyć (kąt położenia ujemny) wysokość celownika, by średni tor przeszedł przez cel C.*

Przy strzelaniu pionowem poprawki na kąt położenia obliczają się nieco inaczej niż dla strzelania płaskiego i stromego.

Część toru *C P* w pobliżu punktu upadku możemy uważać za prostą (rys. 70), która łączy cel *C* z punktem *P*, przecięcia



Rys. 70.

się toru z poziomem wylotu. Poprawka odległości $C' P$ będzie więc:

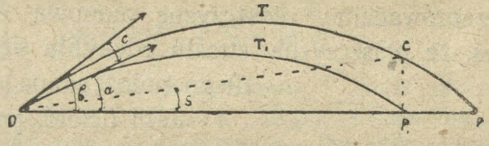
$$C' P = \frac{C C'}{tg \Theta} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (58)$$

Ponieważ przy strzelaniu pionowem, kąty upadku są równe lub większe od 60°, wartość $tg \Theta$ będzie bliską 2; podstawiając to znaczenie $tg \Theta$ do wzoru (58) otrzymamy:

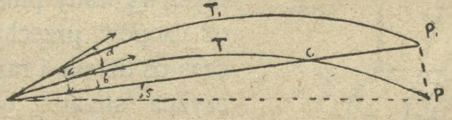
$$C' P = \frac{C C'}{2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (59)$$

skąd zasada: *przy strzelaniu pionowem, zależnie od znaku kąta położenia, zmniejszają lub zwiększają wysokość celownika stosownie do połowy różnicy wysokości celu nad poziomem wylotu.*

59. Poprawki dopełniające kąt położenia. Przypuśćmy, że a kąt podniesienia toru T_1 (rys. 71 i 72) b—kąt podniesienia toru T.



Rys. 71.



Rys. 72.

Z rysunku widzimy, że przy kącie położenia dodatnim:

$$b = a + c$$

przy kącie położenia ujemnym:

$$b = a - d.$$

Ponieważ tabele strzelnicze podają nie różnicę wysokości działa i celu, lecz kąt położenia mierzony od baterji, przeto dodaje się do kąta położenia jego poprawkę dopełniającą, która jest funkcją kąta celowania i kąta położenia i posiada ten sam znak co i kąt położenia.

Z porównania kątów c, d i S, widzimy że:

$$c = S + s'$$

skąd:

$$d = S + s''$$

dla kątów położenia dodatnich:

$$b = a + S + s' \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (60)$$

dla kątów położenia ujemnych:

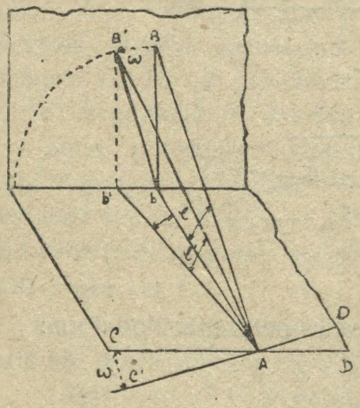
$$b = a - S - s' \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (61)$$

Kąty s' i s'' nazywają się *kątami dopełniającemi* kąt położenia.

Kąty te posiadają ten sam znak co i kąt położenia. Przy kątach podniesienia do 12^0 i kątach położenia do 10 tysięcznych, poprawki tej nie uwzględnia się.

Wobec powyższego, wpływ kąta położenia wyraża się w *dodaniu do kąta podniesienia: kąta położenia i poprawki uzupełniającej kąta położenia z jej znakiem.*

60. Poprawki na nachylenie czopów działa. Przy nachyleniu czopów działa, jak na rys. 73 oś działa przejdzie z położenia AB w położenie AB'. Jeśli przez nowe położenie AB' osi działa przeprowadzimy płaszczyznę pionową $B'Ab'$, zauważymy wówczas, że płaszczyzna strzału odchyliła się od poprzedniego położenia na kąt $bAb' = \omega$.



Rys. 73.

Jeśli działo, przy poziomem położeniu czopów, było ustawione tak, że średni tor przechodził przez wybrany punkt celu, poczem oś czopów przechyliła się, wówczas oś działa i razem z nią płaszczyzna strzału, odchyla się od nadanego kierunku, wskutek czego średni tor odchyli się od wybranego punktu celu w stronę niższego czopu.

Niezależnie od nachylenia czopów w jakąkolwiek stronę,

kąt $BAb' = \varphi'$ zawarty pomiędzy nowym kierunkiem osi działa i poziomem, zawsze będzie mniejszy od nadanego kąta podniesienia, wobec czego nachylenie czopów zmniejsza kąt podniesienia i odchyla średni tor wdół od wybranego punktu i zmniejsza odległość. Odchylenia średniego toru w kierunku, odchylenie pionowe i zmniejszenie odległości strzału, wzrastają ze zwiększeniem kąta nachylenia czopów i kąta podniesienia.

Z $\triangle$ $AB'b'$ mamy: $Sin\ \varphi' = \frac{B'b'}{AB}$

Z $\triangle$ $B'bb'$ mamy: $B'b' = B'b\ Cos\ \omega = Bb\ Cos\ \omega.$

Ponieważ $AB' = AB$ więc z $\triangle$ ABb mamy:

$$AB = AB' = \frac{Bb}{Sin\ \varphi},$$

skąd: $$Sin\ \varphi' = Sin\ \varphi\ Cos\ \omega. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (62)$$

Przy strzelaniu płaskiem $Cos\ \omega$ będzie bliski jedności i kąt zmniejszy się nieznacznie więc w tym wypadku możemy go nie uwzględniać:

Do poprawienia odchylenia średniego toru w kierunku, należy zmienić kierunek płaszczyzny strzału, przyczem poprawki na odchylenie liczą się w kierunku wyżej położonego czopa. Wielkość kąta bAb' określa się w następujący sposób:

$$tg\ bAb' = \frac{bb'}{AB},$$

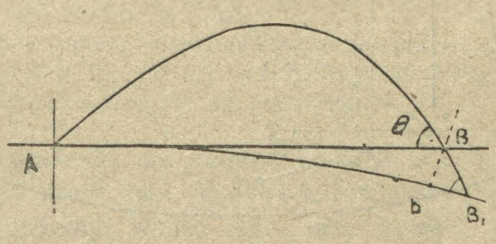
z $\triangle$ $bB'b'$ mamy: $bb' = bB'\ Sin\ \omega = bB\ Sin\ \omega,$

a z $\triangle$ AbB: $$Ab = \frac{bB}{tg\ \varphi}$$

skąd: $$tg\ bAb' = Sin\ \omega\ tg\ \varphi \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (63)$$

61. Poprawki na krzywiznę i ruch obrotowy ziemi. Krzywizna powierzchni ziemi zwiększa odległość strzału. Przypuśćmy (Rys. 74) że B jest punktem upadku na poziom działa, B_1 punkt upadku na powierzchnię ziemi, $AB = D$ jest odległością poziomą strzału. Jeśli D wyrazimy w kilometrach, wówczas obniżenie Bb oblicza się podług wzoru:

$$Bb = \mu\ .\ D \text{ metrów} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (64)$$



Rys. 74.

μ — jest to współczynnik krzywizny ziemi = 0.0785. Zwiększenie odległości oblicza się podług wzoru:

$$BB_1 = \frac{\mu \cdot D}{tg\ \Theta} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (65)$$

Również możemy uwzględnić zmianę odległości, zmniejszając kąt położenia $= \frac{Bb}{D}$

Przykład. Działo 305 m/m. wzór 1893 — 96 francuskie:

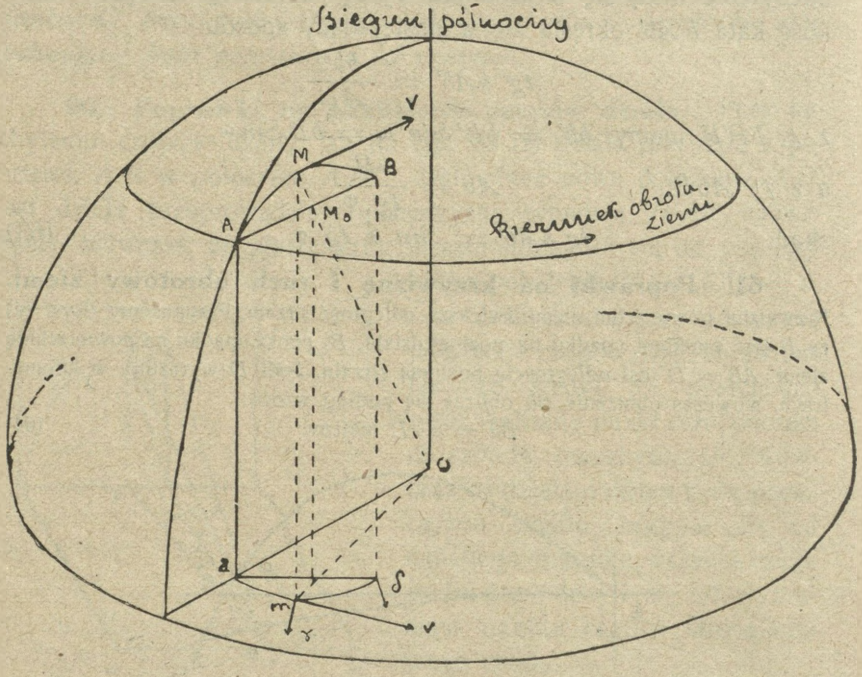
Odległość strzału	$tg\ \Theta$	Zmiana odległości spowodowana krzywizną ziemi
12 klm.	0,21	+ 53 metr
16 „	0,39	+ 51 „
20 „	0,63	+ 50 „

skąd widzimy jak mało waha się zmiana odległości przy zwiększeniu odległości strzału.

Ziemia obraca się około swej osi z zachodu na wschód. Szybkość kątowa ruchu obrotowego jest:

$$\omega = \frac{2\ \pi}{86184} = 0{,}0000729$$ czyli 1 tysięczna w 14 sekund.

Ruch obrotowy ziemi wywołuje *dewiację* pocisku jednocześnie w odległości i kierunku, dewiacja ta zależy od azymutu płaszczyzny strzału.



Rys. 75.

Przypuśćmy (Rys. 75), że *AMB* jest torem pocisku, punkt *A* punktem oddania, punkt *B* — punktem upadku, *V* — szybkość pocisku w punkcie *M* i *amb* rzut toru na płaszczyznę równika, *v* rzut szybkości pocisku. Uwzględniając ruch obrotowy ziemi należy do sił działających na pocisk dodać wypadkową sił odśrodkowych $\gamma = 2\ \omega.v$ położoną w płaszczyźnie równika prostopadłą do *v* i skierowaną wprawo dla obserwatora stojącego na osi ruchu, głową do północy i patrzącego w kierunku szykkości *v*.

Z rysunku tego widzimy, że jedyną zmianą ruchu pocisku będzie dewiacja w prawo w płaszczyźnie równoległej do płaszczyzny równika.

Jeśli rzut odległości na płaszczyznę równika odznaczymy przez D_m przez *T* czas lotu, wówczas dewiacja δ wyrazi się przez następujący wzór:

$$\delta = \omega \times D_m \times T = 0{,}0000729 \times D_m \times T \ldots . \quad (66$$

Przykład: $D_m = 20.000$ metrów.

$T = 50$ sekund

$\delta = 0.0000729 \times 20000 \times 50 \times 72{,}9$ metra.

Przy dokładnem badaniu dewiacji wyjaśnia się:

1. Dewiacja jest zawsze równoległą do płaszczyzny równika.
2. Dewiacja jest zawsze skierowaną wprawo od płaszczyzny strzału.
3. Dewiacja zależy od azymutu płaszczyzny strzału i wobec tego wzór (66) przedstawiają tak:

a) dewiacja w kierunku:

$$\delta_k = \omega \times SinL \times T, \ldots \ldots \ldots \quad (67)$$

gdzie *L* — szerokość geograficzna punktu upadku.

b) dewiacja w odległości:

$$\delta_D = \omega \times Cos\ L \times \frac{D.T}{tg\,\Theta}\ Sin\ Z, \ldots \ldots \quad (68)$$

gdzie *Z* azymut płaszczyzny strzału.

Jeśli wyrazić kąty w tysięcznych i odległość *P* w kilometrach, praktyczne, przybliżone wzory dewiacji przedstawią się tak:

$$\delta_k = 0{,}005\ T \ldots \ldots \ldots \quad (69)$$

$$\delta_D = 0{,}047\ \frac{P.T}{tg\ \Theta}\ Sin\ Z \ldots \ldots \quad (70)$$

Przykład. Działo 305 m/m wzór 1893 — 96 francuskie.

Dla $D = 12$ klm. $\delta_k = 1{,}1$ tys. $\delta_D = +55\ m \times Sin\ Z$

$D = 16$ klm. $\delta_k = 1{,}7$ tys. $\delta_D = +59\ m \times Sin\ Z$

$D = 20$ klm. $\delta_k = 2{,}4$ tys. $\delta_D = +65\ m \times Sin\ Z$

Wywody o wpływie krzywizny i ruchu obrotowego ziemi na strzelanie pokazują, że wpływ ten jest tak nieznaczny, że w praktyce, w porównaniu z innemi wpływami, możemy go nie uwzględniać.

62. Poprawki na zmianę ciężaru litra powietrza. Pocisk, podczas swego lotu, spotyka tem większy opór im bardziej ścisłą masę przebija, wobec tego, przy zmianie ścisłości powietrza zmienia się siła oporu powietrza i odległość strzału.

Przy obliczaniu kątów podniesienia podług wzorów balistycznych przyjmują za normalną ścisłość powietrza, stan przy ciśnieniu 750 m/m temperaturze 15° C. i wilgotności $^3/_4$. Waga metra sześciennego powietrza wynosi wówczas 1,208 klg.

Przy strzelaniu w innych warunkach atmosferycznych gdy waga litra powietrza różni się od normalnej, zmienia się siła oporu powietrza i odległość.

Wobec tego wynika, że elementy wpływające na ciężar litra powietrza są:

a) temperatura,
b) ciśnienie barometryczne,
c) wilgotność;

posiadając te dane, z tabel strzelniczych określamy poprawki na zmianę ciężaru litra powietrza.

Mgła, deszcz i śnieg zwiększają opór powietrza w stosunku nadzwyczaj zmiennym i mało znanym. Z powyższego wypływa następująca zasada: *ponieważ przy większej wadze litra powietrza otrzymujemy strzały krótkie, a przy mniejszej — długie, wobec tego w pierwszym wypadku poprawka odległości ma znak plus, w drugim — znak minus.*

63. Poprawki na wiatr. Jeśli wiatr ma stałą siłę i stanowi stały kąt z płaszczyzną strzału, działa on przy każdym strzale jednakowo i wobec tego odchyla się tylko średni punkt trafienia. Jeśli wiatr jest niestały co do siły i kierunku powoduje on rozsiew strzałów.

Przy wietrze w kierunku lotu pocisku, na pocisk mniej wpływa siła oporu niż przy powietrzu spokojnem i wobec tego, odległość strzału, przy danym kącie celowania, jest większa niż obliczona przy spokojnym stanie powietrza.

Przy wietrze przeciwnym do kierunku lotu pocisku, opór powietrza na pocisk zwiększa się i odległość strzału jest mniejsza. Przy wietrze prostopadłym do kierunku ruchu pocisku, cząsteczki powietrza, uderzając o boczną powierzchnię jego, powodują boczne odchylenia pocisku.

Przy wietrze pod kątem do płaszczyzny strzału pocisk odchyla się jednocześnie w odległości i w kierunku. Dla określenia wpływu wiatru, należałoby znać prawo oporu powietrza, spotykającego pocisk pod pewnym kątem; prawo to jeszcze nie jest zbadane i sformułowane, wobec czego wpływ wiatru określa się na podstawie przypuszczeń. Jeśli wiatr ma jakikolwiek kierunek

w płaszczyźnie poziomej, wówczas dla określenia jego wpływu na pocisk, szybkość wiatru rozkładają na dwie składowe: prostopadłą do płaszczyzny strzału (wiatr poprzeczny) i równoległą do niej (wiatr równoległy) przyczem przyjmują, że pierwsza składowa odchyla pocisk w kierunku, a druga w odległości.

Lecz nawet i przy dokładnem określeniu wpływu wiatru nie mielibyśmy możności ściśle określić odchylenie, ponieważ siła wiatru i jego kierunek w różnych warstwach powietrza są zmienne nawet przy małem oddaleniu od powierzchni ziemi. (Doświadczenie pokazało, że szybkość wiatru u podstawy wieży Eifla (300 metr.) jest 1,5 raza mniejszą od szybkości wiatru na szczycie wieży: 6 metr. i 9 m.). Wobec tego, dla określenia wpływu wiatru korzystają ze wzorów przybliżonych. Oznaczając szybkość wiatru przez W, składową wiatru poprzecznego przez W_y, składową wiatru podłużnego przez W_x — wielkość odchylenia pocisku pod wpływem podłużnej składowej wiatru wyrazi się przez wzór:

$$C_D = W_x \cdot t \quad \ldots\ldots\ldots \quad (71)$$

gdzie t — czas lotu. Wobec tego, odchylenie średniego toru w odległości równa się iloczynowi z podłużnej szybkości wiatru na czas lotu.

Ponieważ wiatr przeciwny zmniejsza odległość: wiatr w kierunku zwiększa, poprawki więc biorą się odpowiednio ze znakiem plus i minus. Wielkość odchylenia pod wpływem poprzecznej składowej wiatru wyraża się przez wzór:

$$C_k = W_y \left(t - \frac{x}{V \cos \varphi}\right) \ldots\ldots\ldots \quad (72)$$

gdzie t — czas lotu pocisku w powietrzu, $\frac{x}{V \cos \varphi}$ czas lotu pocisku w próżni. Wobec tego, wielkość bocznego odchylenia średniego toru wskutek działania wiatru poprzecznego równa się iloczynowi z składowej poprzecznej szybkości wiatru przez różnicę czasu w powietrzu i próżni.

Ponieważ wiatr odchyla średni punkt trafienia w kierunku swojej szybkości, przeto poprawki są zawsze brane przeciwnie do kierunku szybkości wiatru.

Kątowa poprawka w kierunku określa się podług wzoru:

$$tg\, \gamma_k = \frac{W_y}{D} \left(t - \frac{D}{V \cos \varphi}\right) \ldots\ldots\ldots \quad (73)$$

64. Wiatr balistyczny. Wywody powyższego artykułu dają jednak błędy przy zastosowaniu w praktyce z tego powodu, że w różnych warstwach powietrza pocisk może spotkać wiatry w różnych kierunkach i różnej siły. Wiatry te mogą być zamienione pod względem swego wpływu odchylającego na wiatr fikcyjny stały co do kierunku i szybkości w warstwie powietrza, którą przecina pocisk.

Wiatr ten nazywają **wiatrem balistycznym.** Przypuśćmy, że wpływ odchylający jakiegokolwiek wiatru stałego, co do szybkości i kierunku, w warstwie powietrza wysokości 500 metrów, jest proporcjonalny do czasu, w którym pocisk przebywa tę warstwę.

Oznaczając przez t_1, t_2, t_3 . . . czas, w którym pocisk przebywa każdą z warstw powietrza 500 metr. wysokości, przez T czas lotu pocisku i przez W_1, W_2, W_3 . . . szybkość wiatru w każdej warstwie (określa się przez doświadczenie), szybkość wiatru balistycznego określi się (patrz wzór 71 i 72) przez:

$$W = W_1 \frac{t_1}{T} + W_2 \frac{t_2}{T} + W_3 \frac{t_3}{T} + \ldots + W_n \frac{t_n}{T}$$

Doświadczenie pokazuje, że na wszystkich wysokościach niezależnie od czasu lotu, szybkości wylotowej, kąta podniesienia, kalibru i rodzaju pocisku, dla torów jednakowej wysokości stosunek $\frac{t}{T}$ jest stałym i wyraża się przez wzór:

$$\frac{T\left(\frac{p}{n}\right)}{T} = K_p$$

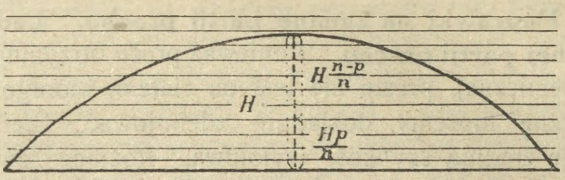
gdzie n — jest ilością 500 metrowych warstw powietrza, przecinanych przez pocisk, p — liczbą porządkową warstwy, przez którą pocisk przechodzi, K_p — jest spółczynnikiem dla każdej warstwy powietrza. Wzór powyższy oznacza czas pobytu pocisku powyżej wysokości $\frac{Hp}{n}$ (H wysokość toru), to jest na wysokości $H - \frac{Hp}{n} = \frac{H(n-p)}{n}$ (rys. 76).

Wysokość toru w próżni możemy wyrazić przez wzór*):

$$H = \frac{1}{8} g T^2$$

---

*) $T = \frac{2 V Sin \varphi}{g}$; $T^2 = \frac{4 V^2 Sin^2 \varphi}{g^2}$; $\frac{T^2 g}{8} = \frac{V^2 Sin^2 \varphi}{2g} = H$ (patrz art. 6 i 4).



Rys. 76.

t. j. *wysokości torów są proporcjonalne do kwadratu czasu lotu pocisku*, wobec tego możemy napisać:

$$\frac{H}{\frac{H(n-p)}{n}} = \frac{T^2}{\left[T\left(\frac{p}{n}\right)\right]^2} \text{ czyli: } \frac{n}{n-p} = \frac{T^2}{\left[T\left(\frac{p}{n}\right)\right]^2}$$

Skąd: $$\frac{T\left(\frac{p}{n}\right)}{T} = \frac{\sqrt{n-p}}{\sqrt{n}} = K_p$$

Wobec tego: $$\frac{t_1}{T} = 1 - \frac{T\left(\frac{1}{n}\right)}{T} = 1 - K_1 = \frac{\sqrt{n} - \sqrt{n-1}}{\sqrt{n}}$$

$$\frac{t_2}{T} = \frac{T\left(\frac{1}{n}\right)}{T} - \frac{T\left(\frac{2}{n}\right)}{T} = K_1 - K_2 = \frac{\sqrt{n-1} - \sqrt{n-2}}{\sqrt{n}}$$

. . . . . .

$$\frac{t_n}{T} = \frac{T\left(\frac{n-1}{n}\right)}{T} - \frac{T\left(\frac{n}{n}\right)}{T} = K_{n-1} - K_n = \frac{1}{\sqrt{n}}$$

Na podstawie powyższego wzór dla wiatru balistycznego wyrazi się:

$$W = \frac{\sqrt{n}-\sqrt{n-1}}{\sqrt{n}} W_1 + \frac{\sqrt{n-1}-\sqrt{n-2}}{\sqrt{n}} W_2 + \ldots + \frac{1}{\sqrt{n}} W_n \ldots (74)$$

65. Poprawki na zmianę ciężaru pocisku. Zwiększając ciężar pocisku—zmniejszamy tem szybkość wylotową. Z drugiej strony, zwiększenie ciężaru pocisku zwiększa jego poprzeczne obciążenie, wobec czego osłabia się siłę oporu powietrza i odległość strzału zwiększa się.

Zmiany szybkości wylotowej zależnie od ciężaru pocisku są tem większe, im szybkość jest mniejszą. Rezultat tych wpływów przeciwnych jest zmienny, zależnie od ciężaru pocisku i od odległości strzału.

Wobec tego, nadzwyczaj ważnem jest dobieranie do każdego strzelania pocisków jednej wagi.

66. Poprawki na zmianę partji prochu. Ładunek normalny danej partji prochu. Ponieważ proch otrzymujemy z mieszaniny chemicznej, przeto nie jest on ciałem, którego dane charakterystyczne możemy dokładnie zdefinjować. Średnia partja prochu daje średnią szybkość wylotową. Różnice szybkości wylotowych różnych gatunków prochu, zależnie od ich partji, wahają się od 10 do 20 metrów. Jeśli mamy proch szybciej palący się, otrzymamy szybkość wylotową większą, przy wolniej palącym się prochu — szybkość wylotowa będzie mniejszą i odpowiednio do tego zmieni się odległość strzału przy stałym kącie podniesienia.

W praktyce, rozpoznawanie właściwości poszczególnych partyj prochu, uskutecznia się przez wstrzelanie. Wstrzeliwują się przy jednej partji do danego celu, potem przy drugiej i tem określają wpływ danej partji prochu.

W fabrykach prochu, przy przygotowaniu ładunków dążą do ujednostajnienia szybkości wylotowych przez odpowiednie dobieranie wagi prochu dla każdej partji. Ładunek dobrany w ten sposób dla danej partji prochu, nazywa się *ładunkiem normalnym.*

67. Poprawki na zmianę temperatury prochu. Doświadczenie pokazuje, że im temperatura ładunku prochu jest wyższą (niezależnie od temperatury otaczającego powietrza), tem większą jest szybkość wylotowa. Wobec tego, elementa toru obliczają zależnie od normalnej temperatury prochu. Jako temperaturę normalną prochu przyjmują + 15° C.

Odchylenie szybkości wylotowej od normalnej oblicza się podług wzoru przybliżonego:

$$V - V_0 = V_0 \times \frac{t - 15}{1000} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (75)$$

$$\text{lub } dV_0 = m \, . \, V_0 \, . \, dt$$

gdzie m jest spółczynnikiem zmiany temperatury (dla 75 m/m $m = 0{,}0006$; dla 105 m/m $= 0{,}0015$; dla 155 m/m $m = 0001$); V_0 — szybkością wylotową normalną, V — szybkością wylotową przy danej temperaturze prochu, t — temperaturą prochu w danej chwili.

Oprócz wpływu temperatury danej chwili na proch wpływa i pora roku. Wszystkie prochy dają w lecie szybkości wylotowe większe niż w zimie. Średnią szybkość wylotową roczną dana partja prochu osiąga w końcu wiosny i w jesieni. W lecie własności balistyczne prochu zwiększają się, w zimie zaś, zmniejszają.

68. Poprawki na zużycie przewodu lufy działa. Zależnie od ilości oddanych strzałów z danego działa, przewód lufy niszczy się od wypaleń (erozji) powstających w nim, co powoduje zmniejszenie szybkości wylotowej i zwiększenie rozsiewu.

Ponieważ, ze zmniejszeniem szybkości wylotowej, zmniejsza się odległość strzału, więc poprawka na zużycie przewodu lufy powinna się brać ze znakiem plus. Wielkość tych poprawek zależy od stopnia zużycia przewodu lufy.

Stopnia zużycia przewodu nie możemy wyrazić obecnie w funkcji ilości oddanych strzałów, możemy tylko wyrazić go przez stosunek do innego przewodu lufy, który jest wzorem miary.

Działa większego kalibru zużywają się znacznie szybciej, niż działa średniego i małego kalibru.

Celem określenia stopnia zużycia przewodu lufy wykonywają w warunkach możliwie jednakowych, ze wszystkich dział baterji i działa-wzoru strzelanie porównawcze. Przechodząc od odległości do zmian szybkości wylotowych, przyjmujemy te miary za miarę zużycia przewodu lufy.

Do celu dobrze widocznego położonego w odległości $^3/_4$ donośności działa wstrzeliwują dokładnie każde działo baterji i działo porównawcze. Celem uniknięcia błędów w odległości, działa ustawiają ściśle prostopadle do kierunku celu.

Przykład: Działo 75 m/m. Granat 1900 roku, zapalnik krótki.
Działo — wzór ma $dN_0 = -17$ metrów.

	Działo wzór
Odległość topograficzna działa baterji od celu:	$D_1 = 5925\ m.$
	$D_2 = 5935\ m.$
	$D_3 = 5915\ m.$
	$D_4 = 5940\ m.$
Różnica odległości topograficznych:	$C_2 = D_2 - D_1 = +10\ m.$
	$C_3 = D_3 - D_1 = -10\ m.$
	$C_4 = D_4 - D_1 = +15\ m.$
Zamiana odległości na kąty podniesienia:	$\alpha_2 = +3'$
	$\alpha_3 = -3'$
	$\alpha_4 = +5'$
Kąty podniesienia otrzymane przy wstrzelaniu:	$a_1 = 16^0\ 42'$
	$a_2 = 16^0\ 52'$
	$a_3 = 16^0\ 35'$
	$a_4 = 16^0\ 56'$
Kąty podniesienia poprawione o α:	$a_1 = 16^0\ 42'$
	$a'_2 = a_2 - 3' = 16^0\ 49'$
	$a'_3 = a_3 + 3' = 16^0\ 38'$
	$a'_4 = a_4 - 6' = 16^0\ 50'$

Różnice między poprawionemi kątami podniesienia:

$$b_2 = a'_2 - a_1 = + 17'$$
$$b_3 = a'_3 - a_1 = + 6'$$
$$b_4 = a'_4 - a_1 = + 18'$$

Zmiana odległości odpowiadająca tym różnicom kątów podniesienia:

$$d_2 = + 45\ m.$$
$$d_2 = + 17\ m.$$
$$d_4 = + 52\ m.$$

Zmiana szybkości wylotowej, odpowiadająca zmianie odległości:

$$dV_2 = - 6\ m.$$
$$dV_3 = - 2\ m.$$
$$dV_4 = - 7\ m.$$

Miara zużycia przewodu lufy:

Działo wzór $dV_0 = - 17\ m.$
2 działo $dV_0 + dV_2 = - 23\ m.$
3 „ $dV_0 + dV_3 = - 19\ m.$
4 „ $dV_0 + dV_4 = - 24\ m.$

Na podstawie ostatnich danych układa się tabelki zmian odległości i kątów podniesienia dla każdego działa dla odległości charakterystycznych.

Tabelka zmian odległości:

Odległość	1 działo	2 działo	3 działo	4 działo
	względem działa porównawczego			
1000 m.	54 m.	19 m.	6 m.	22 m.
2000 m.	82 m.	29 m.	10 m.	34 m,
3000 m.	105 m.	35 m.	12 m.	41 m.
i t. d.				

Tabelka zmian kątów podniesienia:

Odległość	1 działo	2 działo	3 działo	4 działo
	względem działa porównawczego			
1000 m.	+ 5′	+ 2′	—	+ 2′
2000 m.	+ 10′	+ 3′	+ 1′	+ 3′
3000 m.	+ 17′	+ 5′	+ 1′	+ 7′
i t. d.				

69. Poprawka na opóźnienie strzału. Przy strzelaniu do celu szybko poruszającego się, małych wymiarów, zwłaszcza przy strzelaniu na wielkie odległości, ma znaczenie opóźnienie strzału, rozumiejąc go, jako pewien przeciąg czasu, który upływa od początku spowodowania strzału do wyjścia pocisku z przewodu lufy działa. Opóźnienie strzału możemy uważać jako całokształt poszczególnych okresów czasu, zużytych: 1) dla pociągnięcia za sznur spustowy, 2) dla zapalenia i spalenia spłonki, 3) dla zapalenia prochu, 4) dla spalenia się prochu do chwili ruszenia pocisku i 5) dla przebycia przez pocisk długości przewodu lufy. Doświadczenie pokazuje, że opóźnienie strzału trwa, zależnie od kalibru, od 0,3 do 0,1 sekundy.

ROZDZIAŁ III.

Tabele strzelnicze. Ułożenie i korzystanie.

70. Przeznaczenie tabel strzelniczych. Dla skierowania średniego toru na dany punkt celu, należy wiedzieć: 1) odległość do celu, 2) kąt celownika i 3) kąt zboczenia. Przy danej odległości kąt celownika i kąt zboczenia zależą od wagi pocisku i od jego szybkości wylotowej, wobec tego, wszystkie powyższe dane powinny być określone zawczasu i dokładnie, oprócz tych danych powinniśmy wprowadzić cały szereg poprawek i obliczeń i wreszcie dla obliczeń przy pewnych zadaniach powinniśmy mieć szereg danych dodatkowych uzupełniających. Wszystkie te dane są zawarte w tabelach strzelniczych.

Tabele strzelnicze zawierają więc dane by: 1) skierować średni tor na cel, 2) wnioskować o rezultacie strzelania i 3) rozwiązywać różnorodne zadania podczas strzelania.

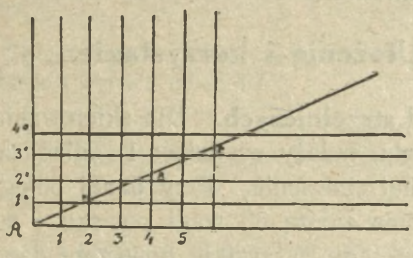
71. Pojęcia o ułożeniu tabel strzelniczych. Przeważnie tabele strzelnicze układają przy pomocy obliczeń i otrzymane dane sprawdzają strzelaniem, dając serję strzałów, przyczem określają te dane, które nie mogą być obliczone (naprzykład prawdopodobne odchylenia).

Strzelanie, celem ułożenia tabel, odbywa się na specjalnej strzelnicy — poligonie, gdzie wybierają kierunek główny strzału i w tym kierunku przeprowadzają niwelację poligonu. Działo, dokładnie, do najdrobniejszych szczegółów sprawdzają. Ładunki, z jednej partji prochu, dokładnie dobierają do normalnego, pociski doprowadzają do wagi normalnej, poczem dokładnie wymierzają odległość przyjmując pod uwagę wszystkie poprawki atmosferyczne i balistyczne.

Celem otrzymania danych przy ułożeniu tabel strzelają, 1) dla określenia szybkości wylotowej i 2) dla określenia prawdopodobnych odchyleń.

Określenie szybkości wylotowej było już objaśnione. Określenie prawdopodobnych odchyleń odbywa się przy strzelaniu na określone odległości (500, 1000, 1500 metrów). Po otrzymaniu

powyższych danych, obliczenia wykonywują podług wzorów balistycznych, przyczem nie jest niezbędnem obliczać dane dla wszystkich odległości wskazanych w tabelach, dostatecznem jest określenie ich w odległościach co 500 metrów i wykreślenie krzywych wyrażających stosunek pomiędzy odległościami i danemi umieszczanemi w tabelach. Przypuśćmy, że w kierunku Ax (rys. 77) w pewnej skali odkładamy odległości strzału, w kierunku Ay odłożymy odpowiadające tym odległościom kąty celowania, otrzymamy szereg punktów a, b, c, przez które przeprowadzimy krzywą, wyrażającą stosunek między odległościami i kątami celowania.



Rys. 77.

W sposób podobny określają się inne elementy toru. Dane tabel nie mogą dokładnie odpowiadać wszystkim warunkom strzelania. Naprzykład warunki terenowe atmosferyczne i balistyczne wymagają znacznych poprawek, wobec czego do zwykłych tablic strzelniczych dodają dodatkowe dla określenia wszelkich poprawek.

Wobec powyższego, przeznaczenie tabel strzelniczych zawiera się w 1) podaniu dla każdego działa elementów początkowych, niezbędnych dla rozpoczęcia ognia, 2) podaniu niezbędnych poprawek potrzebnych dla zmiany elementów początkowych, odpowiednio do wyjaśnionych warunków strzelania, 3) podaniu danych charakteryzujących skuteczność strzelania, 4) podaniu pomocniczych danych dla rozwiązania pewnych zadań w toku strzelania.

Oprócz kompletnych tabel strzelniczych, dla dogodności, układają skrócone tabele z danemi tylko najniezbędniejszemi dla kierowania ogniem. Tabele współczesne układają się jużto podług wzorów podanych niżej, jużto w postaci wykresów.

72. Korzystanie z tabel strzelniczych. Wszystkie tabele strzelnicze są ułożone na zasadzie dwóch wchodzących liczb. Ponieważ przy strzelaniu przedewszystkiem określają odległość, przeto ta jest najważniejszą liczbą i podług niej układają wszystkie dane w tabeli.

Niżej podajemy wzory tabel strzelniczych francuskich dla działa 75 m/m.

Tabela V b_1

Granat.

Zapalnik krótki $V_0 = 550$ m.	Donośność w metrach			Celownik	Poprawki na zboczenie w tysięcznych
	Kąt celownika				
	Stopnie i minuty	Tysięczne			
			300	350	3
			400	450	
	16	5			
	23	7			
			3000	3200	3
	5 15	93	3100	3325	3
	5 32	98	3200	3450	3
	5 49	103	3300	3550	4
	6 6	108	3400	3675	4
	6 23	113	3500	3775	4
	6 41	119	3600	3900	4
	6 59	124	3700	4000	5
	7 18	130	3800	4125	5
	7 38	136	3900	4250	5
	7 59	142	4000	4375	5
	8 20	148	4100	4500	6
	8 41	154	4200	4600	6
	9 2	161	4300	4725	6
	9 24	167	4400	4825	7
	9 46	174			

Granat.—Zapalnik krótki. *Tabela VI b_1* $V = 550$ m.

Donośność w metrach	Widły	Kąt upadku	Styczna kąta upadku	Czas lotu	Wierzchołkowa toru	Szybkość styczna pozostała	Zmiana miejsca punktu upadku				Rozsyp prawdopodobny		Odetkanie zapalnika $^{24}/_{31}$ dla rozprysku o wysokości = 0	Zmiana odetkania zapalnika o 0,1 sek przesuwa punkt rozprysku		
							Wgłąb przy zmianie kąta położenia o 1 tysięczną	Wgłąb przy zmianie kąta celownika o 5'	Wzwyż przy zmianie kąta celownika o 5'	Wszerz przy zmianie będna kątomierza o 1 tysięczną	Wgłąb	Wszerz		Wzwyż w metrach	Wzwyż w tysięcznych	Wgłąb w metrach
	0 '	0 '		*sek.*	*m.*	*m.*	*m.*	*m.*	*m.*	*m.*	*m.*	*m.*				
500	4	33	0,009	1,0	1	475	48,2	71,4	0,6	0,5	8,4	0,2	1.0	0,5	1	55
3000	12	7 58	0,140	8,3	83	282	20,7	30,7	4,3	3,0	12,2	1,2	8,3	3,9	1,3	27
3500	14	10 22	0,183	10,2	134	267	18,4	27,3	5,0	3,4	13,4	1,5	10,2	4,8	1,3	25
4000	18	13 4	0,232	12,2	194	255	16,3	24,2	5,6	3,9	14,7	1,8	12,2	5,8	1,4	23
4500	22	16 4	0,288	14,3	264	245	14,5	21,5	6,2	4,4	16,2	2,3	14,3	6,8	1,5	22

Tabela VII b_1

Granat z ładunkiem nor-

A. Zmiany (w metrach) donośności tabelarnej są zależne od:
zmiany dV_0 szybkości początkowej,
zmiany d_p ciężaru pocisku,
zmiany $d\omega$ ciężaru litra powietrza,
składowej podłużnej W_x szybkości wiatru.

Donośność w metrach		1000	2000	3000	4000
dV_0 w metrach (zmiana donośności tegoż znaku co i dV_0)	1	3	5	6	6
	2	6	10	12	13
	3	10	14	17	19
	4	13	19	23	25
	5	16	24	29	32
	6	19	29	35	38
	7	22	34	41	45
	8	26	38	47	51
	9	29	43	53	57
	10	32	48	58	64
d_p średnie (zmiana donośności, już to jednakowego znaku z d_p [+], już to znaku przeciwnego [—]	L	+ 22	+ 18	+ 4	— 16
	+	+ 11	+ 9	+ 2	— 8
	+ +	0	0	0	0
	+ + +	— 11	— 9	— 2	+ 8
	+ + + +	— 22	— 18	— 4	+ 16
$d\omega$ w miligramach (zmiana donośności znaku przeciwnego w stosunku do $d\omega$)	10	— 1	— 5	— 8	— 12
	20	— 3	— 10	— 17	— 24
	30	— 4	— 14	— 25	— 37
	40	— 6	— 19	— 34	— 49
	50	— 7	— 24	— 42	— 61
	60	— 8	— 29	— 50	— 73
	70	— 10	— 33	—5	— 85
	80	— 11	— 38	[illegible]	— 9
	90	— 12	— 43	— 76	— 110
	100	— 14	— 48	— 84	— 122
W_x w metrach na sekundę (zmiana donośności tegoż znaku co W_x)	1	1	3	6	10
	2	1	5	12	0
	3	2	8	18	30
	4	3	10	24	40
	5	4	12	30	50
	6	4	15	36	61
	7	5	18	42	71
	8	6	20	48	1
	9	6	23	54	91
	10	7	25	60	[illegible]

Tabela VII b_1

malnym. Zapalnik krótki.

B. Zboczenie w tysiącznych zależne od składowej poprzecznej W_y szybkości wiatru.

Donośność w metrach		1000	2000	3000	4000
W_y w metrach na sekundę	1	0	0	1	1
	2	1	1	2	2
	3	1	1	3	4
	4	1	2	4	5
	5	1	2	5	6
	6	2	3	6	7
	7	2	4	6	8
	8	2	4	7	10
	9	3	5	8	11
	10	3	6	9	12

C. Zboczenie w tysięcznych zależnie od nachylenia czopów o 1°.

Donośność w metrach	1000	2000	3000	4000
$\Theta = 1^0$	0	1	2	3

Tabela ciężaru pocisków.

Znak pocisku	C i ę ż a r		*dp* średnie
	z zapalnikiem krótkim	z zapalnikiem długim	
—	5 kg. 000 do 5 kg. 150	5 kg. 235 do 5 kg. 385	— 300 gr.
	5 kg. 151 do 5 kg. 300	5 kg. 386 do 5 kg. 535	— 150 gr.
+	5 kg. 301 do 5 kg. 450	5 kg. 536 do 5 kg. 685	0
+ + +	5 kg. 451 do 5 kg. 600	5 kg. 686 do 5 kg. 835	+ 150 gr.
+ + + +	5 kg. 601 do 5 kg. 750	5 kg. 836 do 5 kg. 985	+ 300 gr.

Celem pokazania jak należy korzystać z tabel strzelniczych, rozwiążemy (na podstawie przytoczonych powyżej tabel) następujący przykład:

Działo 75 m/m. Pocisk granat model 1900 + + +.*) Zapalnik krótki. Odległość strzału podług mapy 3500 metrów. Cel wyżej baterji o 105 metrów. Ciśnienie barometryczne 740. Baterja wyżej niż stacja meteorologiczna o 100 metrów, temperatura powietrza + 25° C.

Podłużna składowa wiatru $W_x = 7$ *m.*
Poprzeczna „ „ $W_y = 6$ *m. N. W.*
Temperatura schronu z amunicją + 5° C.
Nachylenie czopów działa w prawo na 1°.
Określić elementy pierwszego strzału.

1. *Określenie zmiany szybkości wylotowej* (patrz art. 67).

$$dt = 5^0 - 15^0 = -10^0.$$

$$dV_0 = -0{,}0006 \times 550 \times 10 = -4 \text{ m.}$$

2. *Określenie ciężaru litra powietrza:*

*a) ciśnienie barometryczne (wykreślna Nr. 1)***) = 750 *m/m.*

b) waga litra powietrza (wykreślna Nr. 2) = 1,150 *klg.*

$d\omega = 1{,}208 - 1{,}150 = -58$ *mlgr.*

3. *Zmiana odległości strzału dla odległości zaokrąglonych:*

	3000 *m.*	4000 *m.*
$dV_0 = -4$ *metry*	— 23 *m.*	— 25 *m.*
$dp = + + +$	— 2 *m.*	— 8 *m.*
$d\omega = -58$ *mlgr.*	— 48 *m.*	— 71 *m.*
$Wx = +7$ *metrów*	+ 42 *m.*	+ 71 *m.*
	— 31 *m.*	— 33 *m.*

Odległość określona = 3500 metrów. Odpowiednia zmiana odległości = 32 metry. Poprawka na zmianę odległości = + 32 metry. Odległość fikcyjna = 3532 metry.

4) *Kąt położenia:*

$$\frac{105}{3{,}5} = 30 \text{ tysięcznych.}$$

5) *Zmiana kierunku:*

	3000 *m.*	4000 *m.*
$Wy = 6$ *m, N. W.*	— 6 *tys.*	— 7 *tys.*
Nach. czopów wprawo = 1°.	+ 2 *tys.*	+ 3 *tys.*
Zboczenie	+ 3 *tys.*	+ 5 *tys,*
	— 1 *tys.*	+ 1 *tys,*

Poprawka kierunku będzie zero.

---

*) Znak na pocisku znaczy, że waga waha się między 5'45—5'6 klg.

**) Tabele strzelnicze dla 75 m/m działa wz. 1897 r. z dnia 25 — VIII, 1917 r.

DZIAŁ IV.

Teoretyczne podstawy wstrzelania.

ROZDZIAŁ I.

Wstrzelanie. Krzywa Percin'a.

73. Wstrzelanie. Określenia. *Wstrzelaniem nazywamy szereg strzałów, których elementy są związane planowo i na podstawie ich rezultatów określamy dane dla skutecznego strzelania.*

Strzał, którego rozprysk otrzymamy między działem i celem, nazywa się **strzałem krótkim** lub **minusem.** Strzał, którego rozprysk otrzymamy poza celem, nazywamy **strzałem długim** lub **plusem.**

Do strzałów długich będziemy zaliczać również i strzały trafiające do celu.

O rezultatach poszczególnych strzałów sądzimy nie z wielkości odchyleń, lecz ze znaku każdego strzału.

Strzały, długi i krótki, są zdarzeniami przeciwnemi. Jeżeli prawdopodobieństwo strzału długiego oznaczymy przez p, krótkiego przez q — wówczas:

$$p + q = 1$$

ponieważ albo jedno, albo drugie zdarzenie będzie miało miejsce.

Wstrzelanie prowadzi się pojedyńczemi strzałami lub serjami.

Rzeczywistym celownikiem nazywamy taki, któremu odpowiada średni tor, przechodzący przez podstawę celu i przy którym otrzymamy prawie równą ilość strzałów długich i krótkich.

Widłami nazywamy takie dwa celowniki, w tym samym szeregu strzałów, przy których z jednym otrzymujemy strzały długie, z drugim — krótkie.

Różnicę celowników wideł nazywamy **szerokością** lub **rozwarciem wideł.**

Widłami **zwartemi** nazywamy, zgodnie z określeniem wideł, otrzymanie długich i krótkich strzałów na jednym celowniku.

Widły **błędne** — wypadek, gdy cel znajduje się poza granicami wideł. Np. obydwa celowniki są większe od rzeczywistego, lecz z powodu rozsiewu przy mniejszym celowniku możemy otrzymać strzały krótkie, na podstawie których będziemy błędnie sądzić o istotnej granicy wideł.

74. Obserwacja strzałów. Obserwacja strzałów może być dobrą i błędną. Jeśli obserwujemy strzał krótki, który w rzeczywistości padł poza celem — obserwujemy błędnie.

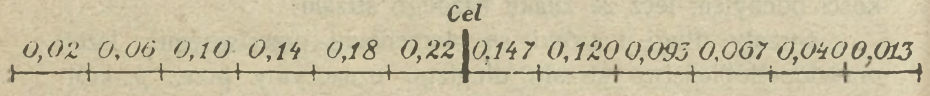
Doświadczenie pokazuje, że łatwiej jest obserwować strzały długie, niż krótkie. Oczywista, im bliżej celu pada strzał, tem większe jest prawdopodobieństwo błędu.

Granice błędnej obserwacji są bardzo wielkie — po sześć prawdopodobnych rozsiewów wzdłuż z obydwóch stron celu.

Na podstawie systematycznych i ścisłych doświadczeń prawdopodobieństwo błędnej obserwacji strzałów krótkich wynosi 0,12; prawdopodobieństwo błędnej obserwacji strzałów długich wynosi 0,08.

Prawdopodobieństwo błędnej obserwacji jest to funkcja wielkości odchylenia pocisku od celu.

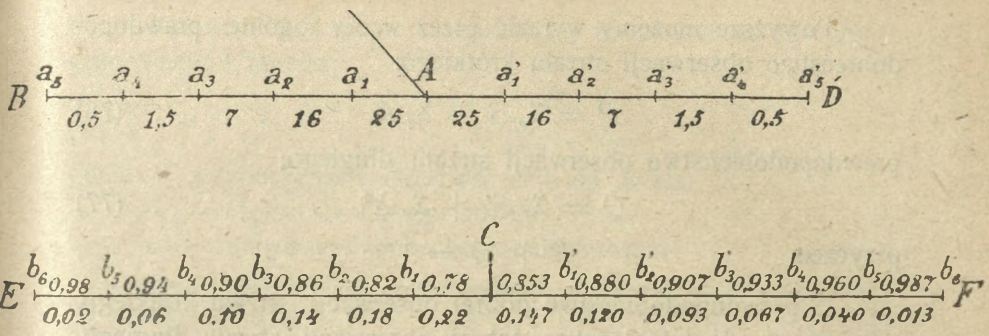
Na przestrzeni 12 prawdopodobnych odchyleń prawdopodobieństwo błędnej obserwacji strzałów krótkich lub długich przedstawi się cyfrowo (rys. 78).



Rys. 78.

75. Prawdopodobieństwo strzału krótkiego i długiego, przyjmując pod uwagę błędną obserwację. Strzelamy podług rezultatów obserwacji strzałów na celowniku 2,000 m.

Przypuśćmy, że średni tor przechodzi przez punkt b_1. Na linji *BD* — jest uwidocznione prawo rozsiewu w procentach, na linji *EF*: nad nią—prawdopodobieństwo dobrej obserwacji strzału, pod nią prawdopodobieństwo błędnej obserwacji strzału. W gra-



Rys. 79.

nicach Cb_6 i Cb'_6 — możemy mieć obserwację błędną. W granicach Aa_5 i Aa'_5 — są zawarte wszystkie pociski, których średni tor przechodzi przez punkt A, odpowiadający punktowi b_1.

Określimy prawdopodobieństwo strzału krótkiego, przyjmując pod uwagę prawdopodobieństwo błędnej obserwacji.

a) Prawdopodobieństwo dobrej obserwacji strzału krótkiego w granicach a_5 a'_1: zastosujemy twierdzenia o iloczynie i sumie prawdopodobieństwa, t. j. prawdopodobieństwo rzeczywiście krótkiego strzału pomnożymy przez prawdopodobieństwo obserwacji na tym odcinku i dodamy te iloczyny:

$$\begin{array}{rcl} 0{,}5 \times 0{,}98 & = & 0{,}49 \\ 1{,}5 \times 0{,}94 & = & 1{,}41 \\ 7{,}0 \times 0{,}90 & = & 6{,}3 \\ 16 \times 0{,}86 & = & 13{,}76 \\ 25 \times 0{,}82 & = & 20{,}5 \\ 25 \times 0{,}78 & = & 19{,}5 \\ \hline & & 61{,}96\% \end{array}$$

b) Prawdopodobieństwo błędnej obserwacji strzału w granicach a'_1 a'_5: obliczamy sposobem jak wyżej.

$$\begin{array}{rcl} 16 \times 0{,}147 & = & 2{,}352 \\ 7 \times 0{,}120 & = & 0{,}84 \\ 15 \times 0{,}093 & = & 0{,}1395 \\ 0{,}5 \times 0{,}067 & = & 0{,}0335 \\ \hline & & 3{,}365\% \end{array}$$

Dodając te prawdopodobieństwa (twierdzenie o sumie), otrzymamy prawdopodobieństwo obserwacji strzału krótkiego, gdy średni tor pocisku jest oddalony od celu o jedno odchylenie prawdopodobne w stronę działa.

Powyższe możemy wyrazić przez wzory ogólne: prawdopodobieństwo obserwacji strzału krótkiego:

$$P = \Sigma_p S + \Sigma_q K, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (76)$$

prawdopodobieństwo obserwacji strzału długiego:

$$Q = \Sigma_p S' + \Sigma_q K', \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (77)$$

przyczem $P + Q = 1$

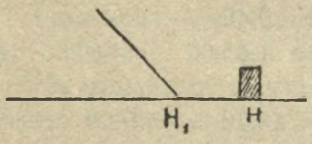
S prawdopodobieństwo dobrej obserwacji strzału krótkiego.
K prawdopodobieństwo dobrej obserwacji strzału długiego.
S' prawdopodobieństwo błędnej obserwacji strzału długiego.
K' prawdopodobieństwo błędnej obserwacji strzału krótkiego.

Jeżeli obserwacja jest bezwzględnie dobra, wówczas prawdopodobieństwo obserwacji strzału krótkiego w wypadku rys. 80 wyrazi się przez wzór:

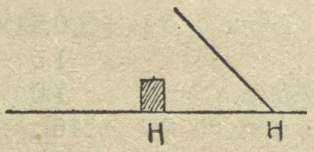
$$P = 0{,}5 + \frac{e}{2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (78)$$

W wypadku rys. 81 przez wzór:

$$P = 5{,}0 - \frac{e}{2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (79)$$



Rys. 80.



Rys. 81.

Uważając trafienia do celu za dodatnie, prawdopodobieństwo obserwacji strzału długiego w wypadku rys. 80 wyrazi się przez wzór:

$$Q = 0{,}5 - \frac{e}{2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (80)$$

W wypadku rys. 81 przez wzór:

$$Q = 0{,}5 + \frac{e}{2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (81)$$

We wzorach tych e jest prawdopodobieństwem trafienia do pasa nieskończenie długiego szerokości m, gdy średni punkt tra-

fienia jest w środku pasa i oblicza się na podstawie następującego wzoru i tabelki:

$$m = \frac{2\,(H - H_1)}{r_0}$$

gdzie H przypuszczalna odległość celu od działa,
H_1 — celownik danego strzału,
r_0 — prawdopodobne odchylenie wzdłuż.

m	$^1/_2$	1	$1^1/_2$	2	$2^1/_2$	3	$3^1/_2$	4	5	6	7	8	9	> 9
e	0,13	0,26	0,39	0,50	0,60	0,69	0,76	0,82	0,91	0,96	9,98	0,99	1	1

76. Krzywa Percin'a. Na podstawie wszelkich przypuszczeń o miejscu celu ułóżmy tabelę I. prawdopodobieństwa

TABELA I.

Przypuszczenie że cel jest od działa w odległości:	Prawdopodobieństwo obserwacji strzału krótkiego na celowniku 2000
metry	%
1890	0,00
1900	0,006
1910	0,04
1920	0,49
1930	0,63
1940	3,43
1950	5,58
1960	5,82
1970	9,26
1980	16,17
1990	28,66
2000	46,83
2010	66,88
2020	80,31
2030	87,30
2040	92,08
2050	95,04
2060	97,54
2070	99,04
2080	99,72
2090	99,94
2100	99,99
2110	100,00

obserwacji strzału krótkiego przy strzelaniu z działa 75 m/m w 1897 roku granatem mod. 1900 roku z zapalnikiem krótkim na celowniku 2.000 m. (r_0 wzdłuż dla ułatwienia obliczeń będziemy liczyli 10 metrów, zamiast 10,3 metra). Przy obliczeniach uwzględnimy prawdopodobieństwo obserwacji błędnej.

Na podstawie wszelkich przypuszczeń o miejscu celu, ułóżmy tabelę II, prawdopodobieństwa obserwacji strzału długiego, przy strzelaniu na celowniku 2,120 metrów.

TABELA II.

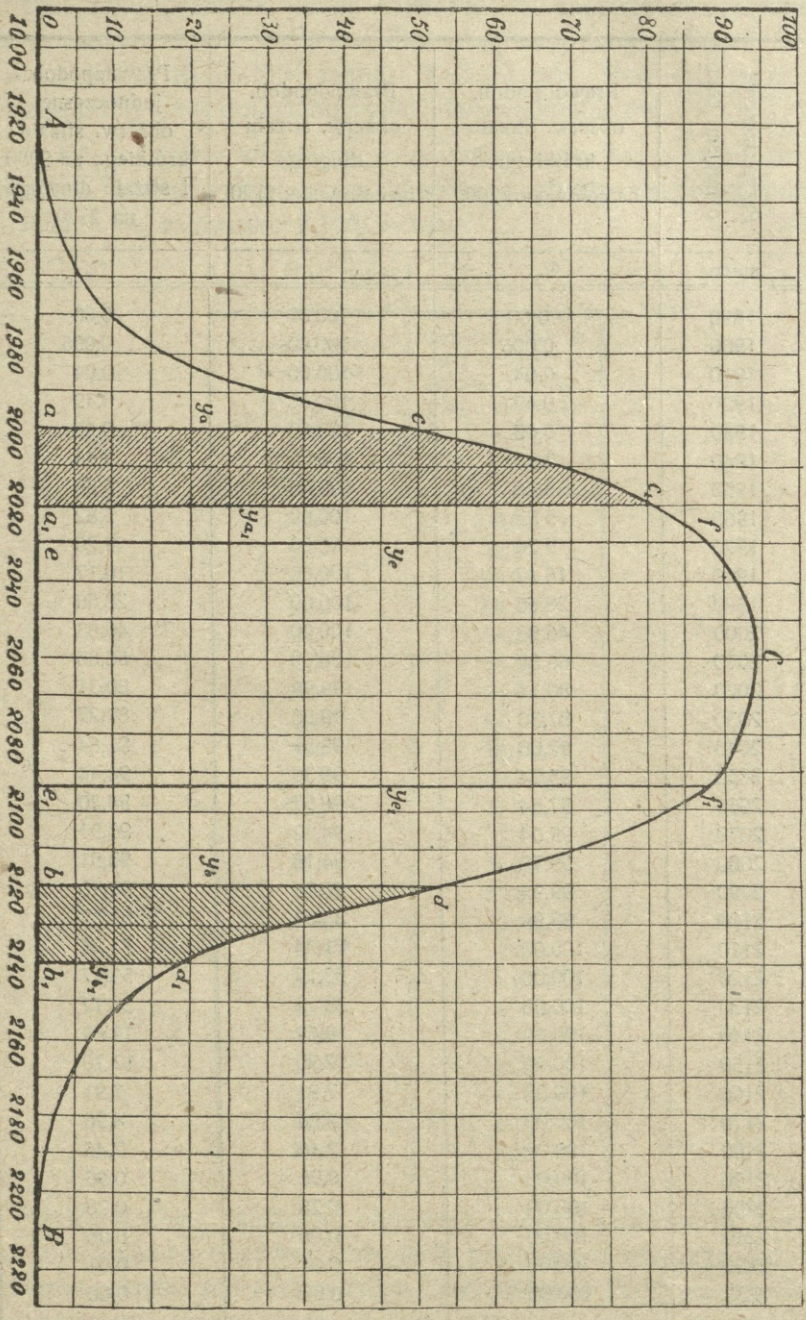
Przypuszczenie że cel jest od działa w odległości:	Prawdopodobieństwo obserwacji strzału długiego przy celowniku 2100
metry	%
2010	100,00
2020	99,99
2030	99,96
2040	99,51
2050	99,36
2060	96,57
2070	94,42
2080	94,18
2090	90,74
2100	83,83
2110	71,34
2120	53,17
2130	33,12
2140	19,69
2150	12,70
2160	7,91
2170	4,96
2180	2,46
2190	0,96
2200	0,28
2210	0,06
2220	0,01
2230	0,00

Rozważając całokształt obydwóch zdarzeń widzimy, że prawdopodobieństwo obserwacji strzałów krótkiego i długiego jednocześnie, określi się, zastosowując twierdzenie o iloczynie prawdopodobieństw, wobec czego ułożymy tabelę III, gdzie w ostatniej, rubryce umieścimy iloczyny tych prawdopodobieństw.

TABELA III.

Przypuszczenie o miejscu celu	Prawdopodob. obserw. strzału krótkiego na celowniku 2000	Prawdopodob. obserw. strzału długiego na celowniku 2120	Prawdopodob. jednoczesnej obserw. strzału krótkiego na 2000 i strzału długiego na 2120
metry	%	%	%
1890	0,00	100,00	0,00
1900	0,006	100,00	0,006
1910	0,04	100,00	0,04
1920	0,49	100,00	0,49
1930	0,63	100,00	0,63
1940	3,43	100,00	3,43
1950	5,58	100,00	5,58
1960	5,82	100,00	5,82
1970	9,26	100,00	9,26
1980	16,17	100,00	16,17
1990	28,66	100,00	28,66
2000	46,83	100,00	46,83
2010	66,88	100,00	66,88
2020	80,31	99,99	80,31
2030	87,30	99,96	87,27
2040	92,08	99,51	91,64
2050	95,04	99,36	94,44
2060	97,54	96,57	94,20
2070	99,04	94,42	93,91
2080	99,72	94,18	93,51
2090	99,94	90,74	90,70
2100	99,99	83,83	83,83
2110	100,00	71,34	71,34
2120	100,00	53,17	53,17
2130	100,00	33,12	33,12
2140	100,00	19,69	19,69
2150	100,00	12,70	12,70
2160	100,00	7,91	7,91
2170	100,00	4,96	4,96
2180	100,00	2,46	2,46
2190	100,00	0,96	0,96
2200	100,00	0,28	0,28
2210	100,00	0,06	0,06
2220	100,00	0,01	0,01
2230	100,00	0,00	0,00

Ostatnią rubrykę tej tabeli wyrazimy przez wykres (rys. 82).


0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
1000
1920
1940
1960
1980
2000
2020
2040
2060
2080
2100
2120
2140
2160
2180
2200
2220
A
B
C
a
a1
b
b1
c
c1
d
d1
e
e1
f
f1
ya
ya1
ye
ye1
yb
yb1

Rys. 82.

W wykresie tym oś x — jest miejscem celów, oś y—prawdopodobieństwem jednoczesnej obserwacji strzału krótkiego i długiego. Przypuśćmy, że nastawiliśmy celownik na 2,000, daliśmy strzał, i rzeczywiście, otrzymaliśmy krótki, a nastawiając celownik na 2,120 — rzeczywiście otrzymaliśmy długi. Postawmy sobie pytanie: gdzie znajduje się cel po obserwacji strzałów krótkiego i długiego? Prawdopodobieństwo obecności celu w punkcie a oznaczymy przez P_a; prawdopodobieństwo obecności celu w punkcie b oznaczymy przez Q_b. Współrzędne y_a i y_b oznaczają prawdopodobieństwo jednoczesnej obserwacji strzałów krótkiego i długiego w punktach a i b.

Ponieważ rozstrzygamy kwestję, gdy zdarzenie już miało miejsce, przeto na podstawie twierdzenia z teorji prawdopodobieństwa, że prawdopodobieństwa przypuszczeń są proporcjonalne do prawdopodobieństw zdarzeń w tych przypuszczeniach możemy napisać:

$$\frac{P_a}{Q_b} = \frac{y_a}{y_b},$$

a ponieważ to przypuszczenie będzie najprawdopodobniejsze, w którem prawdopodobieństwo zdarzenia jest największe, więc cel będzie tam, gdzie współrzędna y jest największą. Wobec tego, podług powyższej krzywej określamy, że *podstawa największej spółrzędnej y wykazuje najprawdopodobniejsze miejsce celu.* Prawdopodobieństwo, że cel znajduje się w jednym z punktów między a i a_1 oznaczymy przez P_{aa_1}; prawdopodobieństwo, że cel znajduje się w jednym z punktów pomiędzy b i b_1 oznaczymy przez Q_{bb_1}. Zastosowując twierdzenie o sumie prawdopodobieństw możemy napisać:

$$\frac{P_{aa_1}}{Q_{bb_1}} = \frac{\sum_a^{a_1} y_a}{\sum_b^{b_1} y_b}$$

t. j., że P_{aa_1} i Q_{ab_1} są proporcjonalne do sumy zmiennych spółrzędnych y — na przestrzeni aa_1 i bb_1.

Suma $\sum_a^{a_1} y_a$ wyraża powierzchnię $aa_1\ cc_1$ suma $\sum_b^{b_1} y_b$ wyraża powierzchnię $bb_1\ dd_1$ i wzór poprzedni napisze się:

$$\frac{P_{aa_1}}{Q_{bb_1}} = \frac{\text{powierzchnia } aa_1\ cc_1}{\text{powierzchnia } bb_1\ dd_1}.$$

Wielkość bb_1 jest wybraną dowolnie, możemy za nią przyjąć całą powierzchnię ACB ograniczoną przez krzywą, otrzymamy więc

$$\frac{P_{aa_1}}{QAB} = \frac{\text{pow. } aa_1\ cc_1}{\text{pow. } ACB} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (82)$$

gdzie QAB — jest prawdopodobieństwem, że cel znajduje się w jednym z punktów między A i B. Spółrzędne y punktów A i B są równe zeru, więc cel nie może być bliżej punktu A i dalej od punktu B, ponieważ prawdopodobieństwo jego obecności jest proporcjonalne do spółrzędnej y, t. j. obecność celu między punktami A i B jest pewną i prawdopodobieństwo zdarzenia = 1, wobec czego, nazywając powierzchnię ACB przez S, napiszemy:

$$P_{aa_1} = \frac{\text{pow. } aa_1\ cc_1}{S} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (83)$$

W praktyce kreślą krzywą na kratkowanym papierze, obliczając jaką ilość kratek zawiera S i $aa_1\ cc_1$, stosunek tych dwóch ilości da prawdopodobieństwo P_{aa_1}.

To samo osiągniemy wycinając S i $aa_1\ cc_1$ i ważąc każdy kawałek oddzielnie.

Wzór (83) określi się więc tak: *prawdopodobieństwo przypuszczenia, że cel jest między punktami* aa_1 *równa się powierzchni ograniczonej odcinkiem* aa_1 *osi* x, *spółrzędnemi* y_a *i* y_{a_1} *i odcinkiem krzywej* cc_1, *przyczem miarą tej powierzchni jest powierzchnia* S *ograniczona osią* x *i krzywą.*

Wykreślimy dwie spółrzędne y_e i y_{e_1} jednakowo oddalone od najprawdopodobniejszego miejsca celu i odgraniczające powierzchnię $ee_1\ ff_1 = \frac{S}{2}$.

Na przestrzeni ee_1 cel znajduje się w połowie wszystkich wypadków; zastosowując określenie wielkości prawdopodobnego odchylenia znajdziemy, że $= \frac{ee_1}{2}$ jest prawdopodobnem odchyleniem czyli prawdopodobnym błędem określenia miejsca celu.

Wobec czego dla określenia prawdopodobnego błędu miejsca celu lub odpowiedniego temu miejsca celownika, *należy dwiema spółrzędnemi, jednakowo oddalonemi od najprawdopodobniejszego miejsca celu, odgraniczyć powierzchnię równą połowie powierzchni całej krzywej; połowa odległości między spółrzędnemi* y, *wyrazi prawdopodobny błąd najprawdopodobniejszego celownika.*

Krzywa powyższa nazywa się krzywa Percin'a *). Krzywą tę możemy wykreślać dla wszelkiej ilości obserwowanych strzałów, zastosowując sposób powyższy i podług niej określać:

a) najprawdopodobniejszy celownik,
b) prawdopodobieństwo znalezienia celu na pewnej przestrzeni,
c) prawdopodobny błąd najprawdopodobniejszego celownika.

Na podstawie powyższych wstępnych wywodów przystąpimy teraz do określenia teoretycznych podstaw wstrzelania, prowadząc wstrzelanie matematycznie podług krzywej Percin'a z uwzględnieniem błędnej obserwacji.

Przy określaniu będziemy będziemy opierać się na Instruction sur le tir d'artillerie, 1-re fascicule, approuvè par le Ministre de la guerre le 19 novembre 1917, compartant les feuilles rectificatives NN 1 et 2. W dalszych swoich wywodach będziemy oznaczać tę książkę literami: *I. A.*

---

*) Francuski artylerzysta.

ROZDZIAŁ II.

Wstrzelanie uderzeniowe*).

77. Obramowanie celu. Widły. Przypuśćmy, że określiliśmy odległość do celu na 2.000 metrów, nastawimy odpowiednio celownik i oddajemy strzał; obserwacja określa go, jako krótki. **)

Mamy pewność co do celownika i obserwacji, pewności zaś co do miejsca celu nie mamy; wobec tego na podstawie szeregu przypuszczeń o miejscu celu, określimy dla każdego z tych miejsc prawdopodobieństwo obserwacji strzału krótkiego przy celowniku 2 000. Rezultaty tych obliczeń mamy w tabeli I.

Kreśląc, jak powyżej, na podstawie tej tabeli krzywą (Rys. 83) widzimy z niej, że przy obserwowanym już strzale krótkim, najprawdopodobniejsze miejsce celu jest na celowniku 2.100, 2.110, 2.120 i t. d., t. j. im dalej, tem przypuszczenie to jest prawdopodobniejsze.

Oczywista, że jeśli przy celowniku 2.000 obserwujemy strzał długi, wówczas, by obramować cel musielibyśmy zmniejszyć celownik i dać następny strzał na celowniku 1.880.

Wybierzmy celownik 2.120.

Na celowniku 2.000 obserwowaliśmy krótki, z tego wnioskujemy, że cel jest na celowniku 2,120, na którym należy dać strzał następny.

Przy celowniku 2.120 możemy obserwować:

a) strzał krótki — co wskazuje na błąd w określeniu odległości do celu i wówczas przyjmując celownik 2.120 prowadzimy wstrzelanie nanowo;
b) strzał długi;
c) trafienie do celu.

Jeśli otrzymamy: strzał krótki przy celowniku 2.000
strzał długi przy celowniku 2.120

usprawiedliwimy tem art. 256 i 274 I. A. Artykuły te głoszą o szerokości obramowania równej podwójnym widłom ***). W danym wypadku: widły = 120 metrów, r_0 = 10 metrów (okrągło) — czyli $12\,r_0$ = podwójnym widłom = 120 metrów.

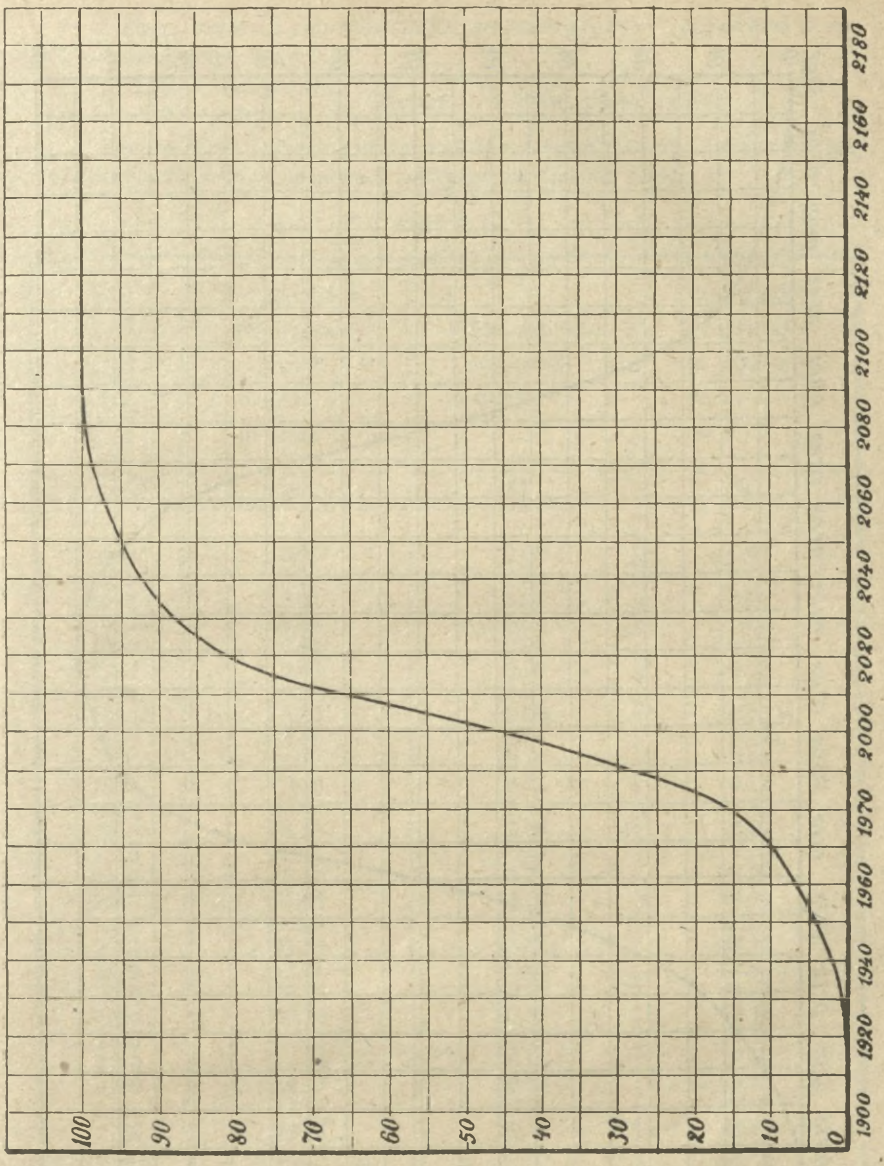
Mamy więc obecnie zdarzenie złożone: strzał krótki na celowniku 2,000 strzał długi na celowniku 2.120. Obliczając prawdopodobieństwo obserwacji

---

*) Działo francuskie 75 m/m. wz. 1897 r.

**) Mówiąc o wstrzelaniu dokładnem, powinniśmy używać kątów celowania wyrażonych w stopniach, co znacznie zmniejsza przejrzystość kursu elementarnego, używać przeto będziemy takich nastaw celowników, dla których niema odpowiednich podziałek na celowniku działa 75 m/m.

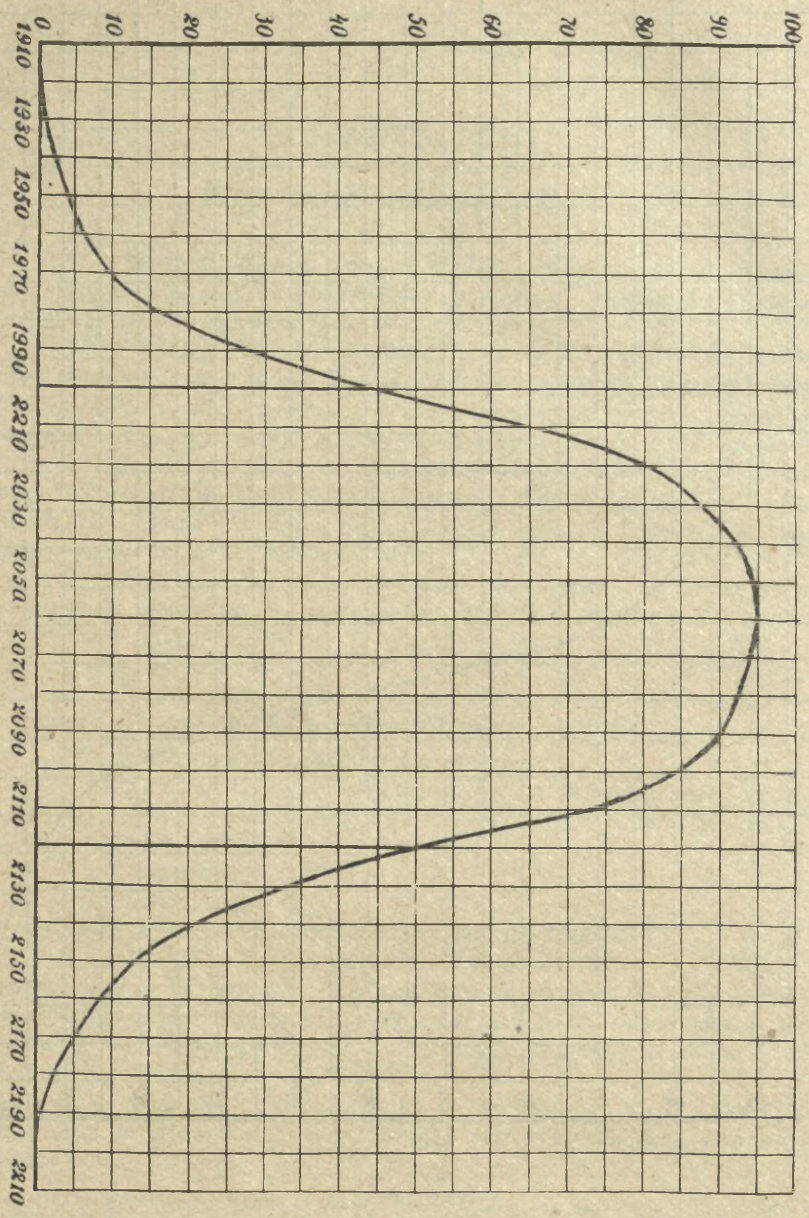
***) Praktycznie, obramowanie przeprowadza się skokami po 200 lub 400 metrów.



Rys. 83.

strzału długiego na celowniku 2.120 (Tabela II) i zastosowując twierdzenie o iloczynie prawdopodobieństw (tabela III) wyrazimy jej ostatnią rubrykę przez krzywą (Rys. 84).

Z rysunku tego wnioskujemy, że najprawdopodobniejsze miejsce celu będzie na celowniku 2.060 i oddajemy następny strzał na tym celowniku, co jest zgodne z art. 256 i 277. I. A. Artykuły te głoszą: po otrzymaniu obramo-



Rys. 84.

wania szerokości podwójnych wideł, zwężają je do szerokości wideł przy strzelaniu dokładnem, przy strzelaniu zwykłem widły podwójne zwężają się, gdy cel nie jest głęboki i gdy jest dobrze widoczny.

Oddając strzał na celowniku 2.060 zaobserwowaliśmy przypuśćmy krótki *) — mamy więc widły:

2.060 krótki
2.120 — długi } = widłom = 6 praw. odch. wzdłuż:

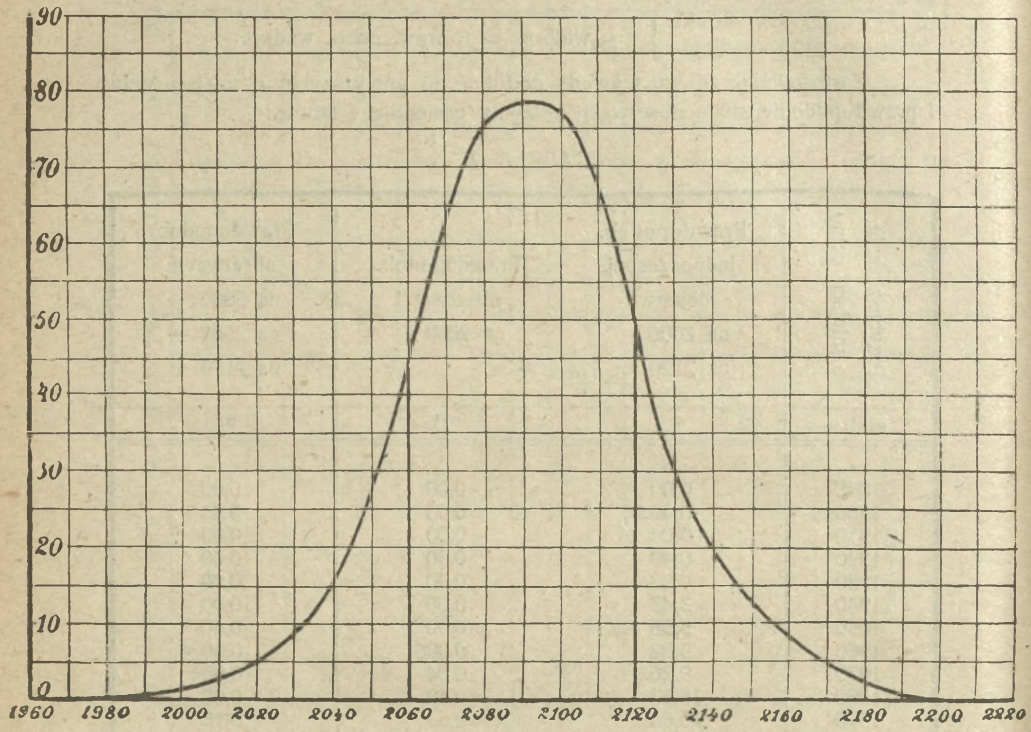
Zastosowując znowu wywody podobne do powyższych, o miejscu celu i prawdopodobieństwie obserwacji ułożymy następującą tabelę:

TABELA IV.

Przypuszczenie o miejscu celu	Prawdopodob. jednoczesnej obserw. na 2000 — na 2120 +	Prawdopodob. obserwacji na 2060 —	Prawdopodob. obserwacji na 2000 — na 2060 — na 2120 +
metry	%	%	%
1890	0,00	0,00	0,00
1900	0,006	0,00	0,00
1910	0,04	0,00	0,00
1920	0,49	0,00	0,00
1930	0,63	0,00	0,00
1940	3,43	0,00	0,00
1950	5,58	0,00	0,00
1960	5,82	0,006	0,0004
1970	9,26	0,04	0,004
1980	16,17	0,49	0,08
1990	28,66	0,63	0,18
2000	46,83	3,43	1,60
2010	66,88	5,58	3,68
2020	80,31	5,82	4,67
2030	87,27	9,26	8,08
2040	91,64	16,17	14,92
2050	94,44	28,66	27,07
2060	94,20	46,83	44,11
2070	93,91	66,88	62,44
2080	93,51	80,31	75,41
2090	90,70	87,30	79,18
2100	83,83	92,08	77,19
2110	71,34	95 04	67,80
2120	53,17	97,54	51,86
2130	33,12	99,04	32,80
2140	19,69	99,72	19,63
2150	12,70	99,94	12,69
2160	7,91	99,99	7,92
2170	4,96	100,00	4,96
2180	2,46	100,00	2,46
2190	0,96	100,00	0,96
2200	0,28	100,00	0,28
2210	0,06	100,00	0,06
2220	0,01	100,00	0,01
2230	0,00	100,00	0,00

*) Przy strzale długim wywody będą zupełnie podobne.

Na podstawie tabeli IV, wykreślimy krzywą (Rys. 85).



Rys. 85.

Z ostatniej rubryki tabeli IV i z wykresu możemy wnioskować, że najprawdopodobniejsze miejsce celu będzie na celowniku 2,090. Oddajemy na tym celowniku strzał. Możemy otrzymać:

a) 2.060 krótki
2.090 długi
b) 2.090 krótki
2.120 długi.

Powyższe opiera się na art. 275 I. A., który głosi: jeśli cele są liczne i jeśli obawiamy się, że obserwacja może być zmyloną przez inne strzały w sąsiedztwie celu, zwężamy obramowanie do połowy wideł.

Rozpatrzymy zdarzenie *a*, znowu na podstawie przypuszczeń o miejscu celu, obliczymy prawdopodobieństwo obserwacji strzału długiego na celowniku 2.090 i przyjmując pod uwagę wszystkie obserwacje:

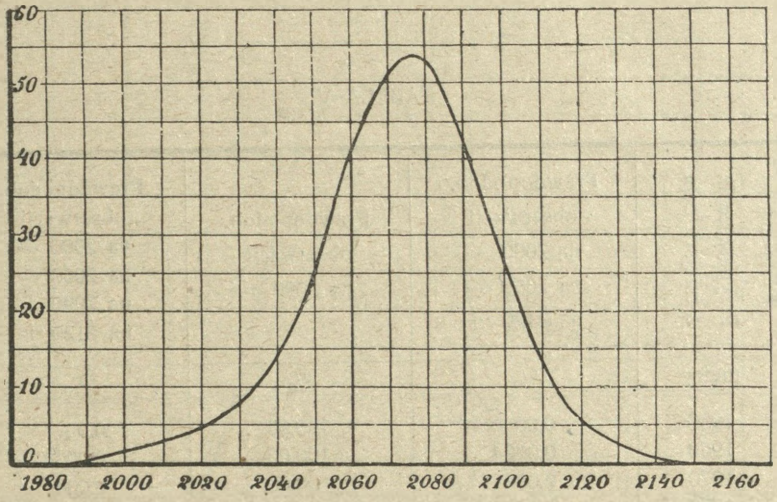
2.000 krótki
2.060 krótki
2.090 długi
2.120 długi

ułożymy tabelę V.

TABELA V.

Przypuszczenie o miejscu celu	Prawdopodob. obserwacji na 2000 — na 2060 — na 2120 +	Prawdopodob. obserwacji na 2090 +	Prawdopodob. obserwacji na 2000 — na 2060 — na 2090 + na 2120 +
metry	%	%	%
1950	0,00	100,00	0,00
1960	0,0004	100,00	0,0004
1970	0,004	100,00	0,004
1980	0,08	100,00	0,08
1990	0,18	99,99	0,18
2000	1,60	99,96	1,60
2010	3,68	99,51	3,66
2020	4,67	99,36	4,64
2030	8,08	96,57	7,80
2040	14,92	94,42	14,09
2050	27,07	94,18	25,49
2060	44,11	90,74	40,03
2070	62,44	83,83	52,34
2080	75,41	71,34	53,80
2090	79,18	53,17	42,10
2100	77,19	33,12	25,36
2110	67,80	19,69	13,18
2120	51,86	12,70	6,49
2130	32,80	7,91	2,60
2140	19,63	4,96	0,97
2150	12,69	2,46	0,31
2160	7,92	0,96	0,076
2170	4,96	0,28	0,014
2180	2,46	0,06	0,0015
2190	0,96	0,01	0,0001
2200	0,28	0,00	0,00
2210	0,06	0,00	0,00
2220	0,01	0,00	0,00
2230	0,00	0,00	0,00

Na podstawie tabeli V, wykreślimy krzywą (Rys. 86).



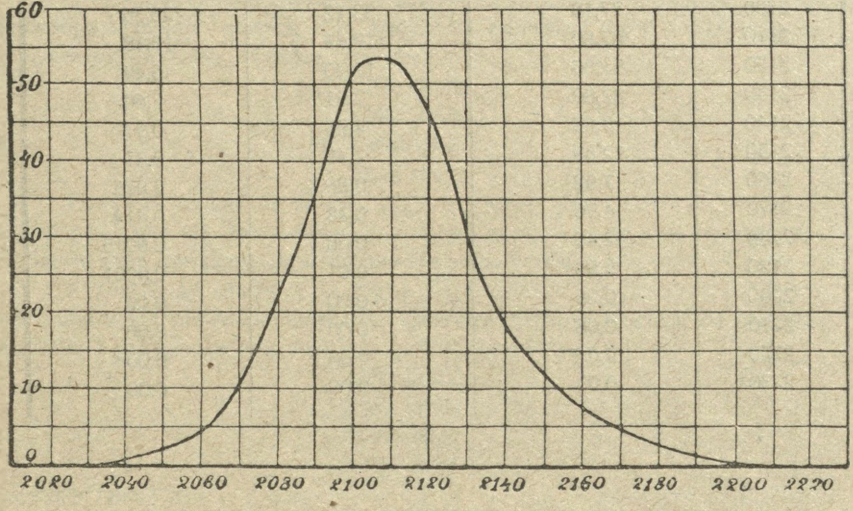
Rys. 86.

Rozpatrzmy teraz zdarzenie *b*; na podstawie przypuszczeń o miejscu celu obliczymy prawdopodobieństwo obserwacji strzału krótkiego na celowniku 2,090 i przyjmując pod uwagę wszystkie obserwacje:

2.000 krótki
2,060 krótki
2.090 krótki
2.120 długi

ułożymy tabelę VI.

Na podstawie tabeli VI (str. 159), wykreślimy krzywą (Rys. 87).



Rys. 87.

TABELA VI.

Przypuszczenie o miejscu celu	Prawdopodob. obserwacji na 2000 — na 2060 — na 2120 +	Prawdopodob. obserwacji na 2090 —	Prawdopodob. obserwacji na 2000 — na 2060 — na 2090 — na 2120 +
metry	%	%	%
1950	0,00	0,00	0,00
1960	0,0004	0,00	0,00
1970	0,004	0,00	0,00
1980	0,08	0,00	0,00
1990	0,18	0,006	0,00001
2000	1,60	0,04	0,0006
2010	3,68	0,49	0,018
2020	4,67	0,63	0,03
2030	8,08	3,43	0,28
2040	14,92	5,58	0,83
2050	27,07	5,82	1,58
2060	44,11	9,26	4,18
2070	62.44	16,17	10,10
2080	75,41	28,66	21,61
2090	79,18	46,83	37,08
2100	77,19	66,88	51,63
2110	67,80	80,31	54,45
2120	51,86	87,30	45,27
2130	32,80	92,08	30,20
2140	19,63	95,04	18,58
2150	12,69	97,54	12,38
2160	7,92	99,04	7,84
2170	4,96	99,72	4,95
2180	2,46	99,94	2,46
2190	0,96	99,99	0,96
2200	0,28	100,00	0,28
2210	0,06	100,00	0,06
2220	0,01	100,00	0,01
2230	0,00	100,00	0,00

Zwężenie wideł do 3 prawdopodobnych odchyleń wzdłuż stanowi granicę przy strzelaniu zwykłem (przy strzelaniu dokładnem wstrzeliwując działa pojedyńczo osiąga się większą dokładność). Rozsiew zmusza do zatrzymania się na tych granicach, ponieważ w przeciwnym wypadku otrzymalibyśmy znaczny procent błędnych wideł — co uwidocznia następująca tabela:

TABELA VII.

Widły	Σ kratek między spółrzędn. najprawd. miejsca celu	Σ kratek nazewnątrz	Ogólna Σ kratek	Prawdopodob. rzeczywistych wideł. %	Prawdopodob. błędnych wideł. %
2000 — 2120 +	$184^1/_2$	$35^1/_2$	220	83,86	16,14
2060 — 2120 +	82	$38^3/_2$	$120^1/_2$	68,05	31,95
2060 — 2090 +	$27^1/_2$	$25^1/_2$	53	51,88	48,12
2090 — 2120 +	30	$28^1/_2$	58	51,11	48,88

Tabela powyższa wskazuje, że prawdopodobieństwo wideł rzeczywistych i błędnych szerokości 3 prawdopodobnych odchyleń jest prawie jednakowe. Wypływa stąd niezbędność dla strzelającego upewnić się, czy cel jest rzeczywiście w osiągniętych granicach wideł.

78. Sprawdzenie wideł. Po obramowaniu celu należy upewnić się w granicach wideł. Art. 253 I. A. wymaga osiągnięcia na każdej granicy dwóch strzałów jednego znaku; sprawdzimy to teoretycznie dla wideł szerokości 3-ch prawdopodobnych odchyleń i jeśli twierdzenie to jest słuszne, więc siłą rzeczy, będzie ono słuszne i dla wideł szerszych.

Przypuśćmy, że mamy widły:

2.060 —
2.090 +

Dajemy jeden strzał na 2.090 i otrzymujemy +, dajemy drugi na 2.060 otrzymujemy —.

Otrzymaliśmy więc podczas całego wstrzelania następujące znaki strzałów:

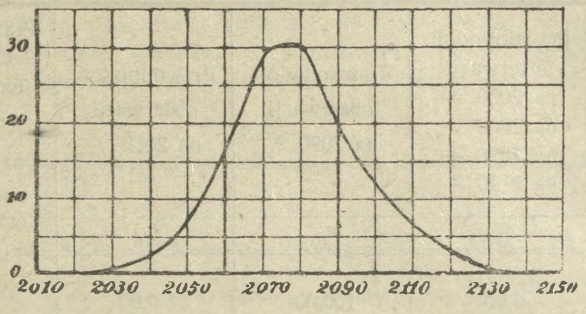
2.000 —
2.120 +
2.060 —
2.090 +
2.090 +
2.060 —

Tak jak poprzednio, zrobimy szereg przypuszczeń o miejscu celu, obliczymy prawdopodobieństwo obserwacji i ułożymy tabelę VIII.

TABELA VIII.

Przypuszczenie o miejscu celu	Prawdopodob. obserwacji na 2000 —, na 2060 —, na 2090 +, na 2120 +	Prawdopodob. obserwacji na 2090 +	Prawdopodob. obserwacji na 2060 —	Prawdopodob. obserwacji na 2000 —, na 2060 ∓, na 2090 ∓, na 2120 +
metry	%	%	%	%
1950	0,00	100,00	0,00	0,00
1960	0,0004	100,00	0,006	0,00
1970	0,004	100,00	0,04	0,00
1980	0,08	100,00	0,49	0,00
1990	0,18	99,00	0,63	0,001
2000	1,60	99,96	3,43	0,05
2010	3,66	99,51	5,58	0,20
2020	4,64	99,36	5,82	0,27
2030	7,80	96,57	9,26	0,63
2040	14,09	94,42	16,17	2,15
2050	25,49	94,18	28,66	6,87
2060	40,03	90,74	46,83	16,00
2070	52,34	83,83	66,88	29,35
2080	53,80	71,34	80,31	30,82
2090	42,10	53,17	87,30	19,74
2100	25,36	33,12	92,08	6,82
2110	13,18	19,69	95,04	2,47
2120	6,49	12,70	97,54	0,83
2130	2,60	7,91	99,04	0,20
2140	0,97	4,96	99,72	0,048
2150	0,31	2,46	99,94	0,008
2160	0,076	0,96	99,99	0,0007
2170	0,014	0,28	100,00	0,00
2180	0,0015	0,06	100,00	0,00
2190	0,0001	0,01	100,00	0,00
2200	0,00	0,00	100,00	0,00

Na podstawie tej tabeli wykreślimy krzywą (Rys. 88).



Rys. 88.

Z krzywej tej określimy teraz prawdopodobieństwo wideł rzeczywistych i błędnych po sprawdzeniu granic i porównamy otrzymany rezultat z odpowiednią rubryką tabeli VII:

TABELA IX.

	Widły	Σ kratek wewnątrz	Σ kratek zewnątrz	Ogólna Σ kratek	Prawdop. rzeczywistych wideł %	Prawdopodob. błędnych wideł %
Po sprawdzeniu	2060 — 2090 +	14	9	23	60,87	38,13
Przed sprawdzeniu	2060 — 2000 +	$27^1/_2$	$25^1/_2$	53	51,88	48,12

Tabela ta wykazuje w zupełności słuszność Art. 253 I. A. Oczywista, ze zwiększeniem ilości strzałów na granicach, prawdopodobieństwo wideł rzeczywistych będzie się znacznie zwiększało.

Przy widłach: 1090 —, 2.120 +, prawdopodobieństwo wideł rzeczywistych będzie jednakowe z prawdopodobieństwem wideł 2.060 —, 2.090 +.

79. Ustalenie najprawdopodobniejszego celownika. Przy wstrzelaniu dokładnem, jako celownik właściwy, przyjmuje się celownik średni między celownikami wideł szerokości 6 prawdopodobnych odchyleń.

Celownik ten sprawdza się strzelaniem serjami, przyczem dąży się do zrównania ilości strzałów krótkich i długich przez zmianę celownika o wielkość $a - \frac{n}{2}$ wideł, gdzie n jest ilością strzałów serji, a — ilość strzałów obserwowanych jednego znaku w danej serji.

Przypuśćmy, że mamy: 2.060 — i 2.120 + sprawdzimy granice tych wideł i obliczymy prawdopodobieństwo obserwacji robiąc wszelkie przypuszczenia o położeniu celu. Obliczenia ułożymy w tabelę X.

TABELA X.

Przypuszczenie o miejscu celu	Prawdopodob. obserwacji na 2000 — na 2060 — na 2120 +	Prawdopodob. obserwacji na 2120 +	Prawdopodob. obserwacji na 2060 —	Prawdopodob. obserwacji na 2000 — na 2060 ∓ na 2120 +
metry	%	%	%	%
1950	0,00	100,00	0,00	0,00
1960	0,0004	100,00	0,006	0,00
1970	0,004	100,00	0,04	0,00
1980	0,08	100,00	0,49	0,00
1990	0,18	100,00	0,63	0,001
2000	1,60	100,00	3,43	0,05
2010	3,68	100,00	5,58	0,20
2020	4,66	99,99	5,82	0,27
2030	8,08	99,96	9,26	0,75
1040	14,92	99,51	16,17	1,40
2050	27,07	99,36	28,66	7,70
2060	44,11	96,57	46,83	19,91
2070	62,44	94,42	66,88	55,03
2080	75,41	94,18	80 31	56,02
2090	79,18	90,74	87,30	61,14
2100	77,19	83,83	92,08	51,89
2110	67,80	71,34	95,04	45,97
2120	51.86	53,17	97,54	26,90
2130	32,80	33,12	99,04	10,76
2140	19.63	19,69	99,72	2,84
2150	12,69	12.70	99,94	1,61
2160	7,92	7,91	99,99	0,63
2170	4,96	4,96	100,00	0,23
2180	2,46	2,46	100,00	0,06
2190	0,96	0,96	100,00	0,009
2200	0 28	0,28	100,00	0,0006
2210	0,06	0,06	100,00	0.00
2220	0,01	0,01	100,00	0,00
2230	0,00	0,00	100,00	0,00

Na średnim celowniku, t. j. na celowniku 2.090 dajemy serję strzałów np. 6. Strzały te mogą się ułożyć podług następujących kombinacyj:

6 + 5 + 4 + 3 + 2 + 1 + 0 +
0 —, 1 —, 2 —, 3 —, 4 —, 5 —, 6 —.

Obliczymy prawdopodobieństwa obserwacji strzałów poprzedzających serję z każdą z kombinacji strzałów serji, zastosowując twierdzenie o iloczynie prawdopodobieństw, w którem jednym mnożnikiem będzie ostatnia rubryka tabeli X, drugim zaś odpowiedni składnik dwumianu:

$(p + q)^6 = p^6 + 6\,p^5q + 15\,p^4q^2 + 20\,p^3q^3 + 15\,p^2q^4 + 6\,pq^5 + q^6$,

p i q mają znaczenie następujące:

TABELA XI.

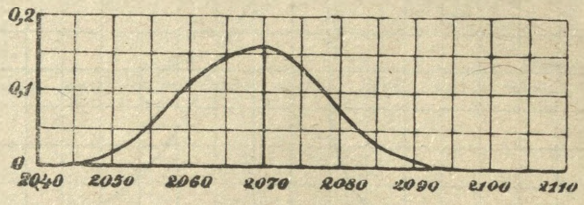
Przypuszczenie o miejscu celu	Prawdopodobieńst. obserwacji: na 2090 + p	Prawdopodobieńst. obserwacji: na 2090 — q
metry	%	%
1980	100,00	0,00
1990	99,99	0,006
2000	99,96	0,04
2010	99,51	0,49
2020	99,36	0,63
2030	96,57	3,43
2040	94,42	5,58
2050	94,18	5,82
2060	90,74	9,26
2070	83,83	16,17
2080	71,34	28,66
2090	53,17	46,83
2100	33,12	66,88
2110	19,69	80,31
2120	12,70	87,30
2130	7,91	92,08
2140	4,96	95,04
2150	2,46	97,54
2160	0,96	99,04
2170	0,28	99,72
2180	0,06	99,94
2190	0,01	99,99
2200	0,00	100,00

Wszystkie obliczenia ułożymy w tabelę XII.

TABELA XII.

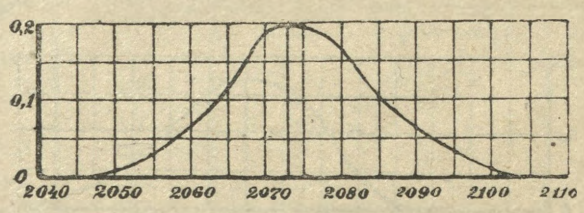
Przypuszczenia o miejscu celu	Prawdopodobieństwo obserwacji; na 2000 —, na 2120 ∓, na 2060 ⁻, łącznie z kombinacjami:						
	6 + ,0 —	5 + ,1 —	4 + ,2 —	3 + ,3 —	2 + ,4 —	1+ ,5—	0 + ,6 —
2040	0,009	0,008	0,0005	—	—	—	—
2050	0,02	0,009	0,0014	0,0 001	—	—	—
2060	0,11	0,068	0,0 7	0,0023	0,0001	—	—
2070	0,16	0,19	0,09	0,027	0,0039	0,0002	0,00009
2080	0,071	0,17	0,165	0,092	0,003	0,0036	0,001
2090	0,013	0,66	0,16	1,88	0,12	0,036	0,005
2100	0,00067	0,0089	0,042	0,11	0,17	0,13	0,045
2110	0,00014	0,0006	0,0065	0,03	0,10	0,18	0,12
2120	—	0,00004	0,00005	0,007	0,037	0,10	0,119
2130	—	—	0,00004	0,00012	0,007	0,034	0,065
2140	—	—	—	0,00006	0,00084	0,0065	0,018

Kreśląc na podstawie tej tabeli krzywe (Rys. 89, 90, 91, 92, 93, 94 i 95) obliczymy podług nich



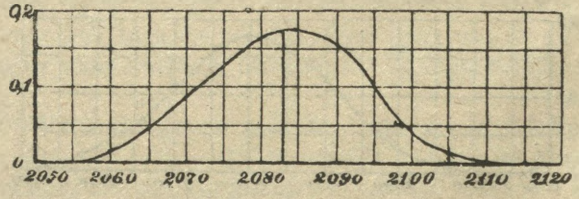
6 + , 0 —

Rys. 89.



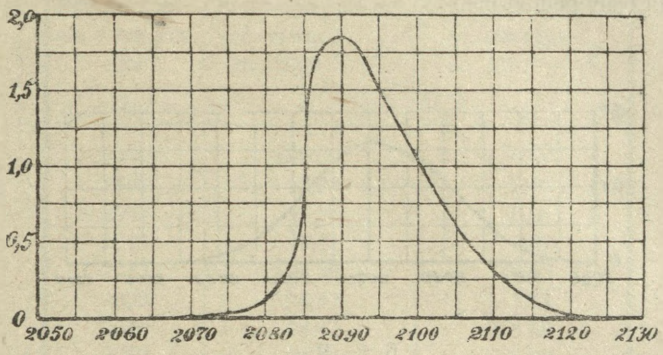
5 + , 1 —

Rys. 90.



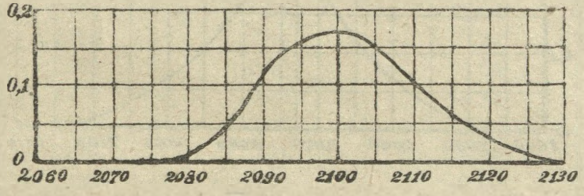
4 + , 2 —

Rys. 91.



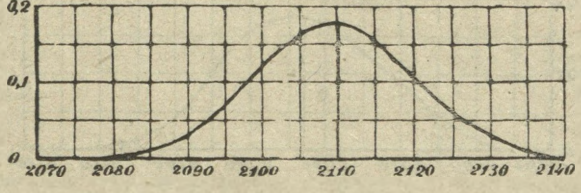
3 +, 3 —

Rys. 92.



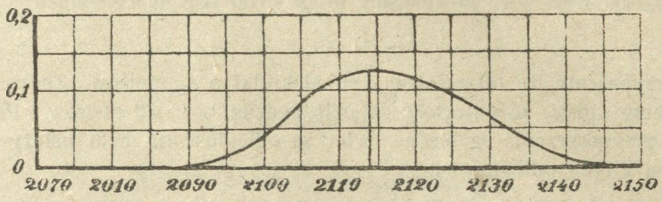
2 +, 4 —

Rys. 93.



1 +, 5 —

Rys. 94.



0 + , 6 —

Rys. 95.

najprawdopodobniejszy celownik (podstawę największej spółrzędnej y):

TABELA XIII.

Kombinacja strzałów	Najprawdopodobniejszy celownik	Różnica między najprawdopodobniejszym celownikiem a rzeczywistym		
		metry	praw. odch.	odch. prakt.
6 + 0 —	2070	20	2	3
5 + 1 —	2074	16	1,6	2,4
4 + 2 —	2084	6	0,6	0,9
3 + 3 —	2090	0	0	0
2 + 4 —	2100	10	1	1,5
1 + 5 —	2110	20	2	3
0 + 6 —	2114	24	2,4	3,6

Z tabeli tej widzimy:

1. Potwierdzenie artykułu 259 I. A. o poprawce celownika o $\frac{a - \frac{n}{2}}{n}$ części wideł, dążąc do zrównania ilości znaków.
2. Przy otrzymaniu tylko plusów lub tylko minusów należy wykonać skok o połowę wideł w odpowiednią stronę (Art. 262 I. A.).
3. Przy torze średnim, przechodzącym przez podstawę celu, otrzymujemy widły zwarte, t. j. równą ilość strzałów krótkich i długich.

80. Wstrzelanie za pomocą mierzenia odchyleń. Przypuśćmy, że odległość do celu określimy na D_1 metrów; po daniu kilku strzałów, przy pomocy których wstrzeliwujemy zgrubsza kierunek i odległość zaczynamy mierzyć odchylenia pocisków od celu. Przypuśćmy, że przy pierwszym mierzonym strzale określiliśmy: długi na a_1 metrów (wskazówka art. 268 I. A. o mierzeniu właściwem dopiero po 2 strzale w danym wypadku jest, jak widzimy z powyższego uwzględniona).

Z powodu rozsiewu nie możemy powiedzieć, że odległość do celu jest $(D_1 - a_1)$ metrów, więc powinniśmy drugi strzał dać na celowniku:

$$D_2 = D_1 - a_1$$

Przypuśćmy, że otrzymaliśmy strzał krótki o a_2 metrów. Znowu z tego nie możemy sądzić, że odległość do celu będzie $(D_2 + a_2)$ metrów. Ponieważ obydwa przypuszczenia są błędne, więc za odległość do celu należy przyjąć przeciętną z tych odległości t. j.

$$\frac{D_1 - a_1 + D_2 + a_2}{2}$$

czyli

$$D_2 + \frac{a_2}{2}$$

Wnioskujemy, że trzeci strzał należy dać na celowniku

$$D_3 = D_2 + \frac{a_2}{2}$$

Przypuśćmy, że przy trzecim strzale otrzymaliśmy długi o a_1 metrów. Na podstawie rezultatów wszystkich strzałów możemy napisać:

$$\frac{D_1 - a_1 + D_2 + a_2 - D_3 - a_3}{2}$$

czyli:

$$D_3 - \frac{a_3}{3} \text{ i t. d.}$$

n-ny strzał należy dać na celowniku:

$$D_n = D_{n-1} \pm \frac{a_{n-1}}{n-1} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (84)$$

Bezwzględna wartość poprawki po każdym strzale równa się bezwzględnej wartości zmierzonego odchylenia, podzielonego przez numer strzału.

Oczywista, że po pewnej ilości strzałów poprawki tak się zmniejszą, że w praktyce trudno będzie je nadać na przyrządach celowniczych, wobec czego art. 268 — ogranicza ilość strzałów do 6-ciu. Jeśli po 6-ciu strzałach rezultat nie będzie osiągnięty t. j. kierunek i odległość nie są wstrzelane, rozpoczyna się nową serją strzałów wstrzelanie na nowo.

ROZDZIAŁ III.

Wstrzelanie rozpryskowe.

81. Określenia. Wstrzelanie rozpryskowe tem różni się od strzelania uderzeniowego, że oprócz określenia celownika dla średniego toru trzeba określić nastawę zapalnika.

Nastawę zapalnika dobieramy taką, by średni punkt rozprysków, na średnim torze, był na określonej odległości od celu.

Poziomą odległość od punktu rozprysku szrapnela do celu nazywamy **odstępem rozprysku**, wobec czego, poziomą odległość średniego punktu rozprysku od celu nazwiemy **średnim odstępem rozprysku.**

Odstęp rozprysku powinien być taki, by dawał największe pole rażenia.

Przy wstrzelaniu rozpryskowem przyjmujemy jako założenie: *przy określonym czasie palenia się zapalnika, odstęp rozprysku jest niezmienny przy wszystkich torach.*

Błąd tego przypuszczenia jest nieznaczny i niema żadnego znaczenia przy praktycznem strzelaniu; na podstawie tego przypuszczenia poprawki odległości i czasu palenia się zapalnika są niezależne jedna od drugiej. Nadając poprawki na odległość, dążymy do sprowadzenia średniego toru przez podstawę celu, nadając poprawki czasu palenia się zapalnika, regulujemy odstęp rozprysku.

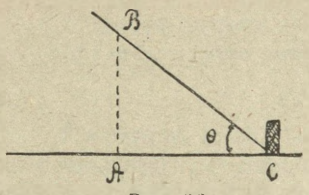
Wszystkie rozpryski, rozsiewając się około średniego punktu rozprysków, tworzą elipsoidę rozsiewu określonych wymiarów, zależnie od odległości strzelania. Osie elipsoidy rozsiewów zawierają 8 prawdopodobnych odchyleń w odpowiednich kierunkach.

Z powyższego widzimy, że dla osiągnięcia największego rażenia przy strzelaniu rozpryskowem należy:

1) by średni tor przeszedł przez podstawę celu,

2) by średni odstęp rozprysku był taki, przy którym otrzymujemy największe rażenie.

W praktyce nie możemy sądzić z rezultatów strzałów o odstępie rozprysku, możemy sądzić tylko o jego wysokości.



Rys. 96.

Z rysunku 96 widzimy, że zależność między wysokością, a odstępem rozprysku wyraża się przez wzór:

$$AC\,tg\,\Theta = h \ . \ . \ . \quad (85)$$

Wobec tego, warunki dla największego rażenia możemy określić:

1) średni tor powinien przechodzić przez podstawę celu,

2) średnia wysokość rozprysku powinna być taka, by można było przy niej osiągnąć największe rażenie.

Cel zawsze posiada pewną wysokość i przy strzelaniu dym rozprysku szrapnela zwykle zakrywa lub bywa zakryty celem; w ten sposób odróżniamy strzały krótkie lub długie. Jeśli rozprysk nastąpił wyżej celu, nie możemy nigdy dokładnie powiedzieć, czy był to strzał krótki, czy długi.

Podług wysokości rozprysków rozróżnia się:

1) Rozpryski na ziemi (nurki)
2) „ niskie do wysokości 1-tysięcznej
3) „ normalne „ 3-tysięcznych
4) „ wysokie wyżej 3-tysięcznych.

82. Wstrzelanie wysokości rozprysku. W odległości, teoretyczne podstawy wstrzelania rozpryskowego są takie same, jak dla strzelania uderzeniowego, wobec czego, zawsze, jeśli obserwacja pozwala, wstrzeliwać się należy strzałami uderzeniowemi i potem przechodzić do strzałów rozpryskowych.

Wstrzelać należytą wysokość rozprysku jest to, zgodnie z prawem rozsiewu, otrzymać równą ilość rozprysków wyżej i niżej granicy należytej wysokośct rozprysku.

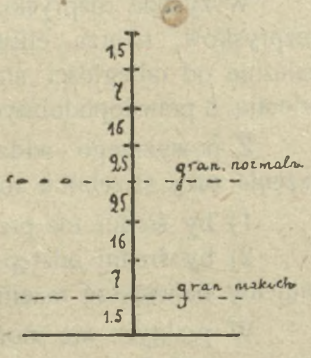
Celem scharakteryzowania obrazu rozsiewu jaki przedstawi się przy należycie wstrzelanej wysokości rozprysku ułożymy tabelę XIV *).

*) Tabelę XIV układamy w sposób następujący: w skali określonej oznaczamy granicę niskich i normalnych rozprysków, w tej samej skali określamy średni punkt rozprysków i zastosowując prawo rozsiewu, obliczamy dokładnie % rozprysków każdego rodzaju.

Przykład: $D = 2000$ m. Granica niskich 1 metr, granica normalnych 4 metry. Odchylenie prawdopodobne w wysokości 1 metr.

Skąd mamy:

nurków — 0 normalnych — 48%
niskich — 1,5% wysokich — 50%.



Rys. 97.

TABELA XIV.

Odległość strzału	% nurków	% niskich	% normalnych	% wysokich	Granica niskich rozprysków	Granica normalnych rozprysków	Wysokość należyta średn. punktu rozpr.	1-no odchylenie prawdopodobne wzwyż
1000 m.	—	—	50	50	1 m.	3 m.	3 m.	0,30m
2000 m.	—	—	50	50	2 m.	6 m.	6 m.	1 m.
3000 m.	2	7	41	50	3 m.	9 m.	9 m.	3 m.
4000 m.	9	10,64	30,36	50	4 m.	12 m.	12 m.	6 m.
5000 m.	17	8	25	50	5 m.	15 m.	15 m.	10 m.
6000 m.	22	8	20	50	6 m.	18 m.	18 m.	15 m.

Tabela XIV w zupełności potwierdza wypowiedzianą powyżej zasadę o wstrzelaniu wysokości największego rażenia. Jeśli przy strzelaniu otrzymamy stosunek rozprysków jaki jest wskazany w tabeli, możemy być pewni, że nastawa zapalnika (w danym wypadku nastawnicy i poprawiacza) jest zupełnie dobra.

Przypuśćmy, że daliśmy serję z 4 strzałów. Dążeniem naszem będzie otrzymanie wszystkich czterech rozprysków w powietrzu i na wysokości dogodnej dla obserwacji znaku strzałów.

Strzały nasze rozsiewają się w pewnych granicach, od 8 odchyleń prawdopodobnych wzwyż poniżej powierzchni ziemi do 8 odchyleń prawdopodobnych wzwyż powyżej powierzchni ziemi.

Jeśli mamy wszystkie rozpryski w powietrzu, sprowadzenie średniego ich punktu na potrzebną nam wysokość jest zwykłem zmniejszeniem nastawy poprawiacza o obliczoną ilość tysięcznych od wysokości żądanej do wysokości średniego punktu rozprysków, lecz jeśli mamy średni punkt rozprysków pod ziemią, wówczas powinniśmy zmieniać nastawę zapalnika tak, by otrzymać maximum rozprysków do granicy najlepszej obserwacji znaku strzału, t. j. do 1-tysięcznej. Jeśli przy serji otrzymamy wszystkie nurki, widzimy z prawa rozsiewu, że średni punkt rozprysków jest nie bliżej 4 prawdopodobnych odchyleń wzwyż od powierzchni ziemi.

Robiąc wszelkie przypuszczenia o położeniu średniego punktu w granicach od 8 prawdopodobnych odchyleń wzwyż do powierzchni ziemi ułożymy tabelę XV *) (patrz str. 172).

Tabela ta potwierdza art. 283 I. A. Rzeczywiście, jeśli średni punkt rozprysków jest niżej od 4 prawdop. odchyleń wzwyż, powinniśmy po pierwszej poprawce o 4 jednostki poprawiacza nadać odrazu podwójną poprawkę, by otrzymać rozpryski w powietrzu. Przy położeniu średniego punktu rozprysków o 3. 2, 1 prawdop. odchylenia wzwyż niżej powierzchni ziemi poprawka o 4 podziałki zupełnie wystarcza, by otrzymać niskie rozpryski.

83. Prawdopodobieństwo strzału uderzeniowego i strzału rozpryskowego przy strzelaniu rozpryskowem. Przypuśćmy, że daliśmy serję strzałów i rzut średniego punktu rozprysków na płaszczyznę

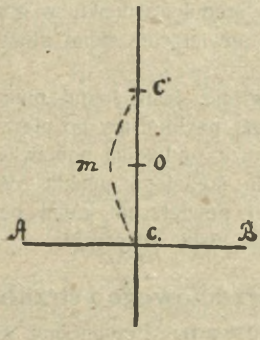
*) Oblicza się jak tabela XIV.

TABELA XV.

Wynik serji strzałów	Położenie średniego punktu rozprysków względem ziemi	Odległość strzału 2000 m.		Odległość strzału 4000 m.		Odległość strzału 6000 m.		Przeciętna poprawka
		Poprawki						
	pr. odch.	metry	tys.	metry	tys.	metry	tys.	tys.
4 nurki	8	2+8	5	4+48	13	6+120	21	10
	7	2+7	4,5	4+42	11,5	6+105	18,5	
	6	2+6	4	4+36	10	6+90	16	
	5	2+5	3,5	4+30	8,5	6+75	13,5	
	4	2+4	3	4+24	7	6+60	11	
3 nurki 1 niski	3	2+3	2,5	4+18	5,5	6+45	8,5	4
	2	2+2	2	4+12	4	6+30	6	
	1	2+1	1,5	4+6	2,5	6+15	3,5	
2 nurki 2 niskie	0	2	1	4	1	6	1	1

pionową prostopadłą do płaszczyzny strzału będzie O, AB będzie powierzchnią ziemi. Prawdopodobieństwo rozprysku niżej średniego punktu O będzie:

$$0{,}5$$



Rys. 97a.

Prawdopodobieństwo rozprysku między punktami O i C_1 będzie:

$$\frac{e}{2}$$

gdzie e jest prawdopodobieństwem trafienia do pasa nieskończenie długiego szerokości m (art. 74), gdy średni punkt rozsiewu jest w środku pasa i oblicza się na podstawie wzoru:

$$m = \frac{\text{2 należyte wysokości rozprysku}}{r_0}$$

i tabelki przytoczonej w art. 74.

Prawdopodobieństwo rozprysku w powietrzu przedstawi się więc przez wzór:

$$R_p = 0{,}5 + \frac{e}{2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (86)$$

Prawdopodobieństwo strzału uderzeniowego przy strzelaniu rozpryskowem przedstawi się przez wzór:

$$R_z = 0{,}5 - \frac{e}{2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (87)$$

Przykład 1. Działo 75 m/m Wz 1897. Pocisk — szrapnel. Odległość strzału 4000 metrów. Należyta wysokość rozprysku 12 metrów. Prawdopodobne odchylenie wzwyż — 6 metrów. Jakie jest prawdopodobieństwo otrzymania strzału uderzeniowego.

$$m = \frac{2 \times 12}{6} = 4$$

$e = 0{,}82$ (tabela art. 74).

$$R_z = 0{,}5 - \frac{0{,}82}{2} = 0{,}09 \text{ czyli } 9\%.$$

co jes zgodne z tabelą XIV.

Przykład 2. Działo 75 m/m Wz. 1807. Pocisk — szrapnel. Odległość strzału — 4000 metrów, % strzałów uderzeniowych — 20. Prawdop. odchylenie wzwyż 6 metrów. Określić podług % strzałów uderzeniowych najprawdopodobniejszą wysokość średniego punktu rozprysków.

Wyjaśnimy ten przykład. Przypuśćmy, że % strzałów uderzeniowych jest *a*, rozpryski te będą niżej linji *AB* (rys. 97a). Wyżej punktu *C'* — będziemy również mieli *a* rozprysków powietrznych. Między punktami C_1C' — będziemy więc mieli (100 — 2a) % rozprysków — czyli prawdopodobieństwo rozprysku na pewnej wysokości między punktami *C'* i C_1 (wielkość *e*).

Wysokość średniego punktu rozprysków będzie więc określona w następujący sposób: z tabeli art. 74 podług danego *e* znajdziemy *m*,—wysokość $C'C_1$ w prawdopodobnych odchyleniach wzwyż $\frac{m \times r_0}{2}$ da nam najprawdopodobniejszą wysokość średniego punktu rozprysków.

Rozwiązanie przykładu 2.

$$100\% - 2 \,.\, 20\% = 60\%$$
$$n = 2{,}5$$

Najprawdopodobniejsza wysokość średniego punktu rozprysku:

$$\frac{2{,}5 \times 6}{2} = 7{,}5 \text{ metra.}$$

DZIAŁ V.

Mechanizm strzelania *).

ROZDZIAŁ I.

Przygotowanie strzelania.

84. Pojęcie o przygotowaniu strzelania. *Przygotowanie strzelania, jest to określenie danych dla otwarcia ognia na każdy cel, który się znajduje na odcinku przydzielonym baterji.*

Przygotowanie strzelania skraca czas wstrzelania i przyśpiesza moment otwarcia ognia skutecznego, zaoszczędza pociski przy wstrzelaniu i zapewnia skuteczność rażenia celu.

Przygotowanie strzelania składa się z szeregu czynności:

1. Pomiary topograficzne stanowiska baterji, punktu obserwacyjnego i celu.
2. Skierowanie działa kierunkowego na dozór i na cel.
3. Równoległe ustawienie dział.
4. Badanie warunków strzelania.
5. Określenie danych dla pierwszego strzału.

Dokładne przygotowanie strzelania powinno się składać z wykonania powyższych czynności, lecz ponieważ wymaga ono pewnego czasu, użycia instrumentów i sprawdzenia pomiarów, używają go więc po większej części w warunkach walki pozycyjnej.

W walce ruchowej czynności te skraca się do minimum, *nie poświęcając jednak dokładności dla szybkości przygotowania.*

*) Celem tego działu jest wskazanie i wyłożenie myśli przewodniej mechanizmu strzelania. Dokładne przepisy dotyczące strzelania są zawarte w osobnych instrukcjach.

85. Pomiary topograficzne stanowiska baterji, punktów obserwacyjnych i celu. Pomiary te mają na celu dokładne określenie położenia i wysokości działa kierunkowego względem innych dział baterji i względem celu.

Przy pomocy kątomierza, wytykają na terenie pewien kierunek i określają kilka punktów, przy pomocy których baterja dokładnie może określić stanowisko i działa kierunkowe.

Kierunek ten i punkty nazywa się **kierunkiem i punktami zasadniczemi.**

Kierunek zasadniczy powinien być wytknięty w terenie przy pomocy kołków. Jeśli mamy w pobliżu baterji jaką linję naturalną, np. droga, kolej, linja drzew, korzystamy z niej, jak z kierunku zasadniczego już określonego.

Punkty zasadnicze służą dla dokładnego określenia stanowiska działa kierunkowego i dla określenia jego wysokości.

Mając wytknięte na terenie: kierunek i punkty zasadnicze i określoną wysokość tych punktów, przenosimy je na plan.

Korzystając z dwóch punktów zasadniczych lub z jednego tylko i kierunku zasadniczego, mierzymy kąty z tych punktów między działami; na przecięciu się boków tych kątów otrzymujemy stanowiska dział.

Wysokość działa kierunkowego możemy określić: jużto z porównania warstwic przechodzących przez działo i punkt zasadniczy, jużto mierząc wysokość punktu zasadniczego od dział i odejmując ją od wysokości tego punktu.

Pomiary topograficzne punktu obserwacyjnego powinny określać dokładnie jego położenie.

Najczęściej możemy to wykonać, mierząc z punktu zasadniczego kąty, między znacznie oddalonemi i oznaczonemi na mapie punktami. Kreśląc te kąty na planie, na przecięciu ich boków otrzymujemy miejsce punktu obserwacyjnego. Jeśli takich punktów znaleść nie możemy, oznaczamy na mapie, w przybliżeniu, punkt obserwacyjny i sprawdzamy mierzeniem kątów od tego punktu na jakiekolwiek punkty znane i zaznaczone na mapie. Po określeniu miejsca punktu oberwacyjnego wybieramy w strefie celu punkt dobrze widoczny i oznaczony na mapie i określimy na planie kierunek: punkt obserwacyjny — punkt wybrany, zwany **punktem wstrzeliwania.**

Od tego kierunku obliczamy odchylenia kątowe celów.

Kierunek ten nazywa się **linją obserwacji.**

Przy pomocy mapy lub pomiarami określamy wysokość punktu wstrzeliwania.

Punkty topograficzne celu powinny określać odchylenia kątowe celu od linji wstrzeliwania, wysokość celu względem baterji, wymiary celu i odległość od baterji do celu.

Pomiary celu najlepiej wykonywać na mapie lub planie o wielkiej podziałce.

Użycie instrumentów daje większą dokładność, lecz przyjmując pod uwagę czas, jeśli się ma mapę, lepiej i nie mniej dokładnie wykonać można na niej wszystkie pomiary.

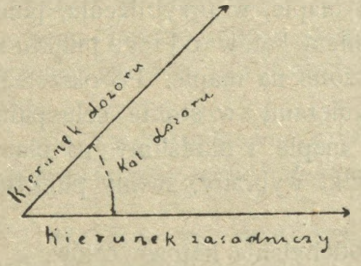
W walce ruchowej, gdy każda chwila jest cenną, dokładnego przygotowania topograficznego zwykle nie przeprowadzają.

Ograniczają się tylko do określenia punktu stania dział podług mapy, lub mierząc kąty działa między trzema oddalonemi punktami, punktu obserwacyjnego i celu, kąta położenia, szerokości i głębokości celu.

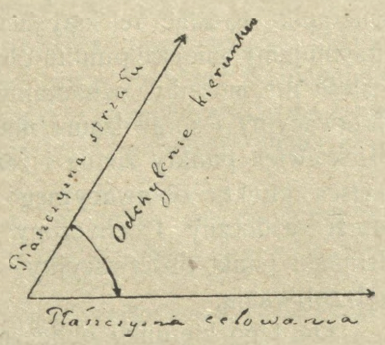
86. Skierowanie działa kierunkowego na punkt dozoru. Skierowanie baterji na punkt dozoru uniezależnia przygotowanie od celu wyznaczonego, czyni baterję jednostką giętką, łatwo przenoszącą ogień na jakikolwiek punkt w strefie celów i zawsze, na komendę dowódcy powracającą do poprzedniego kierunku podstawowego, po odbytem strzelaniu.

Dla skierowania działa kierunkowego na punkt dozoru powinniśmy określić kąt dozoru — zawarty pomiędzy kierunkiem dozoru a kierunkiem zasadniczym (rys. 98).

Odchylenie kierunku jest to kąt pomiędzy płaszczyzną strzału, a płaszczyzną celowania (rys. 99).



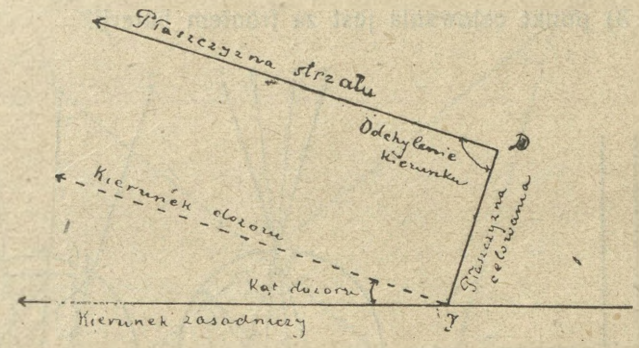
Rys. 98



Rys. 99.

Dla określenia odchylenia kierunku kreślimy na planie prostą łączącą punkt dozoru z jakimkolwiek punktem kierunku zasadniczego. Poczem na kierunku zasadniczym ustawiamy instrument mierniczy pod kątem kierunku dozoru i określamy odchylenie kierunku, skierowując instrument na przyrząd celowniczy działa.

Działo nastawia na swoim przyrządzie celowniczym odchylenie kierunku i wycelowuje z tym kątem na instrument (rys. 100). Po wycelowaniu, płaszczyzna strzału będzie równoległą do kierunku dozoru.



Rys. 100.

Dla skierowania działa kierunkowego na punkt dozoru mierzymy odległość *ID* i dzieląc ją przez 0,001 odległości do punktu zasadniczego otrzymamy poprawkę odchylenia kierunku. Po wprowadzeniu poprawki będziemy mieli działo dokładnie skierowane na punkt dozoru.

W wojnie ruchowej z punktu obserwacyjnego lub z mapy odnajdziemy punkt dozoru, wstrzeliwujemy go i przy dalszem strzelaniu odliczamy się od niego w kierunku na cele.

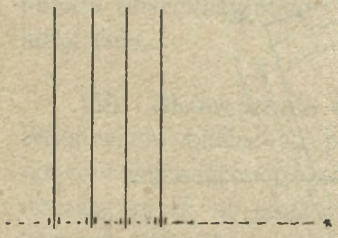
87. Równoległe ustawienie dział. Równoległe ustawienie dział ma wielkie znaczenie przy strzelaniu; dowódca mając ułożony snop płaszczyzn strzału baterji może nim dysponować z łatwością, zależnie od warunków strzelania. Dokładne ustawienie równoległe dział odgrywa więc pierwszorzędną rolę przy wstrzelaniu i strzelaniu skutecznem, ułatwiając dowódcy baterji przystosowanie szerokości snopu do szerokości celu.

Sposobów ustawienia równoległego dział jest bardzo dużo, rozpatrzymy tylko ważniejsze:

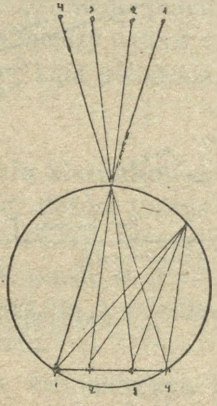
a) Ustawienie równoległe dział przy pomocy kątomierza. Kątomierz ustawiają na kierunku zasadniczym, nadają kątomierzowi kąt dozoru, poczem kierując kątomierz na każde działo, nadają działom kierunek równoległy do kierunku dozoru.

b) Ustawienie równoległe dział przy pomocy punktu celowania. Rozróżniamy trzy zasadnicze wypadki:

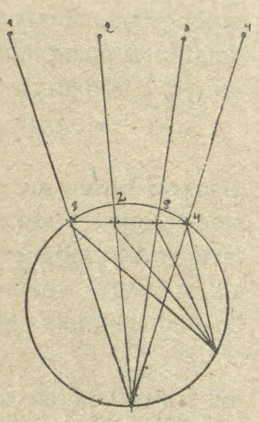
1) punkt celowania jest na przedłużeniu frontu baterji,
2) punkt celowania jest przed frontem baterji,
3) punkt celowania jest za frontem baterji.



Rys. 101.



Rys. 102.



Rys. 103.

Z rysunku 101 widzimy, że przy punkcie celowania położonym na przedłużeniu frontu baterji działa będą ustawione równolegle przy wycelowaniu na ten punkt z jedną nastawą kątomierza.

Z rysunku 102 widzimy, że przy położeniu punktu celowania przed frontem baterji powinniśmy nadać poprawkę kierunku działom baterji, by snop ze zbieżnego stał się równoległym, czyli snop rozwiniemy.

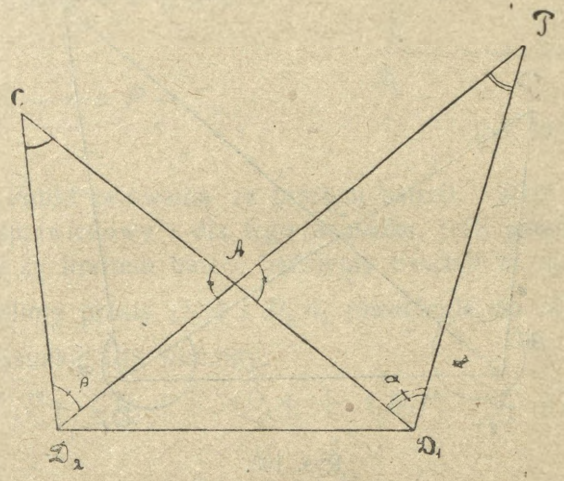
Z rysunku 103 widzimy, że przy położeniu punktu celowania za frontem baterji powinniśmy nadać poprawkę kierunku działom baterji, by snop z rozbieżnego stał się równoległym, czyli snop zwęzimy.

Poprawka kierunku poszczególnych dział dla ułożenia snopu potrzebnej rozwartości, nazywa się *rozchyleniem.*

Rozchylenie bywa dodatnie i ujemne, zależnie od położenia punktu celowania i działa kierunkowego.

Wśród wielu sposobów mierzenia rozchylenia dział wskażemy na najdogodniejszy—mianowicie na obliczenie przy pomocy paralaksy*).

Przypuśćmy, że D_1 i D_2 działa, P punkt celowania, C—cel na który chcemy skierować płaszczyzny strzału dział D_1 i D_2 (rys. 104).



Rys. 104.

Ponieważ suma kątów trójkąta równa się dwom prostym i kąty w punkcie A są równe jako wierzchołkowe, możemy napisać:

$$C + \beta = \alpha + P$$

skąd:

$$\beta - \alpha = P - C \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (88)$$

α i β są to kąty kierunku dział D_1 i D_2 mierzone od stanowisk dział.

$\alpha - \beta$ w swej wartości bezwzględnej jest rozwinięciem.

Kąty P i C są paralaksami celu i punktu celowania względem frontu dział D_1 i D_2.

Skąd możemy powiedzieć, że *rozchylenie jest to różnica paralaks punktu celowania i celu względem frontu baterji.*

---

*) Podług Girardon. Leçons d'artillerie.

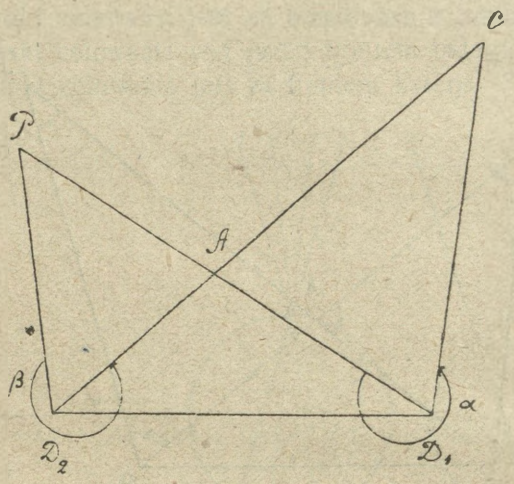
Wzór (88) jest niezmienny przy wszelkich położeniach punktu celowania względem baterji i celu.

1. Punkt celowania przed frontem baterji i wprawo od celu podług powyższego:

$$\beta - \alpha = P - C.$$

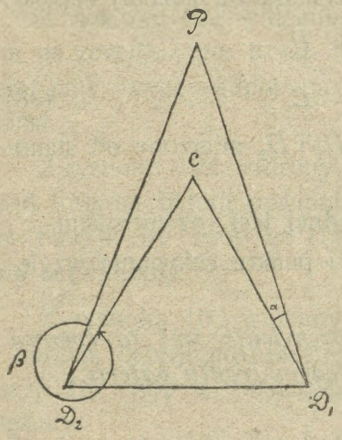
2. Punkt celowania przed frontem baterji i wlewo od celu (rys. 105) — dowodząc analogicznie jak dla wypadku I-go.

$$\beta - \alpha = P - C.$$



Rys. 105.

3. Punkt celowania przed frontem baterji i za celem (rys. 106). Sumy kątów trójkątów:



Rys. 106.

PD_1D_2 i CD_1D_2 są równe $CD_1D_2 + D_1D_2C + D_2CD_1 = PD_1D_2 + D_1D_2P + D_2PD_1 = (PD_1D_2 + CD_1D_2) + (D_1D_2C + CD_2P) + D_2PD_1$

gdzie:

$CD_1D_2 + D_1D_2C + C = \alpha + CD_1D_2 + D_1D_2C + 6400 - \beta + P,$

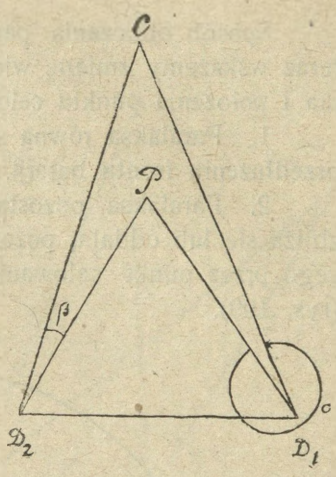
czyli:

$$C = \alpha + 6400 - \beta + P,$$

6400 przedstawia obwód koła, więc:

$$\beta - \alpha = P - C.$$

4. Punkt celowania przed frontem baterji między baterją a celem (rys. 107).



Rys. 107.

Na podstawie również sumy kątów trójkątów CD_1D_2 i PD_1D_2:

$$PD_1D_2 + D_1D_2P + P = (6400 - \alpha) + PD_1D_2 + (D_1D_2P + \beta) + C$$

$$P = 6400 - \alpha + \beta + C$$

skąd:

$$\beta - \alpha = P - C$$

5. Punkt celowania za frontem baterji. Wzór (77) będzie również sprawiedliwy i dla tego wypadku, jeśli paralaksę punktu celowania za frontem baterji będziemy uważali za ujemną.

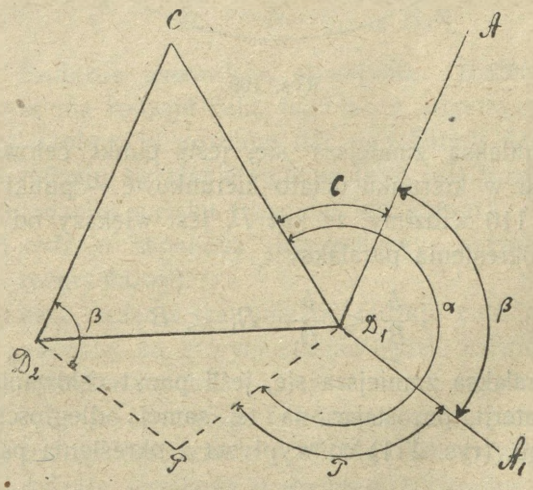
Kreślimy proste D_1A i D_1A_1 równolegle do D_2C i D_2P.

Z rysunku 108 widzimy:

$$CD_1P = CD_1A + AD_1A_1 + A_1D_1P; \quad \alpha\ C + \beta + P$$

skąd:

$$\beta - \alpha = P - C$$

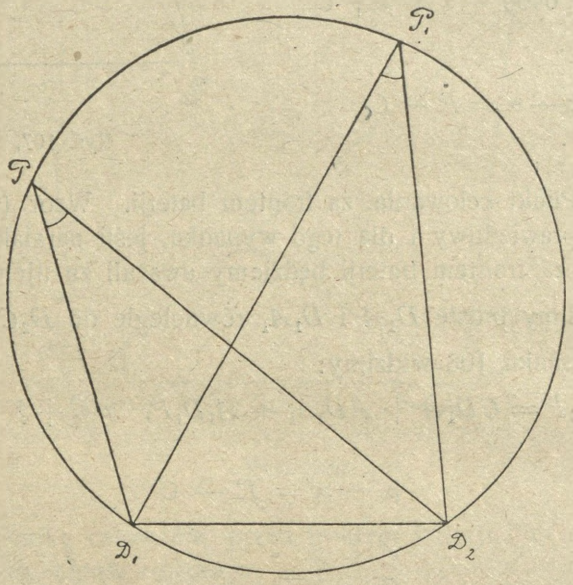


Rys. 108.

Sposób obliczania paralaksy był już wskazany w art. 51, teraz wskażemy zmianę wielkości paralaksy zależnie od oddalenia i położenia punktu celowania od frontu baterji.

1. Paralaksa równa się zeru, gdy punkt celowania jest na przedłużeniu frontu baterji.

2. Paralaksa pozostaje niezmienną, jeśli punkt celowania zbliża się lub oddala, pozostając na obwodzie koła, przechodzącego przez punkt celowania i przez skrzydłowe działa baterji. (rys. 109).



Rys. 109.

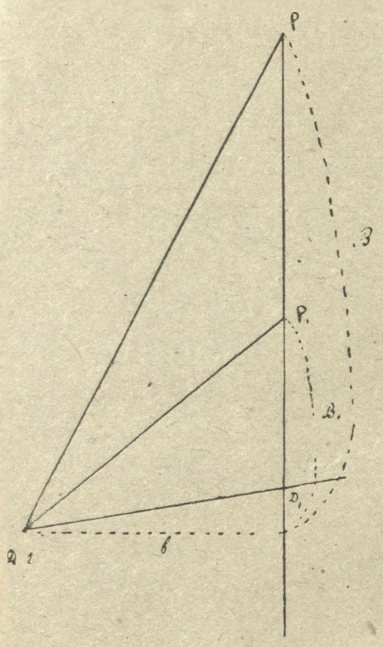
3. Paralaksa zmniejsza się, jeśli punkt celowania oddala się od baterji w kierunku działo kierunkowe — punkt celowania,

Z rys. 110 widzimy, że kąt P_1 jest większy od kąta P co wypływa z określenia paralaksy:

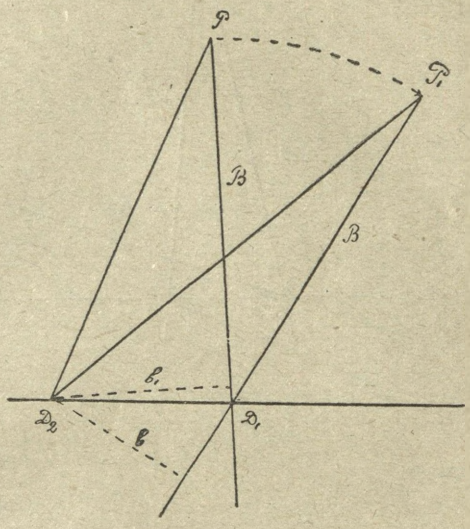
$$\frac{b}{B} < \frac{b}{B_1} \quad B_1 < B$$

4. Paralaksa zmniejsza się, jeśli punkt celowania zbliża się do frontu baterji, pozostając na tej samej odległości od działa kierunkowego, (rys. 111) co wypływa z określenia paralaksy:

$$\frac{b_1}{B} < \frac{b}{B} \quad b_1 < b$$



Rys. 110.



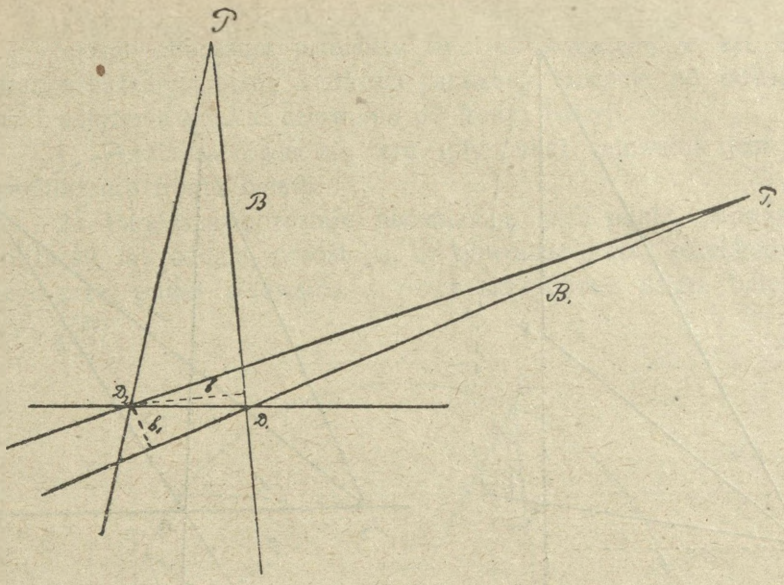
Rys. 111.

5. Paralaksa zmniejsza się, jeżeli punkt celowania zbliża się do frontu baterji, oddalając się w kierunku działo kierunkowe — punkt celowania (rys. 112), co wypływa z określenia paralaksy:

$$\frac{b_1}{B_1} < \frac{b}{B} \quad b_1 < b \quad B_1 > B$$

88. Badanie warunków strzelania. Badanie to, na podstawie określenia rodzaju celu, jego mocy, stopnia osłony i charakteru terenu około celu powinno dać d-cy baterji dane do wyboru:

a) rodzaju strzelania (uderzeniowe lub rozpryskowe),
b) rodzaju pocisku (szrapnel lub granat),
c) rodzaju zapalnika (uderzeniowy, natychmiastowy lub rozpryskowy),
d) kąta padania (zależnie od rodzaju celu wybiera się kąt padania, po którym rażenie będzie największe),
e) ładunku prochu,
f) rodzaju obserwacji (naziemna, powietrzna),
g) rodzaju wstrzelania (dokładne lub zwykłe),
h) rodzaju strzelania skutecznego (dokładne lub do danego pola),



Rys. 112.

i) ilości pocisków zużytych (obliczenie przypuszczalnej ilości pocisków na podstawie określonych norm).

Przykład 1 szy. Działo 155 m/m haubica. Cel — odwód przeciwnika ukryty za falistością terenu i widziany z punktu położonego o 600 metrów wprawo od płaszczyzny strzału. Szerokość celu 100 metrów, głębokość — 59 metrów. Odległość strzału — 4,000 metrów.

Dane te pozwalają nam określić:

a) strzelanie — rozpryskowe.
b) pocisk — szrapnel,
c) kąt padania — 36^0 45′,
d) ładunek prochu — 4,
e) obserwacja boczna,
f) wstrzelanie — zwykłe (obramowanie),
g) strzelanie skuteczne — do danego pola, kośba,
h) ilość pocisków — 32 szrapnele dla ostrzelania całego celu (100 metrów — 25 tysięcznych $\frac{25}{4 \text{ działa}} = 6$ tys., zastosowując kośbę skokami w kierunku po 2 tysiączne i oddając na początkowym kierunku i przy każdym skoku po 2 strzały — otrzymamy po 8 strzałów na odcinek każdego działa, razem 32 strzały).

Przykład 2-gi. Działo 155 m/m haubica. Cel — średniej mocy, szerokość — 20 metrów, głębokość — 15 metrów. Cel położony prostopadle do płaszczyzny strzału. Odległość strzału — 3,000 metrów. Dane te pozwalają określić:

a) strzelanie uderzeniowe,
b) pocisk — granat stalowo-surowkowy,
c) zapalnik ze zwłoką,
d) kąt padania 30° 30′,
e) ładunek prochu 5,
f) wstrzelanie dokładne,
g) strzelanie skuteczne dokładne,
h) ilość pocisków zużytych dla kompletnego zniszczenia schronu 200 (r_0 wzdłuż = 15 m. r_0 wszerz = 1 metr. Prawdopodobieństwo trafienia 0,25. Dla zburzenia schronu średniej mocy potrzeba nie mniej jak 50 pocisków 155 m/m, wszystkiego zatem należy wystrzelać 200 pocisków).

89. Określenie danych dla pierwszego strzału. Dane dla pierwszego strzału określają się sposobem, wskazanym w art. 72.

Obliczenia danych dzielą się na obliczenia wstępne i obliczenia ostateczne.

Do obliczeń wstępnych należą:

a) określenie stanowiska i wysokości baterji.
b) kąt położenia celu,
c) odległość topograficzna do celu,
d) waga pocisku,
e) partja ładunku prochu.

Do obliczeń ostatecznych w chwili otwarcia ognia należą:

a) obliczenie składowych wiatru,
b) „ ciśnienia i temperatury na stanowisku baterji,
c) ciężar litra powietrza,
d) temperatura prochu.

Na podstawie tych obliczeń układają się dane dla pierwszego strzału.

ROZDZIAŁ II.

Mechanizm wstrzelania *).

90. Wstrzelanie. *Wstrzelanie ma na celu określenie danych dla strzelania skutecznego.* Rozróżniamy wstrzelanie *dokładne* i wstrzelanie *obramowujące.*

Przy wstrzelaniu dokładnem dążymy do przeprowadzenia średniego toru przez podstawę celu; przy wstrzelaniu obramowującem dążymy do określenia wideł pewnej szerokości, ujmujących cel. Wstrzelanie dokładne możemy prowadzić podług znaków poszczególnych strzałów lub przy pomocy mierzenia odchyleń od celu.

Wstrzelanie obramowujące prowadzi się zawsze według znaków strzałów.

Przy wstrzelaniu odległości jeden znak pozwala sądzić o przypuszczalnem znaczeniu celownika (długi lub krótki), lecz za celownik ograniczający może być uważany tylko taki, na którym mamy 2 strzały jednego znaku.

91. Wstrzelanie uderzeniowe dokładne. Przy wstrzelaniu dokładnem, każde działo wstrzeliwują oddzielnie do określonego punktu celu.

Kąty podniesienia nadaje się na poziomnicy.

Dla wstrzelania kierunku nadaje się początkowo większe poprawki, by prędzej otrzymać obramowanie w kierunku. Po otrzymaniu pierwszego strzału w kierunku na cel lub w pobliżu celu przechodzi się do poprawek szczegółowych.

Dla wstrzelania odległości obramowują cel w widły szerokości 12 prawdopodobnych odchyleń wzdłuż. Sprawdza się granice wideł, dążąc do otrzymania dwóch strzałów jednego znaku na każdej z granic wideł.

Po sprawdzeniu zwężamy widły do szerokości 6 prawdopodobnych odchyleń wzdłuż i sprawdzamy granice jak wyżej.

Jeśli, przy sprawdzaniu granic, otrzymamy dwa różnorodne znaki przy jednym kącie podniesienia, otrzymaliśmy **zwarcie.**

*) Patrz: Dział IV.

Jeśli, sprawdzając zwarcie, t. j. dając nowe dwa strzały na tym samym celowniku, otrzymamy te same znaki co i poprzednio znaczy to, że kąt podniesienia, pod którym strzelaliśmy odpowiada odległości do celu. Jeśli zaś otrzymamy przy sprawdzaniu zwarcia dwa strzały jednego znaku, przyjmujemy ten kąt podniesienia jako odpowiadający jednej z granic wideł.

Po sprawdzeniu wąskich wideł, dla dalszego wstrzelania dokładnego przyjmujemy kąt podniesienia średni pomiędzy kątami podniesienia wąskich wideł i dążymy do otrzymania na tym celowniku równej ilości strzałów krótkich i długich. Kąt podniesienia, przy którym otrzymamy tę równość będzie właściwym kątem dla strzelania skutecznego. Dążąc do osiągnięcia równej ilości strzałów długich i krótkich przy średnim kącie podniesienia, strzelamy serjami po 6, 8 lub 12 strzałów, zmieniając celownik o tyle szóstych, ósmych, dwunastych części wideł w odpowiednią stronę, ile strzałów przeważa w jednym znaku, połowę wszystkich strzałów (np. 8 długich, 4 krótkie zmienić o $^2/_{12}$ wideł).

Jeśli, przy sprawdzaniu wąskich wideł pierwsza połowa strzałów serji jest tego samego znaku, robią skok szerokości 3 prawdopodobnych odchyleń i dają serję znowu. Jeśli znowu otrzymamy pierwszą połowę strzałów tęgo samego znaku, wstrzeanie rozpoczynamy nanowo.

Przykład. Działo 75 m/m. Cel — karabin maszynowy. Pocisk — granat, zapalnik krótki. Wstrzelanie doprowadzono do otrzymania wideł szerokości 6 prawdopodobnych odchyleń.

Nr. strzału.	Kąt podniesienia.	Rezultat.
1.	2° . 51′	+
2.	2° . 51′	+
3.	2° . 43′	—
4.	2° . 43′	—

Granice wąskich wideł sprawdzone.

Przechodzimy do strzelania serjami po osiem strzałów przy kącie podniesienia średnim między kątami podniesienia granic wideł.

5.	2° . 47′	+
6.	„	—
7.	„	—
8.	„	+
9.	„	—

Nr. strzału.	Kąt podniesienia.	Rezultat.
10.	2⁰ . 47′	—
11.	„	—
12.	„	—

Otrzymaliśmy 6 strzałów krótkich i 2 strzały długie. Krótkie przewyższają połowę wszystkich strzałów o 2 — zwiększamy więc kąt podniesienia o $^1/_4$ wideł, czyli o 2′ i dajemy nową serję z ośmiu strzałów:

13.	2⁰ . 49′	+
14.	„	+
15.	„	+
16.	„	—
17.	„	—
18.	„	—
19.	„	—
20.	„	—

Otrzymaliśmy znowu przewagę krótkich, zmieniamy więc kąt podniesienia o $^1/_8$ wideł, czyli o 1′ i dajemy nową serję.

Bezwzględnej równości strzałów krótkich i długich z powodu rozsiewu nie osiągniemy, więc należy zatrzymać się na drugiej serji i nie zwracać uwagi na różnicę o jeden strzał.

92 Wstrzelanie uderzeniowe obramowujące. Wstrzelanie to zużywa mniejszą ilość pocisków, lecz skuteczność strzelania po takiem wstrzelaniu jest znacznie mniejsza.

Szerokość obramowania zależy od wymiarów celu i od warunków obserwacji. W praktyce ujmują cel skokami 400 metrowemi wideł, przechodzą potem na 200 metrów i zwężają je do 100 i mniej metrów, zależnie od warunków obserwacji i wymiarów celu. Dla wstrzelania w kierunku, dzielą cel na części i każde działo skierowują zwykle na prawą część przypadającej jej części. Jeśli szerokość celu nie przekracza szerokości pola rażenia baterji w jednym kierunku, działa skierowują na środek przypadających odcinków.

Wstrzelanie w odległości przeprowadza się tak, jak przy strzelaniu dokładnem z tą tylko różnicą, że zwęża się widły najwyżej do 6 prawdopodobnych odchyleń wzdłuż i w wypadkach wyjątkowych do 3 prawdopodobnych odchyleń wzdłuż.

Jeśli przy wstrzelaniu obramowującem otrzymujemy zwarcie i sprawdzimy je, oznacza to, że celownik, na którym strzelamy jest właściwy.

Jeśli przy strzelaniu baterją, otrzymujemy strzały krótkie jednego plutonu i strzały długie drugiego plutonu — wykazuje to na skośność położenia celu względem frontu baterji:

Przykład. Działo 75 m/m. Pocisk—granat, zapalnik—długi. Odległość strzału 3,000 metrów.

№ strzału	Celownik	Znak strzału	
1	3,000	+	Obramowanie 400-metrowe
2	2,600	—	
3	2,800	—	Widły 200 metrowe
4	3,000	+	
5	2,800	—	
6	2,900	+	Widły 100-metrowe.
7	2,900	+	

93. Wstrzelanie rozpryskowe. Wstrzelanie rozpryskowe szrapnelami jest zawsze wstrzelaniem obramowującem z powodu znacznej przestrzeni, którą pokrywa wzdłuż swemi lotkami szrapnel.

Przy wstrzelaniu rozpryskowem powinniśmy wstrzelać nie tylko kierunek i odległość lecz jeszcze i wysokość rozprysku, przy której rażenie będzie najbardziej skuteczne.

Wstrzeliwując cel ogniem rozpryskowym należy pamiętać, że wszystkie strzały długie są bezskuteczne, wszystkie strzały zbyt krótkie mają małą skuteczność. Pociski rozpryskujące wyżej należytej wysokości rozprysku znacznie tracą skuteczność.

Wstrzelanie rozpryskowe prowadzi się zasadniczo na niskich rozpryskach; jeśli obserwacja pozwala, należy prowadzić wstrzelanie strzałami uderzeniowemi.

Wstrzelanie kierunku prowadzimy podobnie do wstrzelania kierunku przy strzelaniu uderzeniowem. Wstrzelanie należytej wysokości rozprysku osiągniemy, gdy otrzymamy wyżej i niżej tej wysokości po dwa rozpryski.

Podczas strzelania rozpryskowego możemy otrzymać znaczną ilość strzałów uderzeniowych; będzie to oznaką źle określonego kąta położenia; zmieniamy wówczas kąt położenia lub nastawę zapalnika dla osiągnięcia należytej wysokości rozprysku.

Po przeprowadzeniu wstrzelania na niskich rozpryskach podnosimy rozpryski do wysokości należytej i przy tych danych przechodzimy do strzelania skutecznego.

Przy wstrzelaniu granatu na rozprysk, dążymy do wstrzelania rozprysku na wysokości 20 metrów ponad celem.

Przyczyną tej różnicy od wstrzelania szrapnelem jest wąski snop odłamków, który daje granat na rozprysk. Nieznaczne, przekraczające jedno prawdopodobne odchylenie wzdłuż, odchylenia granatu od celu obniżają jego skuteczność.

ROZDZIAŁ III.

Mechanizm ognia skutecznego.

94. Ogień skuteczny. Ogień skuteczny, podobnie jak i wstrzelanie dzieli się na *ogień skuteczny dokładny, do danego pola i rozpryskowy.*

Przy ogniu skutecznym rozróżniamy różne rodzaje ognia, zależnie od szybkości strzelania i zmiany celowników.

a) *Strzelanie na jednym celowniku*
zastosowujemy, gdy mamy wąski cel, ogień zaporowy i t. p.

b) *Strzelanie skokami*
zastosowujemy, gdy mamy cel głęboki; zmieniamy wówczas celownik skokami i oddając po każdym skoku serję, osiągamy całkowite rażenie danego pola.

c) *Serją* — nazywamy 4 strzały baterji, po jednym na działo, oddanych w odstępach regularnych.

d) *Serją zwykłą*—nazywamy serję lub kilka seryj oddanych z dział baterji z największą szybkością strzału, jaką mogą dać materjał i obsługa.

Oprócz powyższego podziału ognia, rozróżniamy jeszcze ogień skuteczny podług jego charakteru: *ogień zaporowy, systematyczny, nękający, obezwładniający, niszczący.*

Wszystkie rodzaje ognia skutecznego możemy wykonać wszelkiemi pociskami, lecz w każdym wypadku o wyborze pocisku decyduje charakter celu.

95. Ogień skuteczny, dokładny uderzeniowy. Ten rodzaj ognia skutecznego wykonywa się serjami baterji, od jednego skrzydła do drugiego. W ten sposób dają serje z 24 lub 48 strzałów. Każdy strzał powinien być dokładnie obserwowany. Po ukończeniu serji zmieniają kąt podniesienia tak, by osiągnąć równą ilość strzałów długich i krótkich.

Jeśli podczas strzelania serjami, obserwator zauważył znaczne odchylenie w jedną stronę z jednego działa, strzelanie należy przerwać i działo to sprawdzić strzelaniem. Jeśli wszystkie działa dają znaczne odchylenia w jedną stronę, należy strzelanie przerwać i wstrzelać się na nowo:

96. Ogień skuteczny uderzeniowy do danego pola. Strzelanie to powinno co najkrótszy przeciąg czasu osiągnąć średnią gęstość ognia na hektarze celu. Cyfry podstawowe dla obliczeń są zwykle podane w przepisach. Dla średnich kalibrów podają następujące cyfry:

80 strzałów dla 75 m/m. działa
45 „ „ 105 „ „
30 „ „ 155 „ „

Front celu, jeśli przekracza szerokość frontu skutecznie rażonego przez baterję w jednym kierunku, dzielą na odcinki i stopniowo zmieniając kierunek i celownik skokami po 25 lub 50 metrów, ostrzeliwują cel do osiągnięcia przepisanej gęstości ognia na hektarze celu.

Do ognia skutecznego do danego pola możemy zaliczyć również i strzelanie systematyczne, które wykonywa się bez wstrzelania uprzedniego, podług określeń danych na podstawie mapy i poprawieniu tych danych na warunki atmosferyczne.

Jako poszczególny wypadek strzelania do danego pola jest strzelanie do celu ruchomego. Wstrzeliwując jedną granicę wideł skokami celownika staramy się przejść odrazu do rażenia celu.

97. Ogień skuteczny rozpryskowy. Ogień taki jest zawsze strzelaniem do danego pola.

Wszystkie uwagi dotyczące wysokości rozprysku i skuteczności ognia przytoczone w art. 93 mają jeszcze większą wagę przy ogniu skutecznym. Mechanizm ognia skutecznego rozpryskowego różni się od strzelania uderzeniowego do danego pola tylko tem, że przy każdej zmianie kierunku należy dawać po dwa strzały i skoki celownika są po 100 metrów.

Ogień skuteczny rozpryskowy zawsze należy rozpoczynać od bliższej granicy wideł.

Ogień skuteczny rozpryskowy granatami przeprowadza się podług zasad dla strzelania uderzeniowego do danego pola z tą tylko różnicą, że skoki celownika są po 50 metrów i przy każdej zmianie kierunku daje się po 3 strzały. Zmiany te są wywołane znacznie większym rozsiewem granatów na rozprysk niż granatów na uderzenie.

98. Ogień skuteczny pociskami gazowemi. Strzelanie pociskami gazowemi jest zawsze uderzeniowe. Wstrzelanie przeprowadza się podług zasad wstrzelania uderzeniowego, ponieważ

przypuszczamy, że tory pocisków gazowych są identyczne z torami granatów. Strzelanie pociskami gazowemi jest bezskuteczne jeśli szybkość wiatru przekracza 3 metry na sekundę. Wyjątek stanowią niektóre gazy o uporczywem działaniu.

Wstrzelanie skuteczne pociskami gazowemi dzieli się na:

a) **Strzelanie nagłe**, które ma na celu zniszczenie obsady celu małych wymiarów (baterja, gniazdo okopów, stanowisko karabinu maszynowego i t. d.).

Przy tem strzelaniu powinniśmy osiągnąć znaczną gęstość ognia w krótkim przeciągu czasu, by stworzyć gęsty obłok gazu.

W tym celu należy używać pocisków z gwałtownemi truciznami. Czas trwania ognia 2 — 3 minuty.

Ilość pocisków waha się zależnie od kalibru, wymiarów celu i od odległości strzału. Dla małych kalibrów na 100 metrów frontu 200 — 400 pocisków; dla średnich 50 — 100.

b) **Strzelanie nękające** ma na celu złamać siły moralne i fizyczne przeciwnika, trzymając go w obłoku gazowym przez długi przeciąg czasu. Strzelanie wykonywa się pociskami z gwałtownemi truciznami i z truciznami o uporczywem działaniu; od czasu do czasu należy oddawać parę salw mieszanych granatami i pociskami gazowemi o uporczywem działaniu dla lepszego rozpryskiwania płynu i dla ukrycia słabego wybuchu pocisków gazowych, jak również dla rażenia przeciwnika, który jest zmuszony porzucić schrony.

Czas trwania strzelania nie mniej jak 4 godziny. Ilość pocisków waha się zależnie od kalibru, wymiaru celu i odległości strzału. Dla małych kalibrów na 100 metrów frontu — 500 pocisków, dla średnich 200 — 250.

c) **Strzelanie zatruwające** ma na celu zatrucie pewnej przestrzeni truciznami uporczywemi i zmuszenia obsady do opuszczenia stanowiska. Ostrzeliwują zwykle miejsca zamieszkałe, baterje, schrony, stanowiska odwodów i t. p.

W tym celu ostrzeliwują pewną przestrzeń, osiągając średnią gęstość zatrucia tej przestrzeni, gdy po upływie pewnego czasu, działanie trucizny słabnie, podtrzymują zatrucie ostrzeliwaniem dodatkowem, zużywając od $^1/_8$ do $\frac{1}{2}$ ilości pocisków, użytych do strzelania zatruwającego. Przestrzeń zatruwana jednym

pociskiem zależy od kalibru. Dla małych kalibrów 20 — 50 metrów kw., dla średnich kalibrów około 200 metrów kw.

d) **Strzelanie obezwładniające** ma na celu skrępowanie przeciwnika w jego ruchach. W tym celu ostrzeliwują skrzyżowania dróg, doliny, dworce kolejowe i t. p., zatruwając dość znaczną przestrzeń nie mniej jak 200 metrów szerokości, by zmusić przeciwnika do używania przez dłuższy czas masek podczas przechodzenia przez nią. Strzelanie obezwładniające wykonywa się pociskami z truciznami o uporczywem działaniu.

Przy strzelaniu obezwładniającem zastosowują przeważnie strzelanie skokami po 50 lub 100 metrów, zależnie od powierzchni, jaką pocisk danego kalibru zatruwa. Przestrzeń, zatruwaną jednym pociskiem, obliczają: dla małych kalibrów 5 m. kw., dla średnich—50 m. kw.; im większa powierzchnia, tem mniejszych ilości pocisków gazowych należy użyć do strzelania obezwładniającego; dane dla obliczeń są podane w przepisach.

ROZDZIAŁ IV.

Strzelanie artylerji nadbrzeżnej.

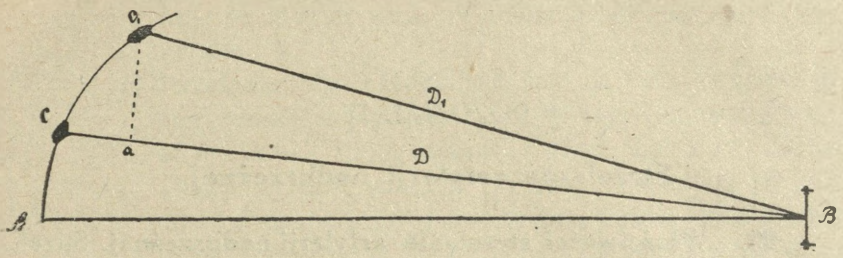
99. Właściwości strzelania artylerji nadbrzeżnej. Strzelanie artylerji nadbrzeżnej jest strzelaniem na wielkie odległości. W wyjątkowych wypadkach i tylko prawie w nocy artylerja nadbrzeżna strzela do celów bliskich, jak np. torpedowce atakujące nasze wyławiacze min i t. p. Rozpoczynając walkę z twierdzą nadbrzeżną flota przeciwnika będzie zmuszona zbliżyć się do twierdzy, by osiągnąć większą celność swego ognia. By mniej być wystawioną na ogień bateryj nadbrzeżnych, flota będzie manewrować, często zmieniając kierunek i szybkość. Wszystkie zasady wstrzelania i strzelania skutecznego, wskazane wyżej, mają zastosowanie w artylerji nadbrzeżnej z pewnemi tylko właściwościami strzelania na wielkie odległości, z powodu celów ruchomych o wielkiej szybkości w kierunkach prostopadłym i równoległym do frontu baterji.

Strzelanie na wielkie odległości wymaga dokładnego i drobiazgowego przygotowania celem najszybszego wyjścia na kierunek właściwy i określenia odległości *„uprzedzonej“*, t. j. tej, która będzie po upływie pewnego czasu, potrzebnego dla przygotowania baterji do strzału. Ponieważ cele są ruchome, wymaga to znacznej szybkości ognia, by na pewnej przestrzeni osiągnąć, przy pewnej gęstości ognia, największą ilość trafień do jednego okrętu. Ponieważ tylko większa ilość trafień może wyprowadzić okręt z szeregu, przeto musimy dążyć do ognia szybkiego, skierowanego na jeden okręt; szybkość i gęstość tego ognia najlepiej osiąga się przez strzelanie ześrodkowane kilku bateryj naraz. Wymaga to drobiazgowego i dokładnego przygotowania danych do otwarcia ognia. Artylerja morska używa przy strzelaniu do celów ruchomych następujących sposobów strzelania:

a) Strzelanie podług odległości,

b) Strzelanie podług czasu.

Przypuśćmy, że cel porusza się po łuku CC_1 (rys. 113) i jest ostrzeliwany przez baterję B. W chwili, gdy cel jest w punkcie



Rys. 113.

C dalekomierz wskazuje odległość D. Po upływie czasu na komendę, nastawienie działa, oddanie strzału i lot pocisku cel będzie już w punkcie C_1 i strzały chybią.

Przypuśćmy, że odległość do celu w punkcie C_1 wyniesie D_1. Więc, by trafić do celu, gdy widzimy go jeszcze w punkcie C, należy nadać poprawkę kierunku $a\,C_1$ i poprawkę odległości $a\,C$. Dla określenia tych poprawek należało śledzić cel przez pewien przeciąg czasu, określić zawczasu „uprzedzenie“ $a\,C_1$ i $a\,C$ i przy tych nastawach dać salwę, która trafiłaby w okręt w punkcie C_1. Widzimy więc, że określając „uprzedzenie“ będziemy wiedzieli, gdzie będzie cel po upływie pewnego czasu.

Należy przyjąć pod uwagę, że cel porusza się niejednakowo co do kierunku i szybkości, wobec czego należy nieustannie śledzić za celem i brać uprzedzenia i odstępy czasu minimalne, aby tylko baterja była gotowa do strzału i dała salwę.

100. Sposób strzelania podług odległości. Dowódca baterji otrzymuje z punktu obserwacyjnego dane co do „uprzedzenia“ w kierunku i w odległości. Na podstawie tych danych powinien on wybrać taką odległość strzału, na którą da salwę, by baterja mogła przygotować się i dać ją wtedy, gdy cel będzie w wybranym punkcie.

Nie należy jednak wybierać tego punktu tak, by trzeba było wyczekiwać na cel, czas przy strzelaniu do okrętów tak drogi, okręty tak ruchliwe, że każda chwila zaoszczędzona może odegrać ważną rolę.

Śledzenie celu odbywa się przy pomocy specjalnych przyrządów, które automatycznie podają dowódcy baterji „odległość salwy“, t. j. tę odległość, przy osiągnięciu której przez cel należy dać salwę.

101. Strzelanie podług czasu. Uprzedzający mechanizm dalekomierza podaje odległość i kierunek dla punktu, w który cel przyjdzie po skończeniu obserwacji. Jeśli chcemy, możemy mechanizm uregulować tak, że wskaże on „uprzedzenie“ przez przeciąg czasu 2, 3 razy większy od czasu obserwacji. Wobec tego, jeśli skierujemy działa tak, by po daniu salwy pociski upadły w chwili, gdy ten okres czasu kończy się, możemy być pewni, że pociski trafią do celu.

ROZDZIAŁ V.

Strzelanie artylerji przy pomocy lotników i balonów na uwięzi.

102. Obserwacja powietrzna. Współczesne pole walki jest „puste“ wszystko przystosowuje się do terenu, ukrywa przed wzrokiem obserwatora naziemnego. Jedynie tylko obserwacja powietrzna może rozedrzeć tę zasłonę, zajrzeć na bliskie i dalsze tyły przeciwnika i dostarczyć artylerji danych o celach ukrytych. Dokładne wstrzelanie i zniszczenie celu jest niemożliwe, gdy się go nie widzi. Lotnik służy artylerji jako obserwator i skierowuje ogień na cel nawet dokładniej niż obserwator naziemny. Łączność z piechotą podczas walki jest utrudniona. Telefony zwykle nie działają, łączność optyczna i iskrowa jest zbyt powolna w podawaniu depesz. Lotnictwo znowu przychodzi artylerji z pomocą i komunikuje wprost artylerji potrzeby piechoty, wskazując cele i wstrzeliwując baterje.

Dowódca baterji nie zawsze jest pewien rezultatów swoich strzałów i nigdy nie może dokładnie określić stopnia rażenia celu. Lotnictwo pomaga mu w tem, fotografując teren. Z tych fotografij dowódca baterji może sądzić o stopniu zniszczenia celu i punktach padania pocisków i wreszcie, jeśli cel nie był zniszczony—o błędach, jakie były popełnione, czy to podczas wstrzelania, czy to podczas ognia skutecznego.

Cele położone blisko punktów obserwacyjnych są widziane tylko pod pewnym kątem i bywają częściowo lub całkowicie zasłonięte załomami terenu, szczegóły okopów są zwykle niedostępne dla oka obserwatora naziemnego, a jeśli się je widzi, to oznaczenie ich na planie jest nadzwyczaj trudne. Lotnictwo pomaga artylerji, fotografując sieć okopów przeciwnika. Na fotografjach otrzymamy wszystkie szczegóły okopów do najdrobniejszych. Przeniesione na plan, dadzą one nam zupełnie dokładny obraz umocnień przeciwnika.

Widzimy więc, jaką pomoc okazuje lotnictwo artylerji, przyjmując na się rolę obserwatora i łącznika z piechotą. Lotnictwo staje się dla artylerji tak niezbędne, tak potrzebne w każdej pra-

wie chwili walki, że powinno stanowić z nią całość, jaką stanowi z baterją oddział obserwatorów i wywiadowców.

Wszystko powyżej przytoczone stanowi dodatnią stronę obserwacji powietrznej przy pomocy samolotów.

Ujemnemi stronami będą:

a) krótkotrwałość obserwacji,
b) utrudniona łączność,
c) duży procent błędów,
d) zależność od stanu powietrza.

a) *Krótkotrwałość obserwacji* wynika z trudności i niebezpieczeństwa utrzymania się w powietrzu samolotu krążącego około jednego punktu. Samolot artyleryjski jest ciężki, niesie pilota i obserwatora, zapas paliwa względnie szybko się wyczerpuje, czas obserwacji oblicza się na minuty. Krążenie około jednego punktu ściąga na siebie gwałtowny ogień artylerji przeciwlotniczej i ataki samolotów przeciwnika. Obserwacja powietrzna jest więc krótką i cenną i należy wykorzystać każdą jej sekundę.

b) *Utrudniona łączność*. Samolot porozumiewa się z ziemią za pomocą telegrafu iskrowego, sygnałów świetlnych i kartek; ziemia z samolotem—za pomocą telegrafu iskrowego, wykładania znaków na ziemi i znaków świetlnych. Telegraf iskrowy podaje spostrzeżenia znakami szyfru. Szyfr jest krótki, uproszczony i dostosowany do prowadzenia ognia. Trudno więc porozumiewać się i żądać wyjaśnień, które często mogłyby objaśnić dowódcę baterji i dać cenne wskazówki.

Znakami świetlnemi, wskutek ciągłego ruchu i manewrowania samolotu nie jest łatwo porozumieć się. Rakietami możemy wyrazić tylko kilka znaków.

Płachtami można pokazać tylko kilka znaków najniezbędniejszych dla porozumienia się z obserwatorem na samolocie.

Widzimy więc, że łączność jest bardzo trudna i komunikacja z samolotem odejmuje dużo czasu od czasu pobytu samolotu w powietrzu.

c) *Procent błędów przy wskazaniu celów*. Wskutek umiejętnego maskowania i wskutek złej obserwacji okazuje się zawsze dość znaczny procent błędnych wskazań celu; najczęściej błędy te zauważają się przy określeniu stanowisk baterji. Dla uwidocznienia błędów przytaczamy dane statystyczne francuskie, dotyczące obserwacji lotniczej artyleryjskiej z walk pod Douamont (Verdun).

Dane lotnictwa niemieckiego o stanowiskach artylerji francuskiej pod Douamont: na 130 bateryj francuskich na danym odcinku, Niemcy określili przy pomocy wszystkich środków obserwacji 160, z tego samolotami 65.

Dane te przedstawiają się tak:		samolot	
Baterje określone dokładnie . . .	40	10	czyli 25%
Baterje określone niemal dokładnie	50	16	czyli 32%
Nieistniejące	79	39	czyli 55,7%
	160	65	

Widzimy z tego, że obserwacja powietrzna popełnia dużo błędów. Jednak dane powyższe nie mogą być bezwzględnie przyjęte dla wszystkich wypadków. Procent błędów dochodzi zwykle do 15 – 20, więc nie jest tak przerażający, jak w przytoczonym przykładzie.

Porównywując strony dodatnie i ujemne widzimy jednak, że strony dodatnie obserwacji powietrznej przeważają. Udoskonalenie aparatów lotniczych i środków obserwacji zmniejszy procent błędów i da artylerji idealnego obserwatora.

Drugim środkiem obserwacji powietrznej jest balon na uwięzi.

Stronami dodatniemi korzystania z balonu, będą:

a) *Łatwa łączność.* Balon na względnie małej wysokości (400—2,000 metrów); komunikować się można telefonicznie wprost z obserwatorem w balonie.

b) *Długotrwałość obserwacji.* Balon może obserwować całemi dniami z małemi tylko przerwami dla zmiany obserwatorów.

Stronami ujemnemi korzystania z balonu, będą:

a) *Trudność przewożenia*, trudność instalacji i znaczny tabor.

b) *Znaczne wymiary podniesionego balonu*, łatwość rażenia z dział i samolotów, co zmusza do ustawiania bateryj przeciwlotniczych dla ochrony balonu i co z tego wypływa:

c) *Niezbędność umieszczenia balonu w znacznem (do 6—7 klm.) oddaleniu od linji przeciwnika.*

d) *Obserwacja pod małym kątem do poziomu celu*, np. jeśli balon jest oddalony od baterji przeciwnika przeciętnie na 7 klm., przy wysokości balonu 1,200, 1,600,

1,800 metrów, kąty obserwacji do poziomu celu będą 50, 75, 125 tysięcznych, czyli 9° 39′, 12° 51′ i 14° 27′.

e) *Trudność dokładnego określenia miejsca celu* i dokładnego wstrzelania baterji do celu przy pomocy jednego balonu i niezbędność użycia 2 balonów uzupełniających nawzajem swoją obserwację.

f) *Zależność obserwacji od czystości i stanu powietrza.* Lekka mgła i kurz uniemożliwiają prawie obserwację z balonu lub utrudniają ją do takiego stopnia, że wstrzelanie staje się wątpliwe.

Strony ujemne balonów na uwięzi są bardzo znaczne, ale długotrwałość obserwacji i łatwa łączność czynią z balonu niezbędnego pomocnika artylerji, znacznie rozszerzającego pole widzenia obserwatora naziemnego.

103. Strzelanie artylerji przy pomocy obserwacji powietrznej z samolotu. Obserwacja powietrzna strzelania podaje dowódcy baterji:

a) stanowisko dokładne celu,

b) wielkość odchyleń w kierunku i odległości.

Przyjmując pod uwagę krótkotrwałość obserwacji z samolotu, strzelanie powinno być zawczasu dokładnie przygotowane, by stracić minimum czasu na przygotowanie się do strzału po porozumieniu się z samolotem.

Przygotowanie powinno być takie, by dało pierwszą serję w pobliżu celu w pewnej przestrzeni, gdzie jej oczekuje obserwator.

Dla ułatwienia obserwacji strzelać należy serjami baterji.

Każdą serję oddaje się w porozumieniu z samolotem, gdy ten ostatni jest gotów do obserwacji.

Każde wstrzelanie przeprowadzone przy pomocy obserwatora powietrznego, powinno być natychmiast przeniesione na cel pomocniczy dobrze widoczny w terenie, od którego odliczają się przy strzelaniu na inne cele niewidoczne, już bez pomocy obserwatora powietrznego.

Wstrzelanie i strzelanie skuteczne przeprowadza się podług zasad ogólnych, obowiązkowo serjami, czasami, na prośbę obserwatora serjami zwykłemi, nigdy zaś pojedyńczemi strzałami. Wyjątkowo, pojedyńcze strzały są dopuszczone przy wstrzelaniu dokładnem; dają wówczas po 4 strzały z działa jeden po drugim z największą szybkością przy dokładnem celowaniu.

Jeśli obserwacja naziemna na jakikolwiek cel jest utrudniona, doprowadzają wstrzelanie dokładne do wstrzelania jednego tylko działa, poczem obliczają dane dla innych dział baterji.

Przy strzelaniu artylerji ciężkiej o wielkiej donośności, wstrzelanie przeprowadza się kilkoma serjami naraz, zależnie od szybkostrzelności działa.

Działa oddające strzał w minutę oddają 3 serje, oddające strzał w dwie minuty — 2 serje. Wstrzelanie dokładne wielkich kalibrów, powinno być przeprowadzone przy oddaniu największej ilości strzałów w minimum czasu, by obserwator mógł dokładnie, w najkrótszym przeciągu czasu, zorjentować się co do położenia średniego toru.

W warunkach nadzwyczaj sprzyjających, gdy cel jest nadzwyczaj wyraźny a noce jasne, można przeprowadzić wstrzelanie nocne przy pomocy obserwacji powietrznej.

Przy strzelaniu nocnem obserwator powietrzny może określić tylko znak odchylenia, lecz nigdy jego wielkość.

Przy pomocy obserwatora powietrznego mogą strzelać tylko działa średnich kalibrów, które mają przy dostatecznej szybkostrzelności wielki płomień przy rozprysku pocisku; gwarantuje on dobrą obserwację.

104. Strzelanie przy pomocy obserwacji powietrznej z balonu na uwięzi. Obserwacja z balonu może dać znak strzału i czasami tylko wielkość odchylenia. Wobec tego używa się obserwacji z balonu wtedy, gdy obserwacja ziemna na cel bliski jest utrudniona lub niemożliwa.

Jeśli balon celu dobrze nie widzi, przeprowadza on wstrzelanie z grubsza, które ulepsza się przy pomocy samolotu.

Przy obserwacji z balonu strzela się tylko ogniem uderzeniowym; strzały rozpryskowe mogą być użyte dla zorjentowania obserwatora co do miejsca padania granatów.

Wstrzelanie przeprowadzone przy pomocy balonu, powinno być natychmiast przeniesione na cel pomocniczy.

Przy strzelaniu artylerji o wielkiej donośności należy używać przy celach znacznie oddalonych dwóch balonów rozstawionych o jakie 10 klm. jeden od drugiego.

Wstrzelanie i strzelanie skuteczne przy obserwacji z balonu przeprowadza się podług zasad ogólnych serjami lub serjami zwykłemi baterji.

DZIAŁ VI.

Proch.

ROZDZIAŁ I.

Materjały wybuchowe.

105. Pojęcie o materjałach wybuchowych. Jeśli zmieszać mechanicznie lub połączyć chemicznie ciała zawierające z jednej strony znaczne ilości tlenu i łatwo wydzielające tlen przy nagrzewaniu, a z drugiej, ciała łatwopalne: tlenek węgla, wodór, siarkę i t. p., wówczas, przy zapaleniu takiej mieszaniny, chociażby w jednym tylko punkcie, płomień szybko przenosi się z warstwy na warstwę i cały proces palenia kończy się w krótkim przeciągu czasu, przyczem wydzielone gazowe produkty spalenia, rozgrzewając się szybko do wysokiej temperatury, znacznie zwiększają swoją objętość i gwałtownie cisną (uderzają) na otaczające ciała. Zjawisko to nazywa się **wybuchem.**

Wobec tego, *wybuch jest to szybkie przetworzenie ciała w gazy o wysokiej prężności* *); wszelkie ciało zdolne do wybuchu nazywa się **ciałem wybuchowem.**

Używanie materjałów wybuchowych w celach wojny i w górnictwie polega na tem, że w zwykłych warunkach ciała te przedstawiają materję stałą, zdolną do wybuchu przy rozgrzewaniu, tarciu, uderzeniu lub w innym sposobie zapalenia. Wydzielające się przy wybuchu gazy dążą do rozprzestrzenienia się w znacznie większej objętości, iż ta objętość, którą zajmuje materjał wybuchowy i wskutek tego, wywierają ciśnienie na otaczające ciała,

*) Zjawisko wybuchu może również ukazać się przy szybkiej zmianie stanu fizycznego ciał (wybuchy kotłów parowych).

przyczem, jeśli materjał wybuchowy jest zawarty w zamkniętem naczyniu, może być rozerwanie ścianek naczynia lub odrzucenie tych części, które najmniej opierają się przy ciśnieniu, np. pocisk w przewodzie lufy.

Z powyższego widzimy, że w materjałach wybuchowych jest ześrodkowany wielki zapas energji, który może wykonać znaczną pracę mechaniczną w krótkim przeciągu czasu; np. jeden kilogram prochu dymnego, spalając się podczas 0,01 sek. wykona pracę równą pracy 10 ludzi pracujących całą godzinę.

Podług zjawisk, jakie następują przy wybuchu, wszystkie materjały wybuchowe mogą być podzielone na dwie główne grupy: **miotające i kruszące.**

Miotające materjały wybuchowe przeistaczają się w gazy w krótkim przeciągu czasu, lecz zupełnie dostatecznym dla rozprzestrzenienia się gazów w przestrzeni, w której odbywa się spalanie. Tak np. jeśli materjał wybuchowy wybucha w powietrzu, gazy rozszerzając się uchodzą w powietrze. Przy spalaniu materjałów miotających w broni palnej, przedstawiającej zamknięte naczynie, gazy w miarę tworzenia się, poruszają pocisk i zajmując coraz większą objętość nie zdążą osiągnąć tak wysokiej prężności, któraby mogła rozerwać lub zniekształcić ścianki broni; w tym samym czasie, pocisk, pod wpływem ciśnienia gazów, przez czas ruchu w przewodzie lufy, osiąga znaczną szybkość.

Kruszące materjały wybuchowe przeistaczają się w gazy w tak krótkim przeciągu czasu (kilkaset razy krótszy niż miotające), że gazy po ukończeniu wybuchu, posiadają prawie tę samą objętość, jaką zajmował materjał wybuchowy przed wybuchem. Wskutek tego gazy te posiadają ogromną prężność i ciśnienie, które wywierają na naczynie, jest krótkotrwałe, lecz tak znaczne, że może je rozkruszyć jakby od uderzenia młotem. Do strzelania materjały kruszące nie nadają się, ponieważ rozrywałyby wszelką broń; w artylerji korzystają z nich dla ładowania pocisków i zastosowują do niszczenia i wysadzania różnych objektów.

Większa część materjałów kruszących posiada tę własność, że czas trwania wybuchu zależy od sposobu zapalenia. Np. przy zapaleniu zapałką, płomieniem lampy gazowej i t. p., niektóre z materjałów kruszących nie wybuchają lecz spalają się powoli. Przy działaniu na te same materjały płomienia chociażby małej ilości niektórych innych materjałów kruszących odbywa się prawie momentalne przeistoczenie w gazy. Zjawisko tego momen-

talnego przeistoczenia w gazy całej masy kruszącego materjału nazywamy **detonacją**, odróżniając od zwykłego, stopniowego przeistoczenia właściwego materjałom miotającym i zwanego stopniowem spalaniem. Materjały wybuchowe, przy pomocy których możemy wywołać detonację pewnego materjału wybuchowego nazywają się **detonatorami** tego materjału.

Wszelki materjał wybuchowy zdolny do działania miotającego i nadający się do strzelania nazywamy **prochem.**

106. Skład kruszących materjałów wybuchowych. Wszystkie kruszące materjały wybuchowe zastosowane obecnie w artylerji i technice, możemy podzielić co do ich składu na następujące grupy:

a) Gazowe mieszaniny wybuchowe,
b) Etery złożone kwasu azotowego,
c) Nitraty,
d) Sole piorunujące.

Gazowe mieszaniny wybuchowe w artylerji zastosowania nie mają; przykładem takiej mieszaniny jest piorunujący gaz, składający się z dwóch części wodoru i jednej części tlenu. W technice korzystają z mieszaniny wybuchowej gazu świetlnego lub benzyny z powietrzem dla gazowych lub benzynowych silników. W kopalniach często tworzy się mieszanina wybuchowa z jednej części gazu błotnego i dwóch części tlenu.

Etery złożone kwasu azotowego tworzą się przy połączeniu organicznych ciał (spirytusu) z kwasem azotowym HNO_3. Obecnie w artylerji największe zastosowanie mają: bawełna strzelnicza $C_{24}H_{28}O_8(NO_3)_{12}$ i nitrogliceryna $C_3H_5(NO_3)_3$.

Nitraty, podobnie jak i etery azotowe, otrzymują się przez działanie kwasu azotowego na niektóre organiczne związki; w artylerji zastosowują kwas pikrynowy $C_6H_2(NO_2)_3O_3$ i trójnitrokrezol $C_6H(CH_3)(NO_2)_3OH$.

Mieszaniny piorunujące zastosowują się w artylerji dla przygotowania detonatorów i mieszanin uderzeniowych. Najbardziej rozpowszechnioną jest rtęć piorunująca $C_2N_2O_2Hg$ i ostatnio trójazotki metali (AgN_3 lub PbN_6).

107. Detonacja materjałów wybuchowych. Zjawisko detonacji było odkryte przez Nobla (1864 r.) przy doświadczeniach nad zapaleniem nitrogliceryny, przyczem wyjaśniono, że przy za-

paleniu nitrogliceryny na powietrzu płomieniem lampy pali się ona względnie powolnie, jeśli zaś zapalić ją przy pomocy detonatora z rtęci piorunującej proces odbywa się momentalnie z nadzwyczaj silnem działaniem burzącem. Podobny sposób detonacji był zastosowany do innych materjałów wybuchowych i na podstawie doświadczeń ułożono następujący stosunek kruszącego działania materjałów wybuchowych przy zapaleniu i detonacji:

Działanie kruszące.

	Zapalenie zwykłe.	Detonacja.
Proch dymny karabinowy	1	4,3
Kwas pikrynowy	2	5,5
Bawełna strzelnicza	3	6,5
Nitrogliceryna	4,8	10

Wobec tego detonacja jest najdogodniejszym sposobem rozkładu materjałów wybuchowych, ponieważ wskutek nadzwyczajnej szybkości procesu detonacji, gazowe produkty rozkładu nie zdążają do rozszerzenia się na otaczającą materję, lecz z całą swoją siłą kruszą dany przedmiot; wskutek tychże przyczyn strata ciepła na promieniowanie i nagrzewanie otaczającej materji jest bardzo mała.

108. Kowolum i siła materjałów wybuchowych. Przy spaleniu jednej i tej samej ilości różnych materjałów wybuchowych rozwija się nie jednakowa ilość gazów; by mieć możność sądzić o działaniu tych materjałów w różnych warunkach, należy ustalić ogólną miarę tych sił. Wyprowadzimy tę zależność teoretycznie, korzystając z dwóch podstawowych praw nauki o gazach. Pierwsze prawo (Mariott'a) głosi, że *objętość danej ilości gazów jest odwrotnie proporcjonalna do ciśnienia zewnętrznego jeśli temperatura gazu pozostaje niezmienną;* drugie prawo (Gay-Lussac'a), że *współczynnik rozszerzenia gazów nagrzewanych przy największem ciśnieniu jest wielkością stałą dla wszystkich gazów i równa się* $\frac{1}{273}$.

Obydwa wyżej przytoczone prawa dają w całokształcie t. zw. równanie (Klapejrona) idealnego gazu, związujące objętości v_0 i v, prężności p_0 i p i temperaturę t danej ilości gazu:

$$p \cdot v = p_0 \cdot v_0 \left(1 + \frac{1}{273} t\right),$$

czyli:

$$p \cdot v = \frac{p_0 v_0}{273} (273 + t).$$

Jeśli oznaczymy $\frac{p_0 v_0}{273}$ przez R, $273 + t$ przez T (przyczem R jest wielkością stałą dla każdej danej masy gazu, T jest bezwzględną temperaturą gazu), otrzymamy:

$$p \cdot v = R. T.$$

Prawo powyższe, że *dla danej masy gazu iloczyn z objętości gazu i jego prężności jest proporcjonalny do bezwzględnej temperatury gazu* stosuje się całkowicie do gazów idealnych, a ponieważ cząsteczki każdego gazu zajmują pewną objętość α zaś przestrzeń wolna dla ruchu cząsteczek gazu równa się nie całej objętości zajętej przez gaz lecz nieco mniejszej; zatem dla każdego z istniejących gazów równanie: $pv = RT$ wyrazi się:

$$p\ (v - \alpha) = R. T. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (89)$$

Objętość oznaczona przez nas w równaniu (89) przez α przedstawia tę najmniejszą objętość, jaką może zająć masa gazowa przy nieskończenie wielkiem ciśnieniu; tę objętość nazywają **kowolumem** danego gazu. Podług określenia Amagat kowolum przedstawia najmniejszą objętość jaką może zająć masa gazowa przy nieskończenie wielkiem ciśnieniu, przyczem przy ciśnieniu gazów zjawisko odbywa się, jakby między cząstkami materji gazowej był ruchomy płyn (eter), który podlega prawu Gay-Lussac'a, cząsteczki zaś materji przedstawiają jakby pływające w płynie ciała twarde.

Podług doświadczeń Sarro, przeciętna wielkość kowolumu dla wszystkich gazów wziętych w warunkach normalnych, t. j. przy temperaturze 0^0 i ciśnieniu jednej atmosfery równa się około 0,001.

Siłą materjału wybuchowego nazywamy to ciśnienie, które rozwija się przy wybuchu jednostki jego wagi w objętości równej $1 + \alpha$.

Z wzoru (89) mamy: $p = \frac{R\ T}{v - \alpha}$; jeśli przyjąć wagę ładunku równą jedności (np. 1 klg.) wówczas $\frac{1}{v} = \Delta$ (gdzie Δ jest ścisłością ładowania, t. j. stosunkiem wagi ładunku ω, materjału wybuchowego do wagi wody tejże objętości m, w której jest umieszczony ładunek, t. j. $\Delta = \frac{v}{m\delta}$ gdzie δ — waga jednostki objętości wody).

Eigentum
Heeresarchiv - Zweigstelle
Danzig

Wobec tego:

$$p = \frac{R \cdot T}{\frac{1}{\Delta} - \alpha} = \frac{R \cdot T \cdot \Delta}{1 - \Delta\alpha} = \frac{p_0 v_0}{273} T \frac{\Delta}{1 - \alpha\Delta} = F \frac{\Delta}{1 - \alpha\Delta}, \quad (90)$$

gdzie $F = \frac{p_0 v_0}{273} T$ przedstawia siłę materjału wybuchowego.

Wzór (90) posiada wielkie znaczenie praktyczne, ponieważ pozwala dla każdego materjału wybuchowego określić wielkość jego kowolumu i siły F (w tym celu należy wykonać dwa doświadczenia dla określenia ciśnienia przy dwóch różnych ścisłościach ładowania i podstawiając te wielkości do wzoru ciśnienia, rozwiązać dwa równania z dwiema niewiadomemi: F i α).

Poniżej przytaczamy tabelę, wskazującą na wielkość kowolumu, siły F, objętości i temperatury najbardziej rozpowszechnionych materjałów wybuchowych.

	α cent.^{3}	F	v	t
Proch dymny	0,5	3370	280	2910°
Bawełna strzelnicza	1	9565	860	2665°
Proch bezdymny karabinowy	0,9	9075	901	2390°
Proch bezdymny armatni . .	0,92	9025	923	2309°
Kwas pikrynowy	0,9	8570	877	2310°
Nitrogliceryna	0,7	10084	712	3469°
Żelatyna piorunująca . , .	0,7	10275	709	3545°
Rtęć piorunująca	0,3	4529	314	3533°
Trójnitrotoluol	0,87	10750	863	3130°

109. Wpływ ścisłości ładowania na charakter działania materjału wybuchowego. Ścisłość ładowania okazuje wpływ na charakter działania materjału wybuchowego; im mniejsza jest objętość naczynia, tem ściślejsze są gazy tworzące się wewnątrz naczynia w jednostce czasu i tem szybciej rozwijają się ciśnienia, które znowu przyspieszają proces spalania i przy zwiększeniu ścisłości ładowania od pewnej granicy, zwykłe spalanie się może być detonacją. Bezdymny proch na powietrzu, w małych objętościach, pali się wolno, przy małej ścisłości ładowania w armacie (0,5 — 0,6) pali się stopniowo, lecz przy większej ścisłości już może detonować. Na podstawie tego, przy wysadzaniu objektów ściśle i mocno zakrywają ładunki wybuchowe. W działach spalanie się ładunku odbywa się powolnie

w stale zwiększającej się objętości, ponieważ od chwili poruszenia pocisku w przewodzie lufy, objętość, w której spala się ładunek, ciągle zwiększa się.

110. Praca i potencjalna energja materjałów wybuchowych. Miarą tej, teoretycznie możliwej pracy, którą może wykonać materjał wybuchowy jest ilość ciepła wydzielonego przy wybuchu danego materjału wybuchowego. Z mechaniki wiemy, że jedna wielka kalorja jest zdolna wykonać pracę 426 kilogrammetrów (mechaniczny równoważnik ciepła). W ten sposób jeśli dla danego materjału wybuchowego oznaczymy ciepło wydzielające się przy rozkładzie (t. j. ilość wydzielonych kaloryj) przez T, wówczas największa praca określi się z równania: $Q = 426\ T$; dla porównania między sobą różnych materjałów wybuchowych w stosunku do wyżej wskazanego zapasu pracy, obliczają ją dla jednostki wagi, np. 1 klg. i wówczas wielkość ta nazywa się **potencjalną energją** materjału wybuchowego. Tak np. potencjalna energja rtęci piorunującej wyraża się przez 175.000, prochu dymnego — 290.000, kwasu pikrynowego 345.000, bawełny strzelniczej 465.000, nitrogliceryny 675.000 i trójnitrotoluolu 256.000 kg. m.

Przy spalaniu się niektórych, nie wybuchowych materjałów, np. węgla kamiennego, mazutu, wydziela się jeszcze większa ilość dużych kaloryj (8.000 i 12.000), lecz ponieważ spalają się one w dłuższym przeciągu czasu, więc i efekt przy spalaniu się materjału wybuchowego w stosunku do jednostki czasu będzie znacznie większy.

Praktycznie bardziej jest ciekawy stosunek energji potencjalnej różnych materjałów wybuchowych w stosunku do jednakowej objętości przy największej ścisłości ładowania a również ta rzeczywista, czyli dodatnia praca, którą może wykonać materjał wybuchowy. W tym celu wykonują wybuchy w ołowianych kulach (próby Trautzla). Wybuch odbywa się w zamkniętej przestrzeni i porównywując objętość komór po wybuchu różnych materjałów sądzą o stosunkowej wielkości pracy tych materjałów.

Doświadczenia te (dla kul o średnicy 20 cm. przy komorach 2,2 cm. i głębokości 12 cm.), określiły następujące rezultaty: dla prochu dymnego 112 cm^3, dla prochu bezdymnego 185

cm^3, rtęci piorunującej 213 cm^3, kwasu pikrynowego 362 cm^3, trójnitrotoluolu 370 cm^3, nitrogliceryny 563 cm^3 i żelatyny piorunującej 620 cm^3.

Należy wziąć pod uwagę, że energja, którą w rzeczywistości wykazuje materjał wybuchowy jest mniejszą od teoretycznej energji potencjalnej, ponieważ część jej traci się na rozgrzanie ścian naczynia, na wstrząśnienie otaczającej materji i t. p.

ROZDZIAŁ II.

Pojęcie o składzie i własnościach miotających i kruszących materjałów wybuchowych zastosowanych w artylerji.

111. Skład zwykłego dymnego prochu. W Europie od XIV wieku do strzelania używali prochu saletro-siarko-węglowego, który był mechaniczną mieszaniną saletry KNO_3 siarki S i węgla C, zmieszanych w określonym stosunku i dokładnie zmielonych. Początkowo przygotowywali proch w postaci pudru. Od XV wieku zaczęli puder prasować w pastylki, by zapobiec przy przewożeniu zmianie składu prochu. Później z pastylek zaczęli robić ziarna różnej wielkości.

Określony szeregiem doświadczeń skład prochu w różnych państwach był wogóle jednakowy: około 75% wagi saletry potasowej, około 15% węgla drzewnego i około 10% siarki. W różnych rodzajach prochu ten stosunek procentowy zmieniał się zwykle o parę tylko procentów.

Przeznaczeniem każdej z części składowych prochu jest: saletrą KNO_3 zawierająca znaczną ilość tlenu przeznacza się dla spalenia węgla i przetworzenia go w gaz.

Węgiel — przeznacza się do spalenia w tlenie saletry.

Siarka — przeznacza się dla związania mechanicznej mieszaniny saletry i węgla i dla nadania ziarnom prochu potrzebnej twardości. W ostatnich prochach twardych doszli do znacznego zmniejszenia ilości siarki, a nawet w niektórych gatunkach prochu siarki wcale niema. Zmniejszenie ilości siarki czyni proch wolniej palącym się.

Wyrazić przez równanie chemiczne ogólną reakcję, która odbywa się przy wybuchu jest niemożliwe, ponieważ doświadczenia pokazały, że produkty rozkładu prochu zależą od składu prochu, wielkości ładunku, wielkości ziaren, ciśnienia, przy którem odbywa się palenie i od wielu innych warunków.

Jako przeciętny rezultat spalania się prochu, na podstawie wielu doświadczeń, przyjmują, że otrzymuje się około 40% gazów i około 60% twardych resztek w postaci dymu i gęstego, szybko twardniejącego osadu prochu.

Gazy wydzielane przy spalaniu się prochu składają się przeważnie z dwutlenku węgla CO_2, tlenku węgla CO i azotu N, twarde resztki z węglanu potasowego K_2CO_3, siarczanu potasu K_2SO_3 i siarczku potasowego K_2S.

112. Dane o materjałach miotających proponowanych wzamian saletro-siarko-węglowego prochu. Podczas prawie 500 lat, do strzelania używano wyłącznie tylko prochu dymnego. Ilość gatunków tego prochu była nieznaczna i wszystkie te prochy miały, mówiąc ogólnie, jednakowy skład i tylko w ubiegłem stuleciu, kiedy były wprowadzone gwintowane działa i podłużne pociski, w fabrykacji prochu były dokonane różne zmiany: zmieniono skład prochu i gatunek węgla dla niektórych prochów. Chociaż dzięki tym zmianom fizycznych właściwości prochu, otrzymano możność nadawania wielkich szybkości wylotowych ciężkim pociskom, jednak w tym samym czasie wcale nie usunięto głównej wady tego prochu, a mianowicie: 60% osadu twardych resztek i dymu. Zajmując się zwiększeniem działania miotającego i jednocześnie usunięciem wad istniejącego prochu wynaleziono wielką ilość różnych składów prochu będących już to zmianą istniejących gatunków, już to nowemi związkami. Prochy te mogą być podzielone na dwie grupy: mechaniczne mieszaniny i kruszące materjały wybuchowe.

Z mechanicznych mieszanin — odmian zwykłego prochu najważniejszemi są:

Proch Berthelot'a wynaleziony przez francuskiego chemika Berthelot'a, który zaproponował zamienić saletrę na inne ciało bogate w tlen. — sól Berthelot'a $KClO_3$.

Proch ten okazał się silniejszym od zwykłego, lecz i bardziej niszczącym. Przygotowanie i obchodzenie się z tym prochem wymagało wielkiej ostrożności, ponieważ łatwo wybuchał przy uderzeniu i tarciu. Po kilku wybuchach przy wytwarzaniu tego prochu był on zarzucony.

Barowy proch składał się z prochu zwykłego zmieszanego z prochem, w którym saletra potasowa była zamieniona na barową. $Ba\ (NO_3)_2$.

Proch ten był używany w Prusach dla strzelania z gwintowanych dział. W saletrze barowej przy tej samej wadze jest mniej tlenu, wobec tego proch ten pali się wolniej i działa mniej niszcząco. Udoskonalenie zwykłego prochu (zwiększenie wymiaru

i ścisłości ziaren, co spowodowało zwiększenie czasu palenia się) usunęło proch barowy z użytku.

Biały proch Szulca, zaproponowany około 1860 roku, składał się z saletry zmieszanej z drzewnemi trocinami, które przed zmieszaniem były poddane pod działanie kwasu azotowego. Proch ten, przy spalaniu się daje mniej dymu i resztek, lecz działa niszcząco na ścianki przewodu lufy. Obecnie, czasami, używa się go do strzelania z broni myśliwskiej.

113. Kruszące materjały wybuchowe zastosowywane w artylerji. Z kruszących materjałów wybuchowych zaproponowanych wzamian zwykłego prochu, jak dla strzelania z dział, tak i dla ładowania pocisków najważniejszemi są: bawełna strzelnicza, nitrogliceryna, dynamit, kwas pikrynowy (trójnitrifenol, melinit, liddit i szymoze), rtęć piorunująca.

Wyżej wskazaliśmy, że najważniejszą przeszkodą do zastosowania dla strzelania z dział bawełny strzelniczej, nitrogliceryny i kwasu pikrynowego jest nadzwyczajna szybkość przeistoczenia się w gazy (detonacja) wskutek czego przy strzelaniu czynią one znaczne zniszczenie broni. By wybuchowe chemiczne związki były bezpieczne przy strzelaniu, należy, oczywista, zwolnić tempo palenia się, zachowując jednocześnie właściwości tych związków, niedających przy spalaniu się dymu i resztek.

114. Skład bawełny strzelniczej. Bawełna strzelnicza $C_{24}H_{28}O_8(NO_3)_{12}$ była wynaleziona przez Braconnot, we Francji, w roku 1832 r. Otrzymuje się ją przez poddanie włókien bawełny działaniu mieszaniny kwasu azotowego i siarczanego. Przy spalaniu bawełna strzelnicza całkowicie przeistacza się w gazy, nie wydzielając twardych resztek i dymu. Wykorzystując te właściwości bawełny strzelniczej, na podstawie szeregu doświadczeń, austrjacki generał Lenk zaproponował (w połowie XIX stulecia) dla zmniejszenia tempa palenia się bawełny strzelniczej używać jej nie w postaci kruchej masy, lecz w postaci przędzy. W ten sposób zaczęli przygotowywać ładunki z kruchej bawełny strzelniczej, robiąc z niej nici, a z nici materję w postaci knotów. Materji tej używano jako ładunków. Strzelanie temi ładunkami dało rezultaty dodatnie i w 1862 r. Austrja sformowała 50 bateryj z 4-o funtowych dział strzelających ładunkami z bawełny strzelniczej, lecz po kilku niewyjaśnionych wybuchach składów bawełny strzelniczej Austrja zarzuciła jej fabrykację. Po upływie 10 lat

angielski chemik Abel wskazał taki sposób masowej fabrykacji bawełny strzelniczej, przy którym osiągnął zupełne zabezpieczenie jej od samorozkładu. Przy poddaniu drzewnika $[C_6 H_7 O_2 (H O)_3]_4$ (tj. drzewa, bawełny, słomy itp.) pod działanie kwasu azotowego HNO_3 różnej mocy, otrzymuje się produkty (nitrodrzewniki) różniące się między sobą zawartością azotu i stopniem rozpuszczalności w mieszaninie spirytusu z eterem.

12	azotowy nitrodrzewnik	$C_{24} H_{28} O_8 (ONO_2)_{12}$ nie otrzymany	nierozpuszczalna bawełna strzelnicza; 12,92% azotu
11	„ „	$C_{24} H_{29} O_9 (ONO_2)_{11}$	
10	„ „	$C_{24} H_{30} O_{10} (ONO_2)_{10}$	rozpuszczalna bawełna strzelnicza; (85%) azotu 12,6%
9	„ „	$C_{24} H_{31} O_{11} (ONO_2)_9$	
8	„ „	$C_{24} H_{32} O_{12} (ONO_2)_8$	rozpuszczalna kolodjonowa bawełna strzelnicza; azotu od 11,5%—6,8%
7	„ „	$C_{24} H_{33} O_{13} (ONO_2)_7$	
6	„ „	$C_{24} H_{34} O_{14} (ONO_2)_6$	
5	„ „	$C_{24} H_{35} O_{15} (ONO_2)_5$	
4	„ „	$C_{24} H_{36} O_{16} (ONO_2)_4$	

Wyrabiają przeważnie bawełnę strzelniczą wyższej nitracji (nie mniej 8% nitrodrzewnika z 11,5% azotu).

Obecnie, w praktyce, korzystają z 4-ch rodzajów bawełny strzelniczej:

a) *Nierozpuszczalna bawełna strzelnicza.* Azotu niemniej 13 %— rozpuszczalność w mieszaninie spirytusu z eterem nie więcej od 10%.

b) *Pirokolodjonowa bawełna strzelnicza.* Azotu 12,6% — całkowicie rozpuszcza się w mieszaninie spirytusu z eterem i w spirytusie drzewnym.

c) *Kolodjonowa bawełna strzelnicza.* Azotu 12%— całkowicie rozpuszcza się w mieszaninie spirytusu z eterem, bardzo mało w spirytusie drzewnym.

d) *Kolodjum.* Azotu 11%, bardzo łatwo rozpuszcza się w mieszaninie spirytusu z eterem.

Bawełna strzelnicza, używana do strzelania, zawiera azotu 12,9%, rozpuszczalność w mieszaninie spirytusu i eteru około 75% i jest mieszaniną rodzajów a, b i c; mieszanina ta otrzymuje się nie przez mechaniczne zmieszanie, lecz podczas reakcji chemicznej eteryfikacji drzewnika.

Kolodjonowa bawełna strzelnicza, która otrzymuje się z mieszaniny nitrodrzewników najsłabszej nitracji zastosowuje się w fotografji i medycynie (kolodjum) i przemyśle (celuloid).

Dotychczas bawełnę strzelniczą wytwarzali w następujący sposób: bawełnę, w postaci wyczesów, t. j. resztek przędzy z fabryk bawełny, oczyszczali w specjalnych fabrykach od wszelkich twardych ciał, kwasów i tłuszczów, suszyli, ochładzali, rozczesywali i w tej postaci dostarczali do fabryki prochu.

W fabryce prochu bawełnę poddawano działaniu mieszaniny składającej się z jednej części kwasu azotowego i trzech części kwasu siarczanego określonej mocy (kwas azotowy ma na celu nitrację drzewnika, kwas siarczany pochłania wytwarzającą się wodę). Sposób otrzymania wszystkich wyżej wymienionych rodzajów bawełny strzelniczej jest jednakowy. Różnica zachodzi tylko w składzie mieszaniny kwasów. Dla otrzymania nierozpuszczalnej bawełny strzelniczej mieszanina składa się z 21% HNO_3, 70% H_2SO_4 i 9% H_2O, dla rozpuszczalnej zaś z 16,5% HNO_3, 68% H_2SO_4 i 14,5% H_2O. W taką mieszaninę, uprzednio ochłodzoną do temperatury pokojowej, zanurzają bawełnę paczkami $\frac{1}{2}$-kilowemi na 10 minut, przyczem, podczas 5 minut masa nitruje się w nadmiarze mieszaniny, poczem wykładają ją na sita i wyżymają do takiego stopnia, by na jedną część bawełny pozostało około 12% azotu. Potem bawełnę przekładają dla dalszej 12 — 24-godzinnej nitracji do zamkniętych garnków glinianych, umieszczonych nad basenem z zimną wodą. Po nitracji kwasy wyżymają szybkim obrotem żelaznych centryfug, które obracają się w ciągu 10 minut z szybkością około 1000 obrotów na minutę; po takiem wyżymaniu pozostaje nie więcej jak 2,5 części kwasu na 1 część bawełny.

Opisany wyżej sposób (stary), przygotowania bawełny strzelniczej w wannach i garnkach w ostatnich latach był zastąpiony przez sposób wytwarzania w centryfugach. Przy tym sposobie oczyszczona i wysuszona bawełna w ilości 8 kg., małemi porcjami, zanurza się w mieszaninie kwasów, nalanej do centryfugi, która jest tak urządzona, że kwasy wylewają się z niej po otwarciu specjalnego kranu; mieszaniny wlewa się do 200 kg. (1 część bawełny na 50 części mieszaniny), tak, że pokrywa ona około $\frac{2}{3}$ dziurkowanego bębna centryfugi. Bawełnę pozostawiają w mieszaninie kwasów przez $\frac{1}{2}$ godziny, poczem mieszaninę zlewają przez kran i wyżymają nadmiar jej przez szybki obrót dziurkowanego bębna. Wyciśnięte kwasy zbierają i po doprowadzeniu do należytej mocy, znowu używają do wytwarzania.

W porównaniu do starego sposobu nitracja w centryfugach skraca czas wytwarzania (ułatwiając pracę robotnikom), skraca czas

nitracji i nie zużywa nadmiernej ilości kwasów. Chociaż nitracja bawełny przy tym sposobie fabrykacji nieco nie osiąga granicy przy danej mocy kwasów, nie ma to praktycznego znaczenia, ponieważ zawartość azotu w bawełnie strzelniczej będzie zupełnie dostateczną.

Bawełnę zanitrowaną w ten lub inny sposób (bawełna strzelnicza) poddaje się szeregowi przemywań w zimnej i gorącej wodzie. Przyczem, obecnie, przy przemywaniu nierozdrobionej bawełny, zupełnie nie dodają żadnych zasad, ponieważ zbadano, że dodanie zasady do zimnej wody jest bezskuteczne, a do gorącej szkodliwe, ponieważ zasady rozkładają bawełnę strzelniczą, tworząc nietrwałe związki. Zwykłe przemywanie przeprowadza się w następujący sposób: z centryfugi, dla wyciśnięcia resztek kwasów, bawełnę strzelniczą wyrzuca się do wanny z zimną wodą, szybko przeciekającą, skąd, po 10 minutach, przekłada się do centryfugi, gdzie wyżymają kwaśną wodę, przyczem podczas obrotu bębna przemywa się ją strumieniem wody. Z tej centryfugi bawełna strzelnicza przechodzi do wanien, gdzie zalewa się ją zimną wodą, którą zmienia się nie mniej jak 10 razy, dopóki bawełna strzelnicza nie przejdzie do wanien dla gorącego przemywania. Wanny dla gorącego przemywania posiadają podwójne dno, wierzchnie dno jest dziurkowane. Między dna puszczają gorącą parę dla zagotowania wody. Przy gorącem przemywaniu wodę zmieniają do 20 razy, przyczem każda zmiana wody gotuje się 2 godziny. Dla lepszego obrotu wody w wannie w środku dziurkowanego dna wanny ustawiają czasami rurę, której koniec jest wyżej poziomu wody w wannie. W rurę, do której jest przymocowana czapeczka, puszczają strumień pary, który porywa wodę z przestrzeni między dnami, woda, uderzając o czapeczkę rury, rozpryskuje się po powierzchni bawełny strzelniczej, zlewa się zatem do przestrzeni między dnami, by znowu podnieść się z parą w rurze. Chociażby jednak przemywanie bawełny strzelniczej w zimnej i gorącej wodzie było najlepsze i najdokładniejsze, nie wydala ono wszystkich resztek kwasów i kwaśnych soli, które pozostają w nitrowanej bawełnie lub nawet w samem włóknie. Kwasy i sole wydzielają się zupełnie z bawełny strzelniczej dopiero po rozdrobieniu jej na miazgę. Rozdrobnienie odbywa się w specjalnych przyrządach (holanderach), gdzie włóknistą bawełnę strzelniczą puszczają między szybko obracający się bęben z nożami, umocowanemi na cylindrze i pudło z nieruchomemi nożami postawionemi pod kątem do górnych noży, tak, że bawełna strzel-

nicza kraje się, jakby nożyczkami. Kwasy wydzielane przy rozdrobieniu, są neutralizowane przez dodanie do wody 0,5 — 1% sody, zależnie od ilości bawełny strzelniczej w holanderze. Rozdrobniona bawełna strzelnicza przemywa się w ciepłej do 1° i zimnej wodzie w cylindrycznych żelaznych wannach, z pionowym śrubowym mieszakiem, zwanych lawerami. W lawerach woda zmienia się co 2 godziny do 8 razy. Poczem rozdrobniona bawełna wyżyma się od nadmiaru wody w centryfudze i w tej postaci (z zawartością 25 — 30% przechowuje się dla dalszego przetwarzania. Bawełna strzelnicza jest dobrze przemytą i bezpieczną przy przechowywaniu, jeśli 3 gramy suchej rozdrobnionej bawełny strzelniczej, przy nagrzewaniu jej w specjalnych przyrządach do 110° z papierkiem lakmusowym niebieskim, zmienią jego kolor na czerwony (od kwaśnych produktów rozkładu), nie wcześniej, jak po 4-ch godzinach po rozgrzaniu (próba Viela).

Jeśli bawełnę strzelniczą przeznacza się dla przerobienia na ładunki, dodają do niej przed prasowaniem od 1—2% oczyszczonej kredy, by neutralizować kwasy, jeśli rozkład bawełny strzelniczej już się zaczął i tem jeśli nie wstrzymują, to zwalniają proces rozkładu.

Wyciśnięta bawełna strzelnicza, małemi porcjami, prasuje się pod silną hydrauliczną prasą w cegiełki potrzebnego kształtu. Bawełna strzelnicza z zawartością od 12 — 20% wody nazywa się *wilgotną*. Wilgotna bawełna strzelnicza przedstawia materjał wybuchowy zupełnie bezpieczny do przewożenia i przechowywania przez dłuższy przeciąg czasu.

Suchą bawełnę strzelniczą nazywamy w praktyce taką, która zawiera nie więcej jak 2% wody. Dla przeistoczenia suchej bawełny strzelniczej w wilgotną, wystarczy zwykłe zwilżenie cegiełki wodą.

115. Własności bawełny strzelniczej. Bawełna strzelnicza posiada kolor półbiałego papieru. Ciężar gatunkowy dochodzi do 1,25. Sucha bawełna strzelnicza wybucha i pali się, wilgotna nie pali się, wybucha zaś przy pomocy detonatora. Zapalenie bawełny strzelniczej odbywa się przy szybkiem podniesieniu temperatury do 170°. Sucha bawełna strzelnicza na otwartem powietrzu spala się wolno, jeśli zaś jest zawarta w mocnej powłoce, lub zapalona w znacznej ilości, wówczas stopniowe spalanie kończy się wybuchem.

Wilgotna bawełna strzelnicza może zapalić się tylko po wyschnięciu. Sucha bawełna strzelnicza przy niedostatecznej czystości produktu pod wpływem, przez dłuższy czas, temperatury około 50° może zacząć rozkładać się, co jest niebezpiecznem, ponieważ może nastąpić wybuch. Początek rozkładu określa się, gdy niebieski lakmusowy papierek, przyciśnięty mocno do kawałka bawełny strzelniczej zabarwi się na czerwono.

Detonację suchej bawełny strzelniczej powoduje zwykła spłonka z 2 — 3 gramami rtęci piorunującej. Dla detonacji wilwilgotnej bawełny strzelniczej między cegiełkami jej umieszczają niewielki kawałek suchej bawełny strzelniczej który wybucha od rtęci piorunującej i powoduje wybuch wilgotnej masy. Otrzymana w sposób powyższy bawełna strzelnicza przedstawia silny materjał wybuchowy kruszący i używa się tylko do ładowania pocisków *).

116. Nitrogliceryna, jej własności i pojęcie o wytwarzaniu. Nitrogliceryna $C_3H_5(NO_3)_3$ była wynaleziona w 1847 r. przez włoskiego chemika Sobrero. Otrzymują nitroglicerynę przez ostrożne wlewanie gliceryny do mieszaniny kwasu azotowego i siarczanego. Otrzymaną w ten sposób nitroglicerynę odmywają od kwasów.

Czysta nitrogliceryna przedstawia bezbarwny tłusty płyn, ciężar gatunkowy 1,6. Ochłodzona do 0° zastyga w masę krystaliczną, która stapia się przy temperaturze + 13°. Nitrogliceryna nie rozpuszcza się w wodzie lecz rozpuszcza się w mieszaninie spirytusu z eterem. Przy szybkiem nagrzewaniu do 180° nitrogliceryna wybucha. Przy zapaleniu płomieniem na otwartem powietrzu spala się powoli, zawarta w mocnej powłoce wybucha.

Czysta nitrogliceryna jest trwałą i można przechowywać ją w ciągu kilku lat. Dostateczną jest mała domieszka wody lub kwasów, by rozpoczął się rozkład, który może zakończyć się wybuchem.

Przy stopniowych, chociażby i znacznych, ciśnieniach nitrogliceryna nie wybucha, natomiast jest bardzo czuła na uderzenie, wybucha nawet przy uderzeniu miedzi o miedź.

---

*) Dla korzystania z bawełny strzelniczej do strzelania czasami mieszają ją z ciałami wolno palącemi się; we Francji dla strzelania z karabinów używali t. zw. białego mało dymnego prochu o następującym składzie:

bawełna strzelnicza	65%
saletra barowa	29%
saletra potasowa	6%

Nitrogliceryna jest trucizną, zażyta w małej ilości powoduje zawrót głowy, w większych dozach może spowodować nawet śmierć. Szkodliwe jest również dla zdrowia nawet dłuższe dotykanie nitrogliceryny gołą ręką.

Przy wybuchu nitrogliceryny wydzielają się tylko gazy. Z powodu niebezpieczeństwa czysta nitrogliceryna niema szerokiego zastosowania.

117. Dynamit. Ten materjał wybuchowy był zaproponowany w 1866 r. przez Nobla i jest mechaniczną mieszaniną nitrogliceryny z jakimkolwiek ciałem bogatem w pory, zwanem *chłonnikiem*. Dynamity bywają z czynnemi i biernemi chłonnikami. W pierwszym wypadku chłonnik przy wybuchu również się rozkłada i produktami swego rozkładu zwiększa ilość gazów, tworzących się przy wybuchu nitrogliceryny. W drugim — chłonnik jest tylko powłoką zawierającą nitrogliceryną i nie zmieniając się w swoim składzie, nie przyjmuje żadnego udziału w wybuchu.

Oczywista, że skład dynamitu może być różnorodny, ponieważ chłonnikami mogą być najróżnorodniejsze ciała i mieszaniny: węgiel, wapno, ziemia, cegła, saletra, proch, bawełna strzelnicza i t. p.

Zawartość nitrogliceryny w dynamicie waha się od 15 do 75%.

Dynamity z wielką ilością nitrogliceryny są tłustawe na dotyk, a z 30% i mniej — suche. Dobrze przygotowany dynamit przechowuje się przy różnej temperaturze. W małych ilościach do 20 klg., dynamit na otwartem powietrzu spala się wolno, przy paleniu się większej masy może nastąpić wybuch. Czułość na uderzenie zależy od natury chłonnika i od ilości nitrogliceryny; od uderzenia kuli karabinowej dynamit prawie zawsze wybucha.

Dynamit detonuje od spłonki z rtęcią piorunującą. Dynamitów szeroko używa się przy wysadzaniu objektów i w górnictwie. Rzadziej zastosowują go do ładowania pocisków.

118. Kwas pikrynowy. (Trójnitrofenol, melinit, lidit, szymoza). Jego własności i pojęcie o wytwarzaniu. Kwas pikrynowy $C_6H_2(NO_2)_3HO$ wytwarzają z kwasu karbolowego (fenolu), otrzymywanego przy suchej destylacji węgla kamiennego, poddanego działaniu mieszaniny kwasów azotowego i siarczanego:

$$C_6H_5HO + 3\,HNO_3 = C_6H_2(NO_2)_3HO + 3\,H_2O$$

Kwas pikrynowy przedstawia się w postaci kryształów żółtej barwy, z trudem rozpuszczalnych w zimnej wodzie, a łatwo w go-

rącej, eterze i spirytusie. W połączeniu z zasadami np. z potasem, tlenkiem miedzi i t. p., kwas pikrynowy daje t. zw. pikraty (pikryniany). Sam kwas pikrynowy wcale nie jest czuły na uderzenie, pikraty natomiast odznaczają się wielką czułością. Połączenia pikratów zawierają w sobie niedostateczną ilość tlenu dla spalenia się przy wybuchu; wskutek czego, dla otrzymania pikrynowych prochów mieszają pikraty z ciałami bogatemi w tlen: saletrą, solą Bertoleta.

Wytwarzanie kwasu pikrynowego jest bardzo proste i bezpieczne. Kwas pikrynowy jest stały, prawie nie hygroskopijny, stapia się przy 1225°, temperatura wybuchu 300°. Stopiony i zastygnięty kwas pikrynowy (melinit) potrzebuje dla wybuchu oprócz spłonki jeszcze i detonatora z suchej bawełny strzelniczej, lub proszku kwasu pikrynowego. Od uderzenia melinit nie wybucha. Te właściwości stopionego kwasu pikrynowego sprawiają, że jest on nadzwyczaj dogodnym do ładowania pocisków. Proszek kwasu pikrynowego wybucha przy szybkiem nagrzewaniu do 300° lub od spłonki z rtęcią piorunującą.

W stanie sprasowanym lub stopionym detonuje tylko przy detonatorze z suchej bawełny strzelniczej, lub zlekka sprasowanego kwasu pikrynowego. Jako samodzielny materjał wybuchowy zastosowuje się we Francji pod nazwą melinitu od 1885 roku, później w Anglji pod nazwą liditu i w Japonji — szymoze (od nazwiska jednego z oficerów, który wynalazł sposób otrzymywania ładunku z drobnych kryształków bez por i nadzwyczaj ścisłych).

Przy detonacji kwas pikrynowy rozkłada się podług równania.

$$2C_6H_2(NO_2)_3(HO) = CO_2 + H_20 + 11CO + 2H_2 + 3N_2.$$

119. Trójnitrotoluol (Trotyl). $C_6H_2(NO_2)_3CH_3$. Trójnitrotoluol znany już oddawna, otrzymał zastosowanie w technice dopiero od 15 lat, kiedy był wynaleziony dla niego właściwy detonator (od rtęci piorunującej stopiony trójnitrotoluol nie detonuje).

Materjał ten, szarawo żółtawego koloru, w wodzie nie rozpuszcza się, rozpuszcza się zaś w rozgrzanym spirytusie etylowym i benzolu. Stapia się przy 81,5°, ciężar gatunkowy 1,7°. Nie tworzy połączeń z metalami, wobec czego nie wymaga izolacji ścian pocisku od masy wybuchowej; nie hygroskopijny. Przy zapaleniu stapia się i pali bez wybuchu; w zwykłych warunkach przechowania jest zupełnie bezpieczny. Przy destylacji do 170°

węgla kamiennego otrzymują benzol i toluol. Potem oddzielają benzol przy pomocy żrącego sodu i nitrują toluol (w trzy fazy). Zastygnięty produkt rozbijają na kawałki i przemywają początkowo w gorącej wodzie dla usunięcia kwasów, potem w gorącym spirytusie. Przy końcu operacji otrzymuje się krystaliczny produkt z temperaturą topnienia 80,5°.

Oczyszczony produkt wydzielają ze spirytusu przy pomocy wody. W centryfugach wyżymają wodę, poczem suszą. Trójnitrotoluol posiada reakcję neutralną; przy przechowaniu w lokalu, gdzie temperatura nie przekracza 30° nie pozostawia tłustych plam na papierze, stopiony, posiada ciężar gatunkowy do 1,65. Wobec tego w porównaniu do bawełny strzelniczej jest produktem bardziej stałym i posiada większą ścisłość ładowania.

Detonatorem dla niego jest trójnitrometylanilina (tetryl) $C_6 H_2 (NO_2)_3) N (NO_2) (CH_3)$, przedstawiająca benzol poddany szeregowi przeistoczeń, początkowo w nitrobenzol: $(C_6 H_6 + + HNO_3 = C_6 H_5 NO_2 + H_2 O)$, potem w anilinę: $(C_6 H_5 NO_2 + 3 H_2 = C_6 H_5 NH_2 + 2 H_2 O)$, poczem chlorowodorowa mieszanina aniliny ze spirytusem metylowym nagrzewa się do 280° pod ciśnieniem do 20 atmosfer w ciągu kilku godzin.

Dla ostatecznego otrzymania trójnitrometylaniliny, otrzymany produkt mieszają z kwasem azotowym i siarczanym. Dla oczyszczenia produktu, rozpuszczają go w acetonie, poczem, przy pomocy wody, wydzielają nitroprodukt i suszą. Temperatura topnienia 127,5°, nie hygroskopijny, żółtego koloru, z metalami nie łączy się. Niebezpieczeństwo samorozkładu jest przy temperaturach wyżej 50°. Mała ilość tego materjału w stanie prasowanym jest dostateczną dla detonacji większych mas stopionego trójnitrotoluolu.

120. Rtęć piorunująca. $C_2 N_2 O_2 Hg$. Rtęć piorunująca była wynaleziona przez Howarda w 1799 r. Dla przygotowania jej rozpuszczają jedną część rtęci metalowej w 11 częściach kwasu azotowego i otrzymany rozczyn wlewają do naczynia ze spirytusem mocy około 95°, w ilości 11 części spirytusu na 1 część rtęci; przy tej operacji rtęć piorunująca osiada w postaci szarych kryształów. Rtęć piorunująca nie rozpuszcza się w wodzie zimnej, w gorącej rozpuszcza się w 130 częściach wagi, posiada własności trujące. Wilgotna rtęć przy dotknięciu metali rozkłada się i wobec tego, spłonki z rtęcią piorunującą należy lakierować. Rtęć piorunująca nadzwyczaj łatwo wybucha, nawet przy uderzeniu żelaza o ołów i przy tarciu.

W czystym stanie rtęci piorunującej używa się tylko do spłonek-detonatorów, używanych dla detonacji materjałów wybuchowych, przyczem w tym wypadku rtęć piorunującą w ilości do 2 gramów, uprzednio prasuje się pod ciśnieniem kilkuset atmosfer.

Dla spłonek ładunkowych czystej rtęci piorunującej nie używają. Dla zabezpieczenia i wstrzymania rozkładu mieszają ją z innemi ciałami, jak sól Bertoleta, siarka, węgiel, tłuczone szkło i t. p. Naprzykład spłonki dla karabinów rosyjskich zawierały rtęci piorunującej 25%, soli Bertoleta 50% i antymonitu ($Sb_2 S_3$) 25%.

Rtęć piorunująca należy do materjałów najbardziej czułych na uderzenie.

O stopniu czułości materjałów wybuchowych na uderzenie sądzą z tej minimalnej wysokości, z której powinien spaść ciężarek (2 kg.), by spowodować wybuch danego materjału:

W tej kwestji doświadczenia pokazały:

	Wysokość w cm.
Rtęć piorunująca	2
Nitrogliceryna	4
Związki azotowe (pikraty srebra i ołowiu) .	5
Trójnitrometylanilina	40
Prasowana bawełna strzelnicza	85
Proch dymny	100

ROZDZIAŁ III.

O wytwarzaniu i próbie dymnych i bezdymnych prochów.

121. Pojęcie o wytwarzaniu i próbie dymnych prochów. Dla jednostajnego działania i możności długiego przechowania prochu składowe jego części (saletra, węgiel i siarka) powinny być zupełnie czyste i przy wytwarzaniu prochu dokładnie zmielone i zmieszane.

Skład dymnego prochu przeciętnie jest prawie jednakowy we wszystkich krajach, a mianowicie: saletry 75%, węgla 15% i siarki 10%. Saletra KNO_3 przedstawia łatwo rozpuszczalną w wodzie sól białego koloru. Po większej części naturalna saletra bywa azotanem sodowym $NaNO_3$, czyli tak zwaną saletrą chilijską, lecz z powodu swej hygroskopijności nie nadaje się do wyrobu prochu. Azotan sodu przetwarzają w azotan potasowy, mieszając gorący roztwór saletry z gorącym roztworem chlorku potasu, przy ochłodzeniu azotan potasowy krystalizuje się i w roztworze pozostaje zwykła sól.

Węgla C do wyrobu prochu używa się czarnego, brunatnego i bronzowego. Czarny węgiel otrzymuje się przy temperaturze zwęglania drzewa około 400°, brunatny około 300° i bronzowy około 170°.

Siarka S — jasno-żółtego koloru stapia się przy temperaturze około 110°, przy zwiększeniu temperatury do 250 — gęstnieje, przy 300 znowu staje się płynną, przy 400 wrze. Proces wytwarzania drobnych gatunków dymnych prochów polega na:

1) *rozdrobnieniu części składowych,*
2) *zmieszaniu,*
3) *prasowaniu,*
4) *ziarnkowaniu,*
5) *suszeniu,*
6) *polerowaniu,*
7) *sortowaniu,*
8) *czyszczeniu,*
9) *zmieszaniu prochu.*

Próby dymnego prochu w fabryce odbywają się podczas fabrykacji dla kontroli i po ukończeniu całego procesu wyrabiania.

Podczas fabrykacji stale określają: ciężar gatunkowy pastylek i ziaren*), wagę pojedyńczych pryzmatów i ilość wilgoci; od czasu do czasu sprawdzają przy strzelaniu balistyczne właściwości i podług wyników próby regulują niektóre sposoby wytwarzania (np. stopień suszenia ziaren, obciążenie pras i t. p.).

Przy oddaniu prochu z fabryk wykonywają następujące próby:

I. Dla prochów ziarnistych określa się:
   1. Procentowy stosunek ziaren, których wymiary przekraczają wymiary ustalone.
   2. Grawimetryczny ciężar gatunkowy (zwykle bywa około 1).
   3. Rzeczywisty ciężar gatunkowy.
   4. Ilość wilgoci.
   5. Ilość pudru (dopuszczalna jest 0,1%) i zdolność rozcierania się w puder (przy pomocy staczania beczułki z powierzchni pochyłej).
   6. Szybkość wylotowa i ciśnienie gazu w dziale. W tym celu dają 10 strzałów i określają przeciętne odchylenie wielkości szybkości wylotowej i ciśnienia od ustalonych dla tego gatunku prochu normalnych szybkości i ciśnień.

II. Dla pryzmatycznych prochów określa się:
   1. Regularność wymiarów pryzmatów (są niedopuszczalne pryzmaty obłupane i z zanieczyszczonemi przez puder otworami).
   2. Ciężar gatunkowy pryzmatów (nie powinien różnić się od normalnego więcej jak 2%).
   3. Ilość wilgoci i zdolność prochu do wchłaniania wilgoci.
   4. Szybkość wylotowa i ciśnienie gazów prochowych.

122. Proch bezdymny. Historja prochu bezdymnego bierze swój początek od prób zastosowania bawełny strzelniczej do

---

*) Ciężar gatunkowy prochu bywa rzeczywisty i grawimetryczny. *Rzeczywisty ciężar gatunkowy* jest to ciężar gatunkowy poszczególnych ziaren.

Grawimetryczny ciężar gatunkowy jest to stosunek wagi prochu napełniającego jakiekolwiek naczynie do wagi wody, napełniającej to samo naczynie, t. j. waga jednostki objętości prochu przy istniejących próżniach między ziarnami, gdy one zapełniają to naczynie.

strzelania. Próby te, jak już mówiliśmy, zakończyły się niepowodzeniem. Gdy były wypracowane sposoby masowej fabrykacji bawełny strzelniczej, nie podlegającej rozkładowi, ukazały się jednocześnie różne gatunki, t. zw. małodymnego prochu, które przedstawiały mechaniczne mieszaniny bawełny strzelniczej lub innych materjałów wybuchowych kruszących z materjałami wybuchowemi miotającemi. Wyżej wskazaliśmy już na biały proch z bawełny strzelniczej; oprócz niego Francja w 80 latach zeszłego stulecia przyjęła dla karabinu Lebela i dla dział małego kalibru, t. zw. zielony proch, mieszaninę 54% pikratu i 46% azotanu potasu.

W tym samym czasie, po długich badaniach, francuski chemik Viel wynalazł sposób otrzymania z bawełny strzelniczej materjału wybuchowego miotającego, a mianowicie prochu bezdymnego, spalającego się stopniowo i rozwijającego ciśnienia nie większe niż przy zwykłym prochu i w tym samym czasie nie dającego przy spalaniu się dymu i resztek. Istota wynalazku Viela zawiera się w wynalezieniu b. prostego sposobu przeistoczenia bawełny strzelniczej w zupełnie ścisłą masę.

Ten stan bawełny strzelniczej, w którym ona, podobnie jak klej, żelatyna i t. p. ciała staje się nieprzepuszczalną dla gazów nawet wysokiego ciśnienia, nazywa się *kolodjonowym*. Do ciał kolodjonowych gazy przenikają tylko stopniowo od warstwy do warstwy.

Istota sposobu Viel'a zawiera się w przeistoczeniu suchej rozdrobnionej bawełny strzelniczej w stan kolodjonowo-żelatynowy przez działanie lotnych rozczynników bawełny strzelniczej, acetonu lub eteru octowego, przyczem otrzymują przezroczysty roztwór; usuwając z niego rozczynnik, otrzymują twardą i giętką masę, w której nawet przy pomocy mikroskopu już nie można rozróżnić żadnych śladów przędzy, z której składała się rozdrobiona bawełna strzelnicza. Masa jest półprzeźroczystą i zupełnie jednorodną.

Jednak okazało się, że proch przygotowany z bawełny strzelniczej na acetonie lub eterze octowym, jako rozczynnikach bawełny strzelniczej jest mało trwały przy przechowaniu i posiada jeszcze inne braki. Wobec tego Viel wziął jako rozczynnik mieszaninę spirytusu ze zwykłym siarczanym eterem. W takiej mieszaninie bawełna strzelnicza nie rozpuszcza się (rozpuszcza się tylko mała część zwykle około 5% i nie więcej jak 10%). By otrzymać bawełnę strzelniczą rozpuszczalną w mieszaninie spirytusu z eterem, należy wziąć kwasy dla nitracji bawełny bardziej

słabe, niż wskazane wyżej. Rozpuszczalna w mieszaninie spirytusu i eteru bawełna strzelnicza nazywa się kolodjonową bawełną strzelniczą, ponieważ rozczyn jej w tej mieszaninie był oddawna już znany pod nazwą kolodjum — preparatu używanego w fotografji i medycynie. Kolodjonowa bawełna strzelnicza inaczej „rozpuszczalna bawełna strzelnicza“ różni się od „nierozpuszczalnej bawełny strzelniczej“ nietylko różnym stosunkiem do rozczynnika, lecz i zawartością azotu: w nierozpuszczalnej bawełnie strzelniczej azotu zawiera się niemniej 13%, kolodjonową zaś przygotowywali masowo z zawartością azotu tylko 12% [$C_{24}H_{31}O_{11}(NO_3)_9$]. Fabrykacja kolodjonowej bawełny strzelniczej, pomijając bardziej słabą mieszaninę kwasów dla nitracji bawełny i nieco innego stosunku kwasów w tej mieszaninie niczem nie różni się od wyżej opisanej fabrykacji nierozpuszczalnej bawełny strzelniczej. Ponieważ kolodjonowa bawełna strzelnicza zawiera względnie małą ilość azotu i razem z tem mało tlenu, który powoduje przeistoczenie bawełny strzelniczej w gazy przy spalaniu się, więc proch przygotowany rozpuszczeniem w mieszaninie spirytusu i eteru takiej kolodjonowej bawełny strzelniczej okazał się niezadowalniający; by otrzymać od prochu należyte rezultaty balistyczne, Viel zmieszał w pewnym stosunku kolodjonową bawełnę strzelniczą z małą zawartością azotu, a więc i tlenu z bawełną strzelniczą nierozpuszczalną ze znaczną zawartością azotu. W ten sposób nierozpuszczalna bawełna strzelnicza w prochu Viela służy dla podniesienia zawartości azotu (tlenu), a kolodjonowa—dla nadania masie prochowej jednolitości. W tem właśnie leży zasługa Viel'a, lecz w tem są i braki jego prochu. Chociażby zmieszanie rozpuszczalnej i nierozpuszczalnej bawełny strzelniczej było najlepsze, nie możemy zaprzeczyć, że jak w każdej mieszaninie, będzie nierównomierne rozdzielenie w masie prochowej nierozpuszczalnej bawełny strzelniczej, co może sprowadzić do nierównomiernego spalania się prochu i do niebezpiecznych nieoczekiwanych zwyżek ciśnień przy strzelaniu; jak było już powiedziane wyżej (art. 114), obecnie przy przygotowaniu prochu typu pirokolodjonowego te braki usuwają się przez odpowiedni dobór mieszanin kwasu przy nitrowaniu włókien, czem osiąga się tę właśnie ilość azotu (około 12,6%) jaka jest niezbędna dla najzupełniejszego spalenia się prochu.

W każdym razie dodatnie strony prochu Viel'a były odrazu tak widoczne, że już od r. 1885 Francja rozpoczęła jego fabrykację początkowo dla karabinów a potem dział.

Ziarna prochu karabinowego przedstawiają ciemno-brunatne, kwadratowe cienkie blaszki; proch armatni składa się z podłużnych taśm większej lub mniejszej grubości, zależnie od kalibru i rodzaju dział, dla których ten proch przeznacza się. W ślad za Viel'em w Anglji były wynalezione (przez Abela i Nobla) dwa rodzaje bezdymnego prochu typu kolodjonowego lecz nitrogliceryнowe; pierwszy gatunek był nazwany *corditem*, odpowiednio do nadawanego mu kształtu drutu lub strun. Drugi — *balistytem*. Przy fabrykacji corditu bawełnę strzelniczą mieszają z nitrogliceryną i otrzymaną mieszaninę poddają działaniu acetonu w takiej ilości, by otrzymać jednolitą masę podobną do ciasta; przeciskając przez okrągłe otwory otrzymują struny lub druty różnej grubości.

Przy fabrykacji balistytu mieszają 60 części bawełny strzelniczej z 40 częściami nitrogliceryny, do której dodają czasami 1% kamfory. Przy wałkowaniu masy między rozgrzanemi do 40° walcami otrzymują brunatne, półprzezroczyste arkusze. Arkusze te krają potem na części w kształcie taśm lub kwadratów. Prochy karabinowe mają kształt sześcianów wysokości około 1 m/m, prochy działowe mają kształt klocków różnej grubości.

Obecnie wszystkie kraje korzystają z prochu bezdymnego jak dla karabinów, tak i dla dział. Niektóre kraje posiadają prochy z bawełny strzelniczej (Francja, Niemcy, Rosja), niektóre nitroglicerynowe (Anglja, Włochy). Co do właściwości balistycznych i taniości niema żadnej przewagi jednego prochu nad drugim. Proch z bawełny strzelniczej jest przy fabrykacji bardziej bezpieczny niż nitroglicerynowy; proch nitroglicerynowy jest nieco bardziej czuły na uderzenie i temperaturę i przy spalaniu się rozwija wysoką temperaturę, co wpływa na szybkie wypalanie przewodów luf.

Przy paleniu się bezdymnych prochów z bawełny strzelniczej i nitroglicerynowych, cały ładunek przeistacza się w gazy, składające się z dwutlenku węgla CO_2, tlenku węgla CO, azotu N, wodoru H i innych gazów; w ten sposób bezdymne prochy wcale nie dają niespalonych resztek, lekki zaś obłoczek, który tworzy się przy spalaniu tych prochów, składa się tylko z pary wodnej i gazów.

123. Pojęcie o fabrykacji prochu bezdymnego z bawełny strzelniczej. Fabrykacja prochu bezdymnego polega na następujących czynnościach:

1) Na podstawie analizy stosunkowych ilości azotu w różnych poszczególnych partjach rozdrobionej bawełny strzelniczej, w specjalnych wannach przygotowują taką mieszaninę, która zawierałaby jednakową ilość azotu, a mianowicie około 12,75%. W tym celu przy prochach z bawełny strzelniczej należy brać około 60% nierozpuszczalnej bawełny strzelniczej i 40% kolodjum. Poszczególne partje pirokolodjum używają się do wyrobu prochu bez zmieszania.

2) Dla rozpuszczenia kolodjonowej bawełny strzelniczej w należytej ilości rozczynnika (mieszanina spirytusu z eterem), należy wydzielić z masy pozostałe 25 — 30% wody pozostającej po centryfugowaniu. Początkowo robili to, susząc rozdrobioną masę gorącem do 40° powietrzem, lecz po niespodzianych wybuchach sposób ten zarzucili i wydzielają wodę przy pomocy mocnego spirytusu, w którym bawełna strzelnicza rozpuszcza się bardzo mało (nie więcej od 2 — 3%). Poprzednio czynność tę wykonywali przy pomocy kilku cylindrycznych naczyń, w których umieszczali worki z rozdrobnioną masą i przepuszczali spirytus kolejno przez wszystkie naczynia. Obecnie rozdrobnioną masę umieszczają w jednem naczyniu. W tych warunkach wydzielenie wody przyśpiesza się i usuwa możliwość zanieczyszczenia bawełny strzelniczej przez różne domieszki, wydobyte przez spirytus z innych naczyń. Naczynie do wydzielania wody przedstawia wysoki cylinder z otwierającem się wiekiem i dnem. Rozdrobnioną bawełnę strzelniczą wkłada się do cylindra, mocny spirytus wchodzi do niego pod ciśnieniem do 7 atmosfer. Przy przemywaniu spirytusem wypływa naprzód woda, potem słaby spirytus, w końcu mocny. Po przepuszczeniu przez rozdrobioną bawełnę strzelniczą określonej ilości spirytusu, wyjmują bawełnę i wyżymają pod specjalnemi hydraulicznemi prasami (przy starym sposobie w centryfugach) pod ciśnieniem do 170 atmosfer, obliczając tak, by spirytusu pozostała jednak taka ilość, która będzie potrzebna dla otrzymania rozczynnika w należytej ilości (na 1 część spirytusu 2 części eteru i na 100 części bawełny strzelniczej 150 — 200 i więcej części rozczynnika, zależnie od masy i siły pras). Wyciśnięty słaby spirytus oczyszczają, rektyfikują do początkowej mocy i znowu używają, mieszając ze świeżym.

3) Pozbawiona nadmiaru spirytusu masa przechodzi do żelatynatorów—hermetycznie zamkniętych skrzyń z płaskiem wiekiem i dnem w postaci dwóch koryt ze wspólną średnią ścianką, dochodzącą do połowy wysokości żelatynatora. W zagłębieniach,

korytowych obracają się w przeciwnych kierunkach poziome osie z łopatami wygiętemi, które są przystosowane tak, że między niemi a dnem przyrządu pozostaje bardzo mała szczelina, przyczem dzięki przeciwnym kierunkom ruchów osi i kształtowi łopatek w żelatynatorze niema miejsca, gdzie masa mogłaby zostać nierozmieszana. Po załadowaniu żelatynatora masą przepojoną spirytusem, puszczają osie w ruch i dolewają siarczanego eteru. W eterze uprzednio rozczyniają dwufenylamin $C_6 H_5 NHC_6 H_5$ (amonjak, w którym 2 atomy wodoru są zastąpione przez benzol $C_6 H_5$) w takiej ilości, by w prochu było go około 1%; domieszka dwufenylaminu znacznie zwiększa odporność prochu przy przechowaniu. Wlewany przez specjalny otwór w wieku przyrządu eter siarczany rozlewa się mniej więcej jednostajnie w całym przyrządzie. Dla zmniejszenia podczas pracy rozgrzania masy i jednocześnie dla zmniejszenia ubytku eteru od ulatniania, żelatynatory robią z chłodnikami w których przepływa zimna woda. Zwykłe mieszanie masy z rozczynnikiem (żelatynacja) trwa około 2 godzin, poczem żelatynator, przy pomocy specjalnego przyrządu, przechylają i przy odwrotnym ruchu mieszaków zawartość żelatynatora wykłada się do hermetycznie zamykających się wiader, w których masa prochowa przechowuje się do załadowania pod prasę.

4) Z żelatynatora masa wychodzi w postaci żółto-szarego piasku z półprzeźroczystemi ziarnami różnej wielkości. Pod ciśnieniem prasy prochowej od 50 — 250 atmosfer (zależnie od masy i siły prasy), przetwarza się z sypkiej w ścisłą, półprzeźroczystą na brzegach, żółto-brunatną masę. Masa ta, przechodząc wewnątrz cylindra prochowej prasy przez kilka siatek, oczyszcza się od przypadkowych domieszek i przeciska przez specjalne otwory, zrobione w postaci szczelin (dla taśm), lub okrągłe (dla makaronowego prochu). Specjalnych zalet ten lub inny kształt prochu nie posiada. Wymiary otworów zależą od grubości taśm lub rurek, grubość od kalibru i rodzaju dział, dla których przeznacza się proch. Po wyjściu z pod prasy taśmy i rurki krają na kawałki dla dalszych czynności.

5) Dla wydzielenia z taśm lub rurek nadmiaru rozczynnika, po wyjściu z prasy poddają je moczeniu w gorącej wodzie przy temperaturze do 30°, przyczem, po tej czynności, by w prochu pozostało jak najmniej rozczynnika, wkładają go do skrzyń, by się wyleżał.

6) Dla nadania taśmom równomierności, co do grubości taśm, puszczają je między walce. Rurek nie walcuje się.

7) Na specjalnym krajaczu taśmy i rurki krają na kawałki takiej długości, jaką powinien mieć proch do strzelania.

8) Następuje suszenie prochu; czynność ta odbywa się w specjalnych komorach, przy stopniowem podwyższeniu temperatury od 50 do 65°. Zależnie od grubości taśm, suszenie trwa od 10 dni do 2 — 3 tygodni, lecz nawet i przy tak długiem suszeniu, rozczynnik (t. j. mieszanina spirytusu z eterem) nie wydziela się całkowicie: pozostaje zwykle do 2% w cienkich i do 6% w grubych taśmach.

9) Ostatnia czynność—nasycanie prochu wilgocią. W tym celu taśmy prochu po wyjściu z suszarni pozostawia się na powietrzu przez parę dni, przytem proch pochłania do 0,5% wilgoci.

Po próbach, gotowy proch ładuje się do hermetycznie zamykanych skrzyń i odsyła dla przygotowania ładunków.

Na skrzyniach stawia się № partji prochu, rok fabrykacji, gatunek prochu, kaliber działa, wagę ładunku i t. p. znaki objaśniające wszelkie dane dotyczące prochu.

124. Próba prochu bezdymnego. Bezdymny proch podlega tym samym próbom, co i dymny, t. j. oględzinom zewnętrznym, badaniom fizycznych i chemicznych własności i próbom balistycznym.

Zewnętrzne oględziny. Proch powinien być jednostajnej barwy, podobnej do barwy kleju wiśniowego, nie powinien mieć plam od niejednolitej żelatynacji. Przy oględzinach przez lupę i okiem nieuzbrojonem, zwraca się uwagę, by na prochu nie było pleśni; proch nie powinien wydawać silnego zapachu tego rozczynnika, który był użyty dla przygotowania. Zapach wskazuje na niedostateczne wysuszenie prochu.

Właściwości prochu. Wskutek niezupełnego wydalenia rozczynnika przy fabrykacji prochu, przy otwieraniu hermetycznych skrzyń, w których ten się przechowuje, proch może wydzielać zapach eteru, nie należy jednak temu nadawać specjalnego znaczenia, np. możliwości utworzenia gazów piorunujących przy zetknięciu z ogniem. Dobrze przygotowany proch przechowuje się bez rozkładu, przez znaczną ilość lat w warunkach zwykłych, nie wymagając żadnej specjalnej obserwacji i dozoru. Należy tylko troszczyć się, by temperatura w składach nie przekraczała 35°. Wobec tego w składach prochu powinny być termometry i dobra wentylacja. Dla prochu bezdymnego jest zupełnie nie-

szkodliwe (co do rozkładu) zetknięcie się z wodą słodką i morską, wazeliną, tłuszczami mineralnemi, białym kauczukiem i specjalną materją dla ładunków (amiantyną).

Badanie fizycznych własności. Ciężar gatunkowy, wilgotność i hygroskopijność, określa się podobnie jak dla prochu dymnego.

Badanie chemicznych własności. Najważniejsze z nich są:

1) Próba na trwałość (dobry proch z domieszką dwufenylaminy w najcieńszych nawet taśmach i rurkach przy temperaturze 110° powinien zmienić kolor niebieskiego papierka lakmusowego na czerwony nie wcześniej jak po 12 godzinach, a dla grubych jeszcze dłużej, zależnie od grubości). Dla określenia, czy należy plamy na taśmach prochu uważać za oznakę rozkładu, trzeba na proch nalać kroplę dystylowanej wody i wówczas, przy zbadaniu papierkiem lakmusowym ten ostatni powinien zmienić kolor na czerwony.

2) Określenie ilości pozostającego rozczynnika.

3) Określenie ilości popiołu.

Próba balistyczna jest taką samą, jak i dla dymnego prochu. Odbywa się ona po 3-miesięcznem przechowaniu prochu w hermetycznem zamknięciu.

Także, jak i dla dymnych prochów, wymaga się, by przy 10 strzałach przeciętna wielkość szybkości wylotowej v_0 sprowadzonej do 15° różniła się od przepisanej nie więcej jak o 0,005 v_0, przyczem poszczególne szybkości nie powinny różnić się między sobą więcej jak o 2%.

Największe ciśnienia nie powinny przewyższać przeciętnie więcej niż o 8%.

125. Porównanie produktów rozkładu bezdymnych i dymnych prochów. Porównywując skład gazowych produktów rozkładu bezdymnych i dymnych prochów widzimy, że jakościowy skład ich jest podobny, lecz, jak wskazują doświadczenia, w ilościowym stosunku produkty rozkładu różnią się znacznie, a mianowicie: bezdymne prochy zawierają znacznie większy procent tlenku węgla, wskutek czego gazy prochu bezdymnego są bardziej zapalne, a również w pewnym stopniu i bardziej trujące.

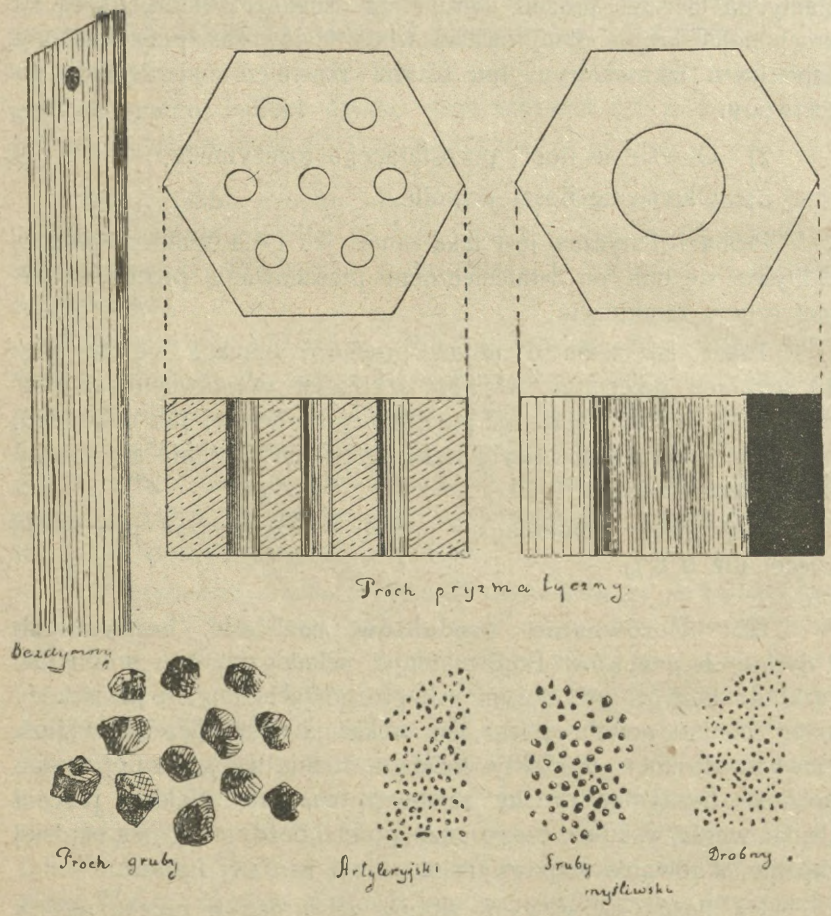
Na ilość CO wywiera wpływ zawartość w prochu resztek rozczynnika; im więcej tego ostatniego, tem więcej jest CO.

Z doświadczenia nad rozkładem prochu bezdymnego, przy paleniu się w zamkniętych komorach, dla jednego z gatunków armatniego prochu rosyjskiego, znaleziono następujące równanie rozkładu:

$$C_{24}H_{30}N_{10}O_{40}+0{,}45(C_2H_6O+C_4H_{10}O)=0{,}2\,CH_4+5{,}3\,CO_2+ +21{,}2\,CO+9{,}1\,H_2+5\,N_2+9{,}1\,H_2O.$$

Przy danej ścisłości ładowania, objętość stałych gazów przy zwykłej temperaturze będzie: CO_2 około 13%, CO około 52%, H około 22%, CH_4 około 0,5% i N_2 około 12,5%.

Na rys. 114 wskazane są niektóre z gatunków prochów.



Rys. 114.

126. Tabele składu, ciężaru i wymiarów prochu.

PROCHY DYMNE.

Gatunek	Zawartość w %			Ciężar gatunkowy	Kształt i wymiary ziaren	Ilość ziaren w 1 klg.
	Saletry	Węgla	Siarki	od do		
a) z czarnym węglem						
1. Artyleryjski . .	75	15	10	1,55 1,62	Kształt nieprawidłowych ziaren grubości od 0,12 do 0,13 cm.	232.776
2. Myśliwski gruby	—	—	—	1,57 1,68	od 0,03 do 0,06 cm.	
„ drobny	—	—	—	—	od 0,02 do 0,05 cm.	
3. Gruboziarnisty .	—	—	—	1,67 1,71	od 0,5 do 1,0 cm.	2660
4. Pryzmatyczny mniej ścisły . .	—	—	—	1,67 1,71	Pryzmat z 7 otworami, wysokość 2,5 cm., średnica otworu 0,5 cm.	25
5. Pryzmatyczny ścisły	—	—	—	1,74 1,77		24
b) z brunatnym węglem						
6) Karabinowy . .	77	15	8	1,72 1,77	Kształt nieprawidłowych ziaren od 0,25 do 0,1 cm.	2,854 600
7. Myśliwski gruby	—	—	—	173, 1,80	od 0,07 do 0,12 cm.	841 800
„ drobny	—	—	—	1,72 1,79	od 0,03 do 0,05 cm.	8.237.400
c) z bronzowym węglem						
9. Sześcienny . .	75	21	4	1,84 1,87	Sześcian 0,8 cm.	751
10. Pryzmatyczny .	80	20	0	1,86 1,87	Pryzmat z jednym kanałem, wysokość 2,5 cm., średnica kanału 1 cm.	23

PROCHY BEZDYMNE.

Gatunek	Zawartość w %		Ciężar gatunkowy	Kształt	Ilość ziaren (taśm) w 1 klg.
	nitrodrzewnika	wilgoci rozczynnika i popiołu			
1. Karabinowe . .	97—98	3—2	1,62	Kwadratowe blaszki	990
2. Dla dział artylerji małego kalibru	96—97	4—3	1,59	Taśmy prostokątne lub rurki.	od 112 do 39
3. Dla dział artylerji średniego i i wielkiego kalibru	94—95	6—5	1,59		

ROZDZIAŁ IV.

Palenie się prochu.

127. Zapalenie prochu. Przy spalaniu się prochu możemy rozróżnić trzy oddzielne zjawiska:

1) *zapalenie*, t. j. wzbudzenie palenia się przy pomocy energji zewnętrznej,
2) *rozpalenie*, t. j. udzielanie ognia po powierzchni ziaren od jednego ku drugiemu,
3) *palenie*, t. j. przenikanie płomieni od powierzchni do wnętrza ziaren.

By zapalić jakikolwiek gatunek prochu, należy rozgrzać chociażby małą cząstkę jego powierzchni do określonej temperatury. Nagrzewanie powinno być szybkie, ponieważ przy wolnem nagrzewaniu wybuch może nie nastąpić. Prochy dymne wybuchają przy nagrzewaniu do temperatury 270^0—320^0.

Jeżeli proch dymny nagrzewać powoli, to przy 120^0 zaczyna stapiać się siarka, która oblepi węgiel i saletrę, a potem, przy temperaturze 250, zapali się i spłonie, przyczem węgiel i saletra mogą pozostać nietknięte; jednakowoż, jeśli palenie się siarki będzie trwać długo, wówczas, pod wpływem powietrza, temperatura może podnieść się tak wysoko, że węgiel może się zapalić i wywołać rozkład saletry, t. j. wybuch.

Prochy bezdymne zapalają się przy znacznie niższej temperaturze, a mianowicie w granicach od 170^0 — 190^0, zależnie od składu i czystości materjałów użytych do fabrykacji. Zapalenie prochów bezdymnych pochodzi od tych samych przyczyn, co i dymnych, lecz bez względu na niższą temperaturę zapalenia, udzielenie ognia ładunkowi prochu bezdymnego w przewodzie lufy jest znacznie trudniejsze niż ładunkowi prochu dymnego. Tłumaczy się to:

1) znacznie większą zawartością wilgoci (razem z rozczynnikiem do 6% w grubych taśmach);
2) strukturą i kształtem taśm i rurek, a mianowicie: przy gładkiej i równej powierzchni taśm i rurek,

płomień ślizga się bez przeszkód po powierzchni i nie zdąży rozgrzać cząsteczki do potrzebnej temperatury; więc dla zupełnego zabezpieczenia zapalenia ładunków bezdymnego prochu (t. j. dla uniknięcia niewypałów) na dno ładunku kładzie się specjalny rozpalacz ze zwykłego prochu dymnego.

128. **Rozpalenie prochu**, to jest udzielenie ognia po powierzchni ziaren od jednego ku drugiemu odbywa się nadzwyczaj szybko i z trudnością daje się zbadać.

Z doświadczeń nad prochami dymnemi, przeprowadzonych przeważnie na otwartem powietrzu, wyjaśniło się:

1) rozprzestrzenienie ognia w pudrze prochowym odbywa się względnie w wolnem tempie;

2) szybkość rozpalenia się prochu w rynnach na otwartem powietrzu dla różnych prochów zmienia się od 1 — 3 metrów na sekundę, przyczem przy jednakowych ziarnach szybkość rozpalenia jest tem mniejsza, im: a) mniejszy jest przekrój warstwy prochowej, b) dokładniej wypolerowane ziarna i c) mniej opalony węgiel użyty do fabrykacji prochu. Skład prochu, sposób fabrykacji i czas przechowania prawie nie wpływają na szybkość palenia;

3) Jeśli gazy spotykają jakikolwiek opór dla wolnego rozprzestrzenienia się, wówczas szybkość rozpalenia wzrasta. Dostateczne przykryć tylko arkuszem papieru rynnę, napełnioną prochem, by szybkość rozpalenia znacznie się zwiększyła.

Szybkość rozpalenia pryzmatycznego, bronzowego prochu na otwartem powietrzu jest bardzo mała, tak, że płomień po powierzchni pryzmatu rozprzestrzenia się powolnie.

Co do szybkości rozpalenia się prochów bezdymnych jeszcze mało posiadamy danych, lecz wogóle rozprzestrzenienie się płomienia po powierzchni bezdymnego prochu idzie wolniej wskutek gładkości powierzchni taśm i większej pojemności ciepła. Ładunek prochu bezdymnego bez rozpalacza, jak było powiedziane, może nie być wcale zapalony, lecz nawet będąc zapalonym, może się wcale nie rozpalić na całej powierzchni i w tych warunkach strzał może być ze zwłoką; rozpalacz pomaga w tym wypadku; nietylko zapala ładunek, lecz rozwija temperaturę i ci-

śnienie potrzebne dla szybkiego rozpalenia ładunku na całej powierzchni.

29. Palenie się prochu. Doświadczenia przy badaniu palenia się dymnych prochów (t. j. przenikania płomieni od powierzchni do wnętrza ziaren) dały następujące rezultaty:

1) dla wszelkiej masy prochowej szybkość palenia się jest jednakową na całej przestrzeni poprzecznego przekroju jednolitego ziarna i nie zależy od wielkości tego przekroju.

2) Szybkości palenia się ziaren z jednej i tej samej masy prochowej, lecz różnych ścisłości są odwrotnie proporcjonalnie do ścisłości.

3) Długotrwałe przechowywanie prochu nie zmienia szybkości palenia się.

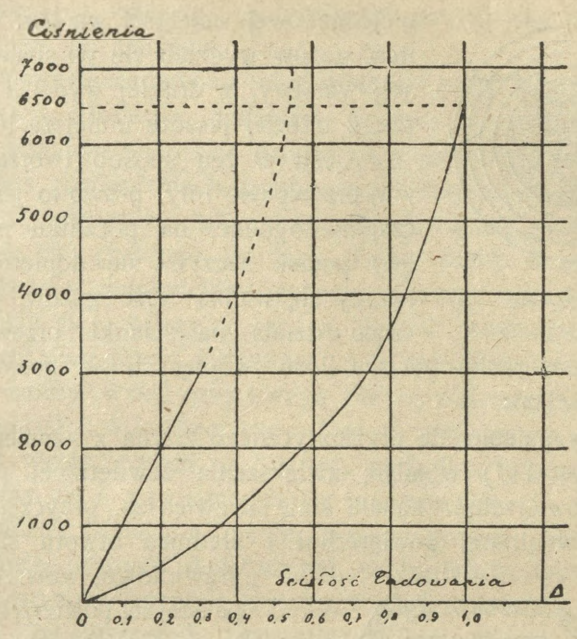
4) Ze wzrostem wilgoci szybkość palenia zmniejsza się.

5) Szybkość palenia się wzrasta ze zwiększeniem ciśnienia. Stosunek ten może być wyrażony przez wzór: $u = A \cdot P^n$, gdzie u szybkość palenia się, P — ciśnienie A — i n — wielkości zmienne, zależne od rodzaju prochu. Dla dymnych prochów $n = \frac{1}{2}$, dla bezdymnych $n = \frac{2}{3}$.

W stosunku do prochów bezdymnych uważano, że palenie się tych ostatnich podobnie jak i rozpalenie idzie powoli i spokojnie, lecz jest to tylko dla ścisłości ładowania do 0,6, przy większych zaś szybkość palenia się prochu bezdymnego wzrasta znacznie szybciej i poza pewną granicą może przejść w detonację.

Własności prochu bezdymnego—wybuch przy wielkich dopiero ścisłościach ładowania, wykorzystuje się do ładowania pocisków. Na podstawie szeregu odpowiednich doświadczeń stosunek między ciśnieniem gazów prochowych w jednakowej objętości i ścisłością ładowania może być przedstawiony przez wykres 115. Proch dymny jest mniej czuły na zwiększenia ścisłości ładowania, niż bezdymny, ciśnienia wzrastają mniej szybko. Proch dymny przy ścisłości ładowania 1,0 daje ciśnienie około 6,500 atmosfer.

130. Palenie się prochu przy różnych ciśnieniach. Już w połowie XVIII w. zauważono, że proch pali się tem wolniej, im rzadszą jest otaczająca go atmosfera. Przeprowadzone doświadczenia wykazały, że w próżni proch nie spala się lecz stapia, jednakowoż jeśli tylko proch znajdzie się pod ciśnieniem wyższem niż 0,1 atmosfery, palenie odbywa się łatwo i w miarę zwiększenia ciśnienia staje się bardziej intensywne.

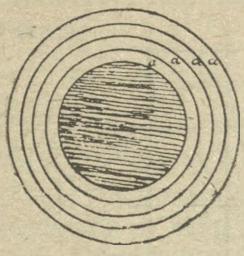


Rys. 115.

Z powodu trudności przeprowadzenia doświadczeń, celem wyjaśnienia stosunku warunków palenia się prochu do ciśnienia, prawie do ostatnich czasów nie wyprowadzono ścisłych praw palenia się przy wielkich ciśnieniach. Piobert, na mocy doświadczeń na otwartem powietrzu, doszedł do wniosku, że ciśnienie nie ma żadnego praktycznego wpływu na szybkość palenia się, wychodząc z założenia, że jest ona jednakową w czasie palenia się w przewodzie lufy i na otwartem powietrzu, t. j. że proch spala się warstwami dośrodkowemi.

Wychodząc z tej teorji, w 60-ych latach zeszłego stulecia Rodman zaproponował proch pryzmatyczny (początkowo z 7 otworami) w celu bardziej równomiernego otrzymania gazów przy spalaniu się ładunków. Rzeczywiście, przedstawmy sobie palenie się dwóch ładunków: jednego z ziarn kulistych jednolitych, drugiego zaś z pryzmatów z otworami na przestrzał.

Jeśli podzielimy czas t potrzebny na spalenie się całego ziarna na n równych części, wówczas w równych odstępach czasu $\frac{t}{n}$ będą spalać się jednakowej grubości warstwy a, a... (rys. 116), koncentryczne do zewnętrznej powłoki ziarna; oczywista, że wskutek

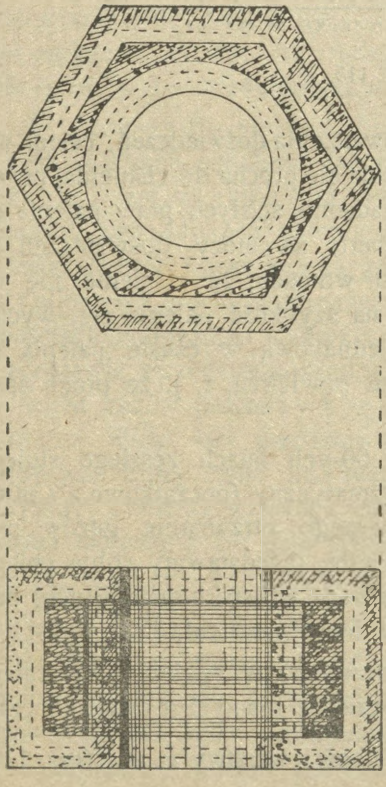


Rys. 116.

niejednakowej objętości warstw, największa ilość gazów wydzieli się po spaleniu pierwszej warstwy, z drugiej wydzieli się mniejsza, z trzeciej jeszcze mniejsza i t. d.

Jeśli w ten sposób tworzą się gazy i w przewodzie lufy, prawo to jest nadzwyczaj niedogodne: na początku palenia się, gdy pocisk zaczyna się dopiero poruszać, tworzy się wielka ilość gazów, która niszcząco działa na ścianki przewodu lufy, w miarę zaś ruchu pocisku ilość tworzących się gazów staje się coraz mniejsza.

Przy paleniu się pryzmatycznego ziarna z kanałem na przestrzał (rys. 117) w miarę zwiększenia zewnętrznej powierzchni ziarna, powierzchnia kanału stale się zwiększa, przyczem jeśli wymiary zewnętrznej powierzchni i średnica otworu są obliczone prawidłowo, wówczas wielkość palącej się powierzchni pozostaje prawie niezmienną podczas całego okresu palenia się. Rzeczywiście, przy użyciu tego prochu do strzelania z dział, otrzymuje się bardziej równomierny rozkład ciśnień wzdłuż przewodu lufy. Przypuszczenie Piobert'a o paleniu się gazów obecnie jest uznane za nieprawdopodobne. Wyżej było już zaznaczone, że odpowiednio do doświadczeń, szybkość palenia się zmniejsza się razem z obniżeniem ciśnienia. Przy innych doświadczeniach okazało się, że szybkość palenia się masy w rakietach przy ciśnieniu 23 atmosfer jest prawie 2 razy większa od szybkości palenia się na otwartem powietrzu. Wreszcie, na podstawie późniejszych doświadczeń, było podane nowe przypusz-



Rys. 117.

czenie polegające na tem, że szybkość palenia się prochu jest proporcjonalna do ciśnienia.

Viel (wynalazca prochu bezdymnego) zajął się, postępując według metod Piobert'a, badaniem wpływu różnych elementów fabrykacji prochów na prawo palenia się w zamkniętych cylindrach przy różnych ciśnienieniach analogicznych do ciśnień, które rozwijają się w przewodzie lufy. Chociaż palenie się przy tych warunkach nie jest podobne do tego, które mamy w przewodzie lufy, ponieważ w zamkniętem naczyniu ciśnienie wzrasta stale do końca palenia się i zależy w każdym danym momencie tylko od wielkości spalonej części ładunków, przy paleniu się w przewodzie lufy należy wziąć pod uwagę zmianę objętości pochodzącą od ruchu pocisku; w każdym razie dane te umożliwiają rozłożenie materjałów wybuchowych w pewnym porządku, odpowiednio do czasu palenia się i rozwijających się przytem ciśnień. Pozwalają one przewidzieć działanie prochu danego gatunku broni palnej. Na podstawie licznych doświadczeń, przeprowadzonych w ciągu paru lat z prochami różnego kształtu, ścisłości, składu i sposobów fabrykacji, Viel doszedł do następujących wniosków:

1) *Masa, z której składają się zwykłe prochy węglowe dymne, nie pali się równoległemi warstwami przy ciśnieniach podobnych do tych, które rozwijają się w przewodzie lufy działa i prawo rozwoju gazów tych prochów pozostaje prawie niezależnem od grubości i kształtu ziarn.*

2) *Czas trwania palenia się zależy od ścisłości sprasowanej masy.* Ze zwiększeniem ścisłości szybkość palenia początkowo zmniejsza się nadzwyczaj szybko, lecz poczynając od ścisłości około 1,85 otrzymuje największe znaczenie, które nie zmienia się wyraźnie, bez względu na najsilniejsze ciśnienie przy prasowaniu nawet w tych wypadkach, kiedy ścisłość masy przekracza 1,92, t. j. zbliża się do granicy bezwzględnej ścisłości mieszaniny składowych części prochu.

3) *W ścisłej masie prochowej *) wyłania się razem ze stałością szybkości palenia się bardzo bliska proporcjonalność czasu palenia się do grubości ziarn t. j. prawo palenia się warstwami równoległemi.*

---

*) Celem otrzymania ścisłej masy prochowej ziarna prochów różnych gatunków były mielone na sucho i otrzymany puder dla usunięcia wszelkich śladów ziarn był przesiewany przez tkaninę jedwabną. Otrzymany w ten sposób pył prochowy, na sucho, był prasowany pod silną prasą hydrauliczną.

4) *Wszystkie bezdymne kolodjonowe prochy, obecnie używane w artylerji, palą się warstwami dośrodkowemi.* Dowodem takiego palenia są resztki prochowych ziarn (taśm) znajdywane czasami (przy nieodpowiednio małych ładunkach lub zbyt grubych taśmach) w pobliżu działa. Niezupełnie spalone ziarna (taśmy) posiadają zawsze ten sam początkowy kształt, jak przed rozpaleniem, różniąc się jedynie wymiarami.

Wychodząc z warunków dośrodkowości palenia się, widzimy, że przyjęty obecnie dla prochów kształt taśm lub rurek, ma znaczną wyższość nad kształtem kulistym a mianowicie: przy kulistej powierzchni, jak mówiliśmy już wyżej, objętość palącej się masy szybko zmniejsza się, zaś przy taśmach lub rurkach początkowa i ostateczna powierzchnia, nieznacznie różnią się między sobą, ponieważ w miarę palenia się prochu ciśnienia w przewodzie lufy zwiększają się, równie jak i szybkość palenia się. Wobec tego w bezdymnych prochach nadzwyczaj ważne znaczenia posiada grubość taśm i rurek i różne gatunki prochu bezdymnego różnią się między sobą prawie jedynie grubością.

ROZDZIAŁ V.

Działanie prochu w broni palnej.

131. Praca gazów prochowych. Wszystkie dane, dotyczące ciśnienia gazów prochowych i prawa ruchu pocisku w przewodzie lufy działa, opierają się na doświadczeniach.

Całkowita praca, która mogłaby być rozwinięta przez daną ilość prochu, oblicza się przez mnożenie ilości jednostek ciepła tworzących się przy spalaniu tej ilości prochu przez mechaniczny równoważnik ciepła. Na podstawie doświadczeń, dokonanych w różnych krajach, okazuje się, że największy stosunek między dodatniem i ujemnem działaniem ładunku nie przekracza $^1/_5$—$^1/_6$. Różnica ta tłumaczy się w sposób następujący:

1) Gazy, wychodzące z przewodu lufy, są rozgrzane do temperatury wyższej niż otaczająca atmosfera i mogą jeszcze wykonać pewną pracę;

2) część ciepła zatraca się na ruch produktów rozkładu i rozgrzewanie ścian przewodu lufy*).

Dla prochów dymnych możemy przyjąć w cyfrach zaokrąglonych, że całkowita praca gazów prochowych stanowi około 50,000 kilogramometrów na 1 kilogram prochu, t. j. jeśliby cały zapas energji zawarty w kilogramie prochu mógł być przetworzony w pracę, wówczas 1 klg. byłby w stanie podrzucić w próżni pocisk wagi 1 klg. na wysokość 50 klm.

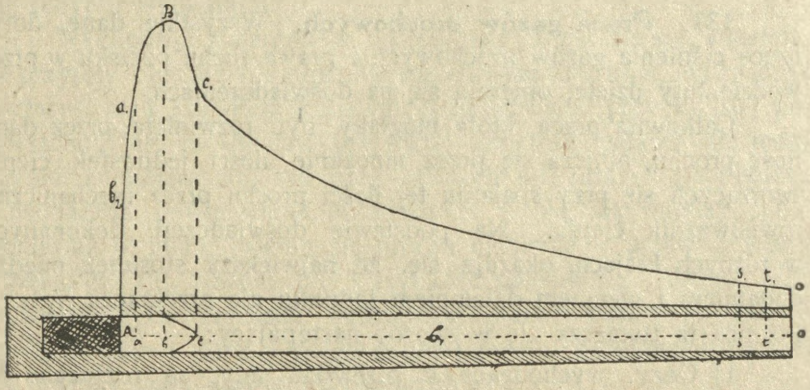
Dla bezdymnego prochu z bawełny strzelniczej możemy przyjąć w cyfrach zaokrąglonych, że całkowita praca gazów prochowych stanowi około 82,000 kgmetr., przy strzelaniu zaś przetwarza się w pracę tylko $^1/_7$—$^1/_5$ całego zapasu energji.

Dla całkowitej oceny dodatniej działalności prochu w przewodzie lufy działa służy energja (żywa siła) pocisku przy wylocie, która wyraża dodatnią pracę prochów na całej długości przewodu lufy działa.

---

*) Ilość ciepła, straconego przez gazy na rozgrzanie ścian, zmniejsza się ze zwiększeniem kalibru działa. Istnieje dowodzenie (Nobel i Abel), że z 700 jednostek ciepła wydzielonego z 1 klg. prochu saletro-siarko-węglowego traci się na rozgrzanie ścian: w karabinach około 250 jednostek, w działach 25-centymetrowych około 50.

Praca ta może wyrazić się przez powierzchnię ograniczoną, przez krzywą ciśnień, spółrzędną y przy wylocie lufy i osią działa. Jeśli podzielimy odległość Ao (rys. 118) na nieskończenie małe odcinki i przyjmiemy, że na długości każdego z tych odcinków wielkość ciśnienia na dno pocisku jest wielkością stałą i równa się półsumie ciśnień na początku i w końcu odcinka. Przypuśćmy,



Rys. 118.

że szybkości pocisku o masie m w punktach a, b, c, . . . s, t, o, odpowiadają v_1, v_2, v_3, . . . v_n V, gdzie V jest szybkością wylotową. Energja, którą posiadał pocisk na długości każdej z jego części, równa się pracy ciśnienia (gazów), działającego na tej samej długości. Praca ta równa się iloczynowi z długości odcinka przez połowę sumy ciśnień (odpowiednich co do kierunku przesunięć), wyrażających się przez odpowiednie współrzędne y; otrzymamy więc:

$$\text{Dla przesunięcia } Aa\text{: } \frac{mv_1^2}{2} - O = Aa\,\frac{aa_1}{2} = \text{pow. } Aaa_1$$

$$\text{„ „ } ab\text{: } \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} = ab\,\frac{aa_1 + bB}{2} = \text{pow. } aa_1 bB_1$$

. . . . . .

$$\text{„ „ } to\text{: } \frac{mV^2}{2} - \frac{mv_n^2}{2} = to\,\frac{tt_1 + oo_1}{2} = \text{pow. } tt_1 oo_1$$

dodając prawe i lewe części tych równań znajdziemy:

$$\frac{mV^2}{2} = \text{pow. } Ab_2 Bc_1 t_1 o_1 o,$$

gdzie lewa część jest żywą siłą pocisku w momencie wyjścia z przewodu lufy, t. j. energją wylotową pocisku, prawa zaś, sumą

nieskończenie wąskich powierzchni podzielonych między sobą przez spółrzędne y krzywej ciśnień, i wyraża sumę prac gazów prochowych, t. j. ich dodatnią pracę. Ostatnie równanie należy rozumieć tak: ilość jednostek pracy stanowiących energję pocisku równa się ilości jednostek kwadratowych, stanowiących powierzchnię ograniczoną przez krzywą ciśnień, spółrzędną y przy wylocie i oś lufy.

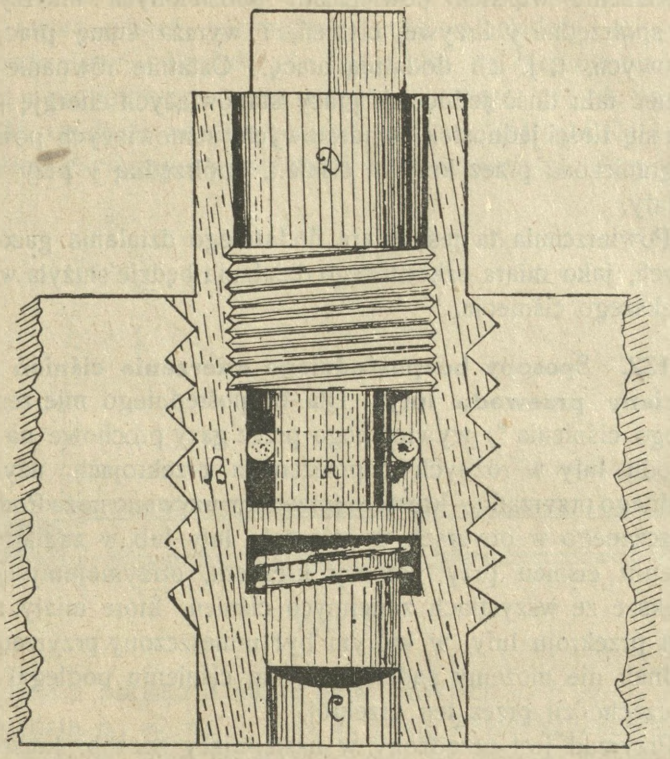
Powierzchnia ta jest miarą dodatniego działania gazów prochowych, jako miara szkodliwego działania będzie służyła wielkość największego ciśnienia.

132. Sposoby bezpośredniego mierzenia ciśnień gazów na ściany przewodu lufy. Dla bezpośredniego mierzenia statycznego ciśnienia *) wywieranego przez gazy prochowe na ściany przewodu lufy w różnych poprzecznych przekrojach, używa się specjalnego przyrządu—kreszeru (przedtem używano noża Rodmana), umieszczanego w otworach w ścianach lufy lub w zamku. Przy określeniu ciśnień przy pomocy kreszeru, otrzymujemy jedynie największe ze wszystkich zmiennych ciśnień, które miały miejsce w tym przekroju lufy, w którym był umieszczony przyrząd, z tego jednak nie możemy sądzić, jakiemu ciśnieniu podlegał pocisk gdy przechodził przez ten przekrój.

Przyrząd jest urządzony w następujący sposób: kreszer (zaproponowany przez Nobla) składa się z trzona B (rys. 119), w którym mieści się stalowy tłok C z główką i słupek czerwonej miedzi; pod główką tłoka umieszcza się sprężynę, na której wspiera się tłok. Słupek z czerwonej miedzi ustawia się na główce tłoka i utrzymuje się w środkowem położeniu przy pomocy gumowego pierścienia a. W wystającą część trzona wśrubowuje się korek D; przy wśrubowywaniu sprężyna ściąga się i tłok przesuwa się w stronę otwartego końca trzonu.

Przy strzale gazy naciskają tłok i słupek skraca się nieco wzdłuż osi. Podług wielkości tego skrócenia słupka określa się wielkość ciśnienia gazów prochowych, korzystając z zawczasu określonego stosunku między ciśnieniem i skróceniem się słupka. W tym celu, z większej ilości miedzianych słupków, wybiera się

*) Ciśnienie gazów, jak równie wszelka siła wyraża się w jednostkach wagi, by ilościowe znaczenie danego ciśnienia nie zależało od systemu miar, wyrażają je czasami w atmosferach, t. j. liczbą wskazującą ile razy ciśnienie gazów na jednostkę powierzchni (1 cm.) przewyższa ciśnienie jednej atmosfery — 1.033 gr.



Rys. 119.

kilkadziesiąt, poddaje się je różnym ciśnieniom, obserwując wielkości zmniejszenia słupków; podług tych danych kreśli się krzywą, wyrażającą stosunek między ciśnieniem, a zmianą wysokości słupka, poczem, po strzale, mierzy się wysokość słupka i podług wykresu określa się ciśnienie gazów prochowych. Przypuśćmy, że oczekiwane ciśnienie powinno być około 2.900 atmosfer. Ściśniemy słupek 13 m/m. pod prasą z siłą 2.400 atmosfer i przypuśćmy, że wysokość wyniesie 9 m/m. Potem poddamy go ciśnieniu 2.600 atmosfer, po ponownem ciśnieniu wysokość słupka okaże się 8,5 mm., znaczy to, że każdej setnej części milimetra będzie odpowiadało ciśnienie $\frac{200}{50} = 4$ atmosfery. Jeśli teraz, po strzale, wysokość słupka okaże się np. 7,7 m/m., zwiększenie ciśnienia wyniesie: $80 \times 4 = 320$ atmosfer i ciśnienie w przewodzie lufy $2.600 + 320 = 2.920$ atmosfer.

Dla utrzymania bardziej dokładnych wskazówek kreszera należy uprzednio słupki poddać ciśnieniu, wskutek czego zmniejsza się wpływ żywej siły, którą posiada tłok przy swojem przesunięciu.

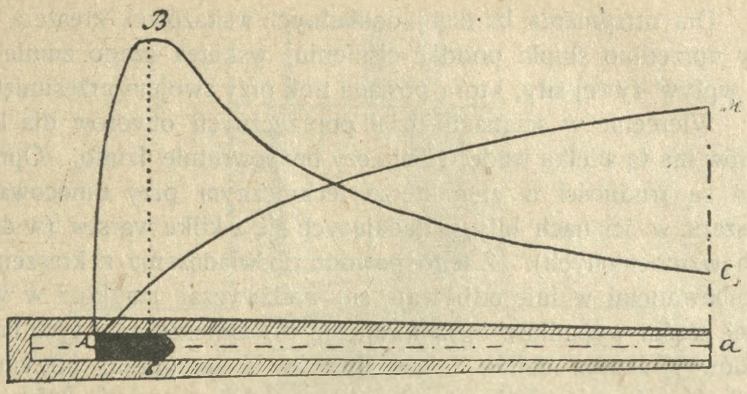
Wiercenie w ścianach dział poprzecznych otworów dla kreszerów ma tą wielką wadę, że niszczy bezpowrotnie działo. Oprócz tego są trudności o charakterze technicznym przy umocowaniu kreszeru w ścianach lufy, składających się z kilku warstw (w działach wzmocnionych). Z tego powodu doświadczenia z kreszerami wśrubowanemi w lufę odbywają się nadzwyczaj rzadko i w większej części wypadków ograniczają się do umieszczenia tych przyrządów w zamku działa lub w dnie łuski, przyczem otrzymują wielkość ciśnienia gazów prochowych na dno przewodu lufy.

Określenie ciśnienia gazów prochowych przy pomocy przyrządu Rodmana polegało na tem, że stalowy nóż, pod wpływem gazów prochowych, naciskał na miedzianą płytkę. Przy pomocy prasy określano wysokość ciśnienia, przy której ten sam nóż i na tej samej płytce pozostawiał ślad tej samej długości, co przy strzale.

133. Pojęcie o działaniu prochu w broni palnej. Krzywe szybkości. Rezultaty doświadczeń, przeprowadzonych dotychczas dają następujące pojęcie o działaniu prochu dymnego i bezdymnego w broni palnej.

Wskutek stopniowego wydzielania gazów po zapaleniu prochu, ścisłość gazu stopniowo zwiększa się i ciśnienie osiąga wreszcie wielkość przewyższającą opór pocisku, wówczas pocisk z małą szybkością zaczyna poruszać się w przewodzie lufy. W tym samym czasie palenie się ładunku trwa i ponieważ proch pali się względnie szybko, a pocisk porusza się wolno, więc ścisłość gazów, a więc i ciśnienie początkowo wzrasta nadzwyczaj szybko. W miarę zwiększania ciśnienia szybkość ruchu pocisku zwiększa się oraz wzrasta coraz bardziej objętość przewodu lufy, pozostającej poza pociskiem. Wobec tego w miarę ruchu pocisku, ścisłość gazów zaczyna się zmniejszać i wreszcie, gdy przyrost ścisłości gazów wskutek palenia zrównoważy się ze zmniejszeniem ścisłości od zwiększenia objętości przewodu lufy za pociskiem, ciśnienie gazów osiągnie swoją największą wielkość. Przy dalszym ruchu pocisku ścisłość i ciśnienie gazów zmniejsza się.

Celem uwidocznienia prawa zmiany ciśnienia gazów prochowych na pocisk wykreślimy krzywą ciśnień. W tym celu przyjmiemy środek A dna pocisku (rys. 120) przy jego początkowem



Rys. 120.

położeniu, za początek osi spółrzędnych, oś przewodu lufy działa za oś przestrzeni, przez którą przechodzi pocisk, prostopadłe do osi lufy za osie ciśnień. Na prostopadłych do osi przewodu lufy odmierzymy wielkości ciśnień *) gazów na pocisk, gdy jego dno zajmuje kolejno położenia A, b . . . a, łącząc otrzymane punkty w jedną nieprzerwaną krzywą, otrzymamy wykres zmian ciśnienia gazów prochowych na dno pocisku, zależnie od przestrzeni, którą pocisk przebywa w przewodzie lufy działa.

Spółrzędna b B przedstawia największe ciśnienie gazów P.

Z mechaniki wiadomo, że siła zewnętrzna działająca na ciało jest proporcjonalna do nadawanego przez nią przyspieszenia, a więc i ciśnienie gazów prochowych na dno pocisku:

$$P = a \cdot m,$$

gdzie a — przyspieszenie pocisku w momencie ciśnienia P, m — masa pocisku, skąd:

$$a = \frac{P}{m}.$$

Podług krzywej ciśnień na dno pocisku możemy, w każdej chwili, określić odpowiednie ciśnienia P_1, P_2, ... P_m a więc i odpowiednie przyspieszenia a, a_1, a_2 . . . . . a_m, dzieląc zaś wszystkie spółrzędne P krzywej ciśnień przez m otrzymamy szereg spółrzędnych y, wyrażających odpowiednie szybkości ruchu po-

*) Pod ciśnieniem będziemy rozumieli względne ciśnienia, t. j. ciśnienia w stosunku do jednostki powierzchni (atmosfery na cm.²); by przejść od względnego ciśnienia do bezwzględnego, tj. do ciśnienia np. na dno pocisku, należy pomnożyć względne ciśnienie przez powierzchnię dna.

cisku, przyczem wykreślona przy tych spółrzędnych krzywa — szybkości, będzie miała ten sam charakter, co i krzywa ciśnień na dno pocisku.

Ponieważ siła działająca na ciało jest zawsze proporcjonalna do nadawanych przez nią przyspieszeń, więc prawo zmiany ciśnienia gazów na pocisk stosuje się i do zmiany przyspieszenia pocisku w przewodzie lufy, tj., że to przyspieszenie początkowo szybko wzrasta, osiągając w punkcie b największe znaczenie, poczem zaczyna zmniejszać się, początkowo bardzo szybko, a w miarę zbliżenia się pocisku do wylotu lufy coraz wolniej.

Szybkość pocisku przy ruchu w przewodzie lufy wzrasta (ponieważ przyspieszenie pozostaje dodątniem), początkowo bardzo szybko, potem wskutek zmniejszenia przyspieszenia coraz wolniej, jak wskazuje krzywa $A\,M$, której spółrzędne y przedstawiają szybkości pocisku w różnych przekrojach przewodu lufy. Wreszcie krzywa przechodzi w prostą, prawie równoległą do osi przewodu lufy. Największa współrzędna y, $M\,a$, przedstawia szybkość wylotową pocisku. Krzywe ciśnień dają wskazówki co do charakteru zmiany szybkości ruchu pocisku wzdłuż przewodu lufy. Weźmiemy, jak uprzednio, 2 ładunki wolno i szybko palącego się prochów, rozwijające jednakowe największe ciśnienia i wykreślimy odpowiednie krzywe ciśnień.

W chwili, gdy pocisk osiągnie punkt a (rys. 121), jego żywa siła równa się powierzchni OMa, przy ładunku szybko palącego się prochu, będzie większa od żywej siły przy ładunku wolno palącego się prochu, równej powierzchni Oma.

$$OMa > Oma$$

$$mv_1^2 > mv_2^2$$

więc i szybkość v_1 jego ruchu w punkcie a będzie większą przy szybko palącym się prochu niż przy wolno palącym się

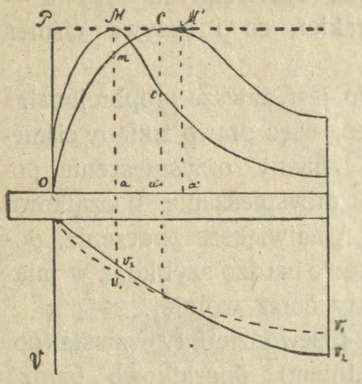
$$v_1 > v_2$$

w pewnym punkcie a powierzchnie $OMCa'$ i $OC'a'$ staną się równe, t. j. w tym punkcie szybkości pocisków będą jednakowe przy obydwu ładunkach

$$v_1' = v_2'$$

i krzywe szybkości mając wspólną współrzędną y, przecinają się.

Dalej, powierzchnia ograniczona krzywą ciśnień wolno palącego się prochu, będzie coraz bardziej przewyższała powierzchnię ograniczoną krzywą ciśnień szybko palącego się prochu i wobec tego, szybkość pocisku przy ładunku z wolno palącego się prochu,



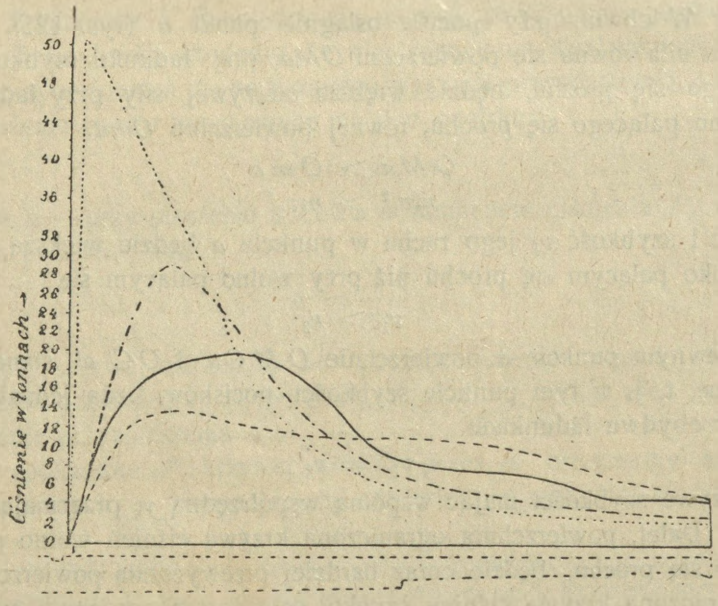
Rys. 121.

będzie coraz bardziej przekraczała szybkość pocisku przy ładunku z szybko palącego się prochu.

Wobec tego szybkość wylotowa v_2 będzie większą od v_1. Za punktem a krzywa szybkości wolno palącego się prochu przejdzie wyżej krzywej palącego się szybko, do punktu a odwrotnie, przechodzi ona niżej.

Ogólny wygląd krzywych ciśnień przy spalaniu różnych gatunków dymnych prochów w jednem i temsamem dziale uwidoczniony jest na rys. 122, gdzie krzywa 1 (licząc od najwyższej) była otrzymana przy ładunku z prochu artyleryjskiego, 2 — z prochu gruboziarnistego, 3 — z prochu czarnego pryzmatycznego i 4 — z prochu brunatnego pryzmatycznego.

Z krzywych tych widzimy, że największe ciśnienie gazów prochowych otrzymuje się przy drobnych gatunkach prochu. Przy użyciu ładunku prochów bezdymnych bezwzględna wartość odpo-

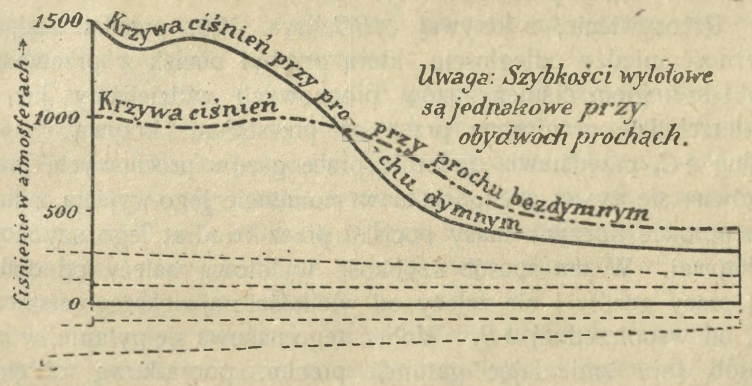


Rys. 122.

wiedniego największego ciśnienia jest jeszcze mniejsza, niż przy prochu brunatnym i odpowiednia krzywa ciśnień wszystkiemi punktami początkowo leży niżej krzywej 4 brunatnego prochu, a w części wylotowej wyżej.

Idealny proch dałby linję ciśnień w postaci prostej równoległej do osi przewodu lufy działa. Wyżej wskazane krzywe *przedstawiają krzywe ciśnień na dno pocisku* (punkt *O*), w miarę jego ruchu w przewodzie lufy; dla konstrukcji dział należy mieć dokładne *krzywe ciśnień na ściany i dno przewodu lufy działa.*

W tym celu w lufie działa umieszcza się szereg kreszerów, które w różnych przekrojach przewodu lufy określają wielkości największych ciśnień gazów prochowych; mając te dane możemy wykreślić krzywą największych ciśnień na ścianki przewodu lufy; taka właśnie krzywa (otrzymana drogą doświadczalną przy strzelaniu z działa dwoma gatunkami prochu) jest wskazana na rysunku 123.



Rys. 123.

Porównywując krzywe ciśnień na rys. 122 i 123 widzimy, że na pierwszym wykresie punkt *O* przedstawia środek pocisku, a na drugim środek dna przewodu lufy.

Charakter krzywych na rys. 123 objaśnia się tem, że przy spalaniu się prochu gazy w dziale nie spalają się w stanie równowagi, lecz w miarę tworzenia się dążą we wszystkich kierunkach z wielką szybkością: dopędzają dno pocisku, uderzają o nie, odskakują wstecz, spotykają nowy przypływ fali gazowej i tworzą miejscowe fale ciśnień (gęste lub rozrzedzone); wskutek wyżej wspomnianych przyczyn krzywe na rys. 122 nie mogą mieć praktycznego zastosowania dla określenia grubości ścian, lub w istnie-

jącym już dziale odpowiedniej wielkości ładunku z danego gatunku prochu.

Z rys. 123 widzimy, że ciśnienie na dno przewodu lufy jest większe, niż ciśnienie na dno pocisku; Sarro podaje następujący stosunek między temi ciśnieniami:

a) Dla dymnych prochów: $P_1 = P\left[1 + \frac{3}{2} \cdot \frac{w}{p}\right]$. (91)

b) Dla bezdymnych prochów: $P_1 = P\left[1 + \frac{1}{2} \cdot \frac{w}{p}\right]$. (92)

gdzie P_1 — ciśnienie na dno przewodu lufy, P ciśnienie na dno pocisku. w — waga ładunku i p — waga pocisku.

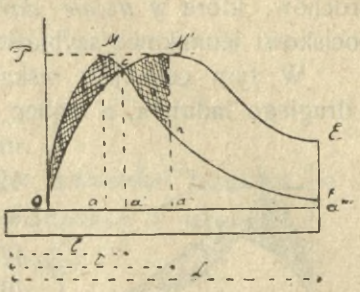
134. Uzgodnienie ujemnego i dodatniego działania prochu. Łatwo zrozumieć, że jedna i ta sama szybkość wylotowa może być nadana przy różnych wielkościach największych ciśnień na ściany przewodu lufy.

Rzeczywiście, z krzywej *ABC*, rys. 120, przedstawiającej zależność między odległością, którą przebył pocisk w przewodzie lufy i szeregiem ciśnień gazów prochowych widzieliśmy już, że powierzchnia ograniczona przez oś przestrzeni, krzywą i spółrzędną *a C*, przedstawia dodatnią pracę gazów prochowych; praca ta równa się żywej sile pocisku w momencie jego wyjścia z lufy, t. j. połowie iloczynu masy pocisku przez kwadrat jego szybkości wylotowej. W ten sposób szybkość wylotowa zależy od dodatniej pracy gazów i nie zależy od wielkości największego ciśnienia t. j. od współrzędnej *b B*. Wobec tego nasuwa się pytanie, w jaki sposób (np. zmieniając gatunek prochu, początkową objętość ładunku i r. p.) otrzymać tę samą powierzchnię przedstawiającą żywą siłę pocisku przy mniejszej wielkości największej spółrzędnej y przedstawiającej największe ciśnienie gazów prochowych? Jeśli np. dla trzech różnych gatunków prochu otrzymaliśmy krzywe, których powierzchnie są równe pomiędzy sobą i przy których otrzymujemy jedną i tę samą szybkość wylotową, oczywista, że ten gatunek będzie najlepszy, który daje najmniejsze ciśnienie.

Przy ładunkach szybko i wolno palących się prochów, rozwijających jednakowo największe ciśnienia, t. j. z jednakowem ujemnem działaniem, ciśnienia te będą osiągnięte w różnych odległościach od dna przewodu lufy.

Przy prochu szybko palącym się największe ciśnienie osiągnie się wcześniej, przy mniejszem przesunięciu pocisku niż przy

wolno palącym się prochu. Wobec tego przedstawiając krzywe ciśnień obu gatunków prochów na jednym rysunku (rys. 124), widzimy, że krzywa $OM'E$ wolno palącego się prochu przejdzie początkowo niżej krzywej OMF szybko palącego się prochu, największą zaś wysokość $a''M'$ osiągnie na większej odległości, za punktem M' i swoją częścią wznoszącą się przetnie w punkcie C już opadającą część krzywej OMF.



Rys. 124.

Za punktem M' ciśnienie zaczyna obniżać się, zmniejszając się powolniej, niż przy szybko palącym się prochu, ponieważ przypływ gazów trwa. W punkcie C, gdzie obie krzywe przecinają się, ciśnienia rozwijane przez oba prochy stają się jednakowe i równe $a'C$. Do tego punktu wszystkie ciśnienia przy szybko palącym się prochu są większe niż przy wolno palącym się, a od punktu C do wylotu — odwrotnie.

Ciśnienie przy wylocie $a'''E$ przy wolno palącym się prochu jest większe, niż przy wylocie $a'''F$ przy szybko palącym się.

Doświadczenie pokazuje, że największe ciśnienie aM przy szybko palącym sfę prochu rozwija się, gdy pocisk posunio się na odległość 2 — 3 kalibrów. Przy wolno palącym się prochu w momencie rozwoju tegoż największego ciśnienia $a''M'$ pocisk przejdzie od 3 — 10 kalibrów.

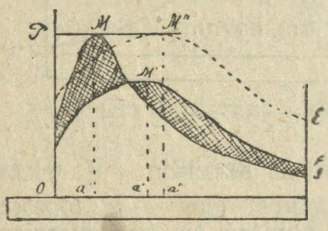
Z rysunku widzimy, że dodatnie działanie prochu, oraz szybkość wylotowa pocisku zależy od długości przewodu lufy.

Przy długości przewodu lufy L płaszczyzna $OM'E$ jest większa od płaszczyzny OMF, dodatnie działanie i szybkość wylotowa są większe przy wolno palącym się prochu. Skrócimy działo do długości l'; w tym wypadku zakreślone powierzchnie OMC i $CM'n$ są równe, równe są także i powierzchnie krzywych ($MCna'' = OM'a''$), jak również oba działania dodatnie i szybkości wylotowe.

Skrócimy jeszcze działo do długości l, przy tej długości przewodu lufy powierzchnia $OMCa'$ jest większa od powierzchni OCa' i dodatnie działanie i szybkość wylotowa będą większe przy szybko palącym się prochu, t. j. *dla długich dział bardziej dogodny jest wolno palący się proch, dla krótkich szybko palący się.*

Weźmiemy dwa takie ładunki wolno i szybko palących się prochów, które w *dziale danej długości* nadają temu samemu pociskowi jednakowe szybkości wylotowe.

W tym celu jest wskazanem, by dodatnia praca jednego i drugiego ładunku, a wobec tego i powierzchnie krzywych ciśnień OMG i $OM'F$ były równe (rys. 125). Z rysunku widzimy, że największe ciśnienie przy wolno palącym się prochu będzie w tych warunkach mniejsze.



Rys. 125

Jeśli zwiększymy ładunek wolno palącego się prochu do takiej wielkości, przy której jego *ujemne działanie* $a''M''$ stanie się równe ujemnemu działaniu szybko palącego się prochu aM, powierzchnia krzywej wolno palącego się prochu $OM''E$ będzie większa od obu poprzednich powierzchni.

Wobec tego *przyjęcie zwiększonego ładunku wolno palącego się prochu daje możność zwiększenia dodatniego działania, t. j. szybkości wylotowej pocisku, bez zwiększenia ujemnego działania, t. j. bez zwiększenia wzmocnień lufy działa.*

ROZDZIAŁ VI.

Pojęcie o wpływie danego gatunku prochu i urządzenia działa na dodatnie i ujemne działanie prochu.

135. Wpływ gatunku prochu. Ponieważ szybkość wylotowa zależy tylko od powierzchni, ograniczonej przez krzywą ciśnień i nie zależy bezpośrednio od wielkości najwyższego ciśnienia, więc, dla zwiększenia balistycznych danych prochu, jest ważne, by przy danej powierzchni, ograniczonej przez krzywą ciśnień, przy danej szybkości wylotowej pocisku największe ciśnienie było o ile jest to możliwe w danych warunkach, słabsze.

W tym celu, niezbędnem jest rozważyć, od czego zależy wygląd krzywej ciśnień gazów prochowych w danem dziale.

Początkowo rozpatrzymy wpływ danych określających gatunek prochu, t. j. rodzaj składników i ich proporcja, ścisłość, wymiary i kształt ziarn prochowych; następnie rozpatrzymy wpływ danych odnoszących się do działa i pocisku, t. j. wpływ wagi ładunku, wagi pocisku, kalibru, długości przewodu lufy i ścisłości ładowania.

Rozważając wpływ każdej z tych danych, będziemy przypuszczali początkowo, że *wszystkie inne warunki pozostają bez zmian.* Rodzaj składników pozwala sądzić o ilości wydzielanych przez ładunek gazów. Im większą ilość gazu są zdolne wydzielać spalane składniki, tem mniej otrzymuje się twardych resztek i dymu. Ze zwiększeniem ilości gazów, wydzielających się w ciągu jednej i tej samej jednostki czasu wzrasta ciśnienie, a więc szybkość wylotowa i największe ciśnienie na dno i ściany przewodu lufy. Proch składający się z saletry, węgla i siarki przetwarza w gazy tylko 40% swojej wagi, proch zaś z bawełny strzelniczej lub nitrogliceryny przetwarza się w gazy całkowicie.

Od rodzaju składników zależy też temperatura produktów rozkładu prochu. Im temperatura ta jest wyższą, tem większą sprężystość posiadają gazy prochowe, pod wpływem których pocisk otrzymuje większą szybkość wylotową i ściany działa będą

również pod wpływem większego ciśnienia *). Naprzykład proch z bawełny strzelniczej lub z nitrogliceryny działa mniej niszcząco niż mieszany z bawełny i nitrogliceryny. Składniki różnych gatunków mogą mniej lub więcej rozkładać się przy wybuchu, t. j. spalenie się ładunku może odbyć się w ciągu większego lub mniejszego czasu. Im krótszy jest czas spalania się ładunku, tem większa ilość gazu tworzy się przy początku ruchu pocisku w przewodzie lufy, gdy objętość przewodu lufy za pociskiem względnie nie jest jeszcze wielką, tak, że gazy osiągają największą ścisłość i dają większe ciśnienie na ściany działa. Naprzykład jeśli w zwykłym prochu zamiast saletry potasowej KNO_3 jest sól Bertoleta $KCLO_3$, wówczas rozkład odbywa się szybciej, ładunek spala się w krótszym okresie czasu i proch bardziej burząco działa na ściany przewodu lufy. Proch z węglem brunatnym spala się wolniej od prochu z węglem czarnym i działa na ściany przewodu lufy mniej niszcząco. Wprowadzenie do składu prochu węgla brunatnego i zmniejszenie zawartości siarki, jak również zwiększenie ścisłości masy, czyni proch palącym się nadzwyczaj wolno. Takich gatunków prochu możemy używać tylko w nadzwyczaj długich działach, inaczej ziarna niespalone będą wyrzucane przy strzale.

Zawartość w prochu z bawełny strzelniczej bawełny kolodjonowej, zwalnia tempo palenia się prochu, a wobec tego, im więcej jest bawełny kolodjonowej, tem proch działa mniej niszcząco.

Doświadczenie wskazuje, że od *zwiększenia ścisłości* prochów dymnych, burzące działanie prochu zmniejsza się w większym stopniu, niż szybkość wylotowa pocisku; wobec tego, zwiększając nieco ładunek prochu ścisłemi ziarnami możemy przy tej samej szybkości wylotowej pocisku, jak i przy mniej ścisłym prochu zmniejszyć niszczące działanie na działo.

Ze *zwiększeniem wymiarów* ziarn prochów dymnych powierzchnia palenia się określonego podług wagi ładunku zmniejsza się, a więc ilość wydzielonych gazów w różnych okresach ruchu pocisku zmniejsza się. Wobec tego, ze zwiększeniem wymiarów ziarn, podobnie, jak przy zwiększeniu ścisłości, burzące i dodatnie działanie prochu do pewnego stopnia zmniejsza się. Ponieważ

*) Przy tej samej wadze ładunku prochy bezdymne rozwijają znacznie większą energję niż dymne i wobec tego przy strzelaniu bezdymnym prochem dla otrzymania tychże szybkości wylotowych wagi ładunku stanowią od połowy do $^2/_3$ ładunku prochu dymnego.

pewna strata szybkości wylotowej pocisku może być uzupełniona przez zwiększenie ładunku, zwykle ziarna wyrabiają możliwie wielkie, aby proch zdążył się całkowicie spalić podczas ruchu pocisku w przewodzie lufy działa*).

136. Wpływ ścisłości ładowania. Zmniejszenie ścisłości ładowania zmniejsza ścisłość gazów przy początku ruchu pocisku, a więc zmniejsza ciśnienie gazów na ściany przewodu lufy i na pocisk. Doświadczenie wskazuje, że zmniejszenie ścisłości ładowania okazuje znacznie większy wpływ na zmniejszenie największego ciśnienia gazów, niż na zmniejszenie szybkości wylotowej.

Dla obliczenia ścisłości ładowania Δ w przewodzie lufy należy mierzyć odległość l od dna pocisku do dna przewodu lufy (komory), pomnożyć ją przez powierzchnię poprzecznego przekroju (jeśli uważać komorę za cylindryczną, więc przez $\frac{\pi d^2}{4}$) przez jednostkę objętości wody δ, oraz wagę ładunku ω podzielić przez otrzymany iloczyn:

$$\Delta = \frac{\omega}{\frac{\pi d^2}{V} \cdot l \cdot \delta}.$$

137. Wpływ wagi ładunku. Badania Sarro, potwierdzone przez doświadczenia, wykazały, że jeśli przy prochu bezdymnym zwiększać wagę ładunku ω do ω_1 *nie zmniejszając ścisłości ładowania* Δ, więc przy innych jednakowych warunkach ładowania:

1) szybkości wylotowe pocisku zmieniają się prawie proporcjonalnie do potęgi $^1/_4$ wagi pocisku, i

2) największe ciśnienia wzrastają proporcjonalnie do wagi ładunków:

$$\frac{V}{V} = \left(\frac{\omega}{\omega_1}\right)^{1/4} \text{ i } \frac{P}{P_1} = \frac{\omega}{\omega_1},$$

jak widzimy, ze zwiększeniem ładunku, szybkości zwiększają się mniej, niż ciśnienia. Prawie ten sam stosunek otrzymamy, jeśli zwiększymy ścisłość ładowania, *nie zmieniając ładunku* (zmniejszając objętość komory):

$$\frac{V}{V} = \left(\frac{\Delta}{\Delta_1}\right)^{1/4} \text{ i } \frac{P}{P_1} = \frac{\Delta}{\Delta_1}.$$

*) Powyższe doświadczenia Viel'a wykazały, że wpływ wymiaru ziarn na palenie się prochu w przewodzie lufy nie ma tak wielkiego znaczenia; jak zwiększenie scisłości masy prochowej (i zmiana gatunku węgla).

Ścisłość ładowania, jak widzimy, ma bardziej wybitny wpływ na ciśnienie niż na szybkość wylotową, więc zmniejszeniem ścisłości ładowania możemy w razie potrzeby obniżyć ciśnienie do granic bezpieczeństwa nie zmniejszając zbytnio szybkości.

W praktyce, najczęściej zmieniamy ładunek, nie zmieniając komory; przytem szybkości wylotowe i ciśnienia zmieniają się: od zmiany wagi ładunki i od zmiany ścisłości ładowania.

Wobec tego, na podstawie poprzednich wywodów będziemy mieli:

$$\frac{V}{V_1} = \left[\frac{\omega\,\Delta}{\omega_1\Delta_1}\right]^{1/4};\quad \frac{P}{P_1} = \frac{\omega\,\Delta}{\omega_1\Delta_1}$$

podstawiając zamiast Δ jej znaczenie, otrzymamy:

$$\frac{V}{V_1} = \sqrt{\frac{\omega}{\omega_1}} \text{ i } \frac{P}{P_1} = \left[\frac{\omega}{\omega_1}\right]^2 \quad \ldots\ldots \quad (93)$$

w ten sposób w dziale, przy zwiększeniu wagi ładunku:

1) *szybkości wylotowe zwiększają się prawie proporcjonalnie do pierwiastków kwadratowych wag ładunków,*

2) *największe ciśnienienia zwiększają się proporcjonalnie do kwadratów wag ładunków.*

Przykład: W dziale 75 m/m. przy ładunku 700 gr. prochu bezdymnego, szybkość wylotowa jest 535 m./sek. i największe ciśnienie 2400 klg.

Jaka szybkość wylotowa i ciśnienie będą przy ładunku 800 gr.?

$$\frac{V}{535} = \sqrt{\frac{800}{700}};\quad V = 578{,}5 \text{ m/sek.}$$

$$\frac{P}{2250} = \left[\frac{800}{700}\right]^2;\quad P = 2959 \text{ klg.}$$

138. Wpływ wagi pocisku. Jeśli przy strzelaniu z jakiegokolwiek działa, jednym i tym samym rodzajem prochu, przy wagach ładunków ω i ω_1, przy wagach pocisku p i p_1, otrzymaliśmy szybkości wylotowe V i V_1, więc możemy przyjąć, że dodatnie prace gazów prochowych proporcjonalne do żywych sił pocisków są również proporcjonalne i do wag ładunków, t. j. $\frac{pV^2}{2g} : \frac{p_1V_1^2}{2g} = \omega : \omega_1$, skąd:

$$\frac{V}{V_1} = \sqrt{\frac{\omega}{\omega_1} \cdot \frac{p_1}{p}} \quad \ldots\ldots \quad (94)$$

przy $\omega = \omega_1$ z tego wzoru otrzymamy:

$$\frac{V}{V_1} = \sqrt{\frac{p_1}{p}}, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (95)$$

skąd widzimy, że *szybkości wylotowe zmieniają się odwrotnie proporcjonalnie do pierwiastków kwadratowych z wag pocisków*, t. j. im cięższy pocisk, przy tym samym ładunku, tem mniejszą otrzymamy szybkość wylotową. Największe ciśnienie w tym wypadku, jak wykazuje doświadczenie, zmienia się proporcjonalnie do pierwiastka kwadratowego z wag pocisków:

$$\frac{P}{P_1} = \sqrt{\frac{p}{p_1}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (96)$$

t. j. przy zwiększeniu wagi pocisku wzrasta i największe ciśnienie, ponieważ cięższy pocisk, (mając większe poprzeczne obciążenie) porusza się wolniej, wolniej też zwiększa się przestrzeń za pociskiem, ścisłość gazu jest większą i proch pali się szybciej.

Przykład: W dziale 75 m/m. przy wadze ładunku 600 gr. i wadze pocisku 5 klg. 300 gr. szybkość wylotowa 550 m/sek. i największe ciśnienie 1900 klg.

Jaka szybkość wylotowa i ciśnienie będzie przy strzelaniu pociskiem wagi 5 klg. 600 gr., jeśli ładunek pozostawimy bez zmiany?

$$\frac{V}{550} = \sqrt{\frac{5300}{5600}}; \; V = 535 \text{ m/sek.}$$

$$\frac{P}{1900} = \sqrt{\frac{5600}{5300}}; \; P = 1954 \text{ klg}$$

Więc, by bardziej ciężkiemu pociskowi nadać jednakową szybkość wylotową z lżejszym, należy zwiększyć wagę ładunku.

Z wzoru (94) przy $V = V_1$ mamy:

$$\sqrt{\frac{\omega}{\omega_1} \cdot \frac{p_1}{p}} = 1 \text{ czyli}$$

$$\frac{\omega}{p} = \frac{\omega_1}{p_1}$$

t. j. *dla nadania w jednym i tym samym dziale, pociskom różnej wagi, jednakowych szybkości wylotowych, trzeba, by względne wagi pocisków były jednakowe.*

Przykład: W dziale 75 m/m. przy wadze ładunków 600 gr. i wadze pocisku 5 klg. 300 gr. szybkość wylotowa 550 m/sek.

Jaki należy wziąć ładunek dla pocisku wagi 5 klg. 600 gr., by szybkość pocisku nie zmieniła się?

$$\frac{\omega}{600} = \frac{5600}{5300}; \quad \omega = 634 \text{ gramy}.$$

139. Wpływ długości przewodu lufy działa. Długość przewodu lufy działa powinna być dostateczną, by ładunek spalał się przed wyjściem pocisku z przewodu lufy. Jeśli długość przewodu lufy jest mała, część ładunku może być wyrzucona z lufy razem z pociskiem niedopalona i dodatnie działanie tej części będzie stracone. Oprócz tego, przy różnych strzałach będą wyrzucane różne ilości niedopalonego ładunku, wskutek czego szybkości wylotowe pocisków będą różnorodne i celność strzału stanie się problematyczną.

Jeśli długość przewodu lufy jest znacznie większa od tej, która jest potrzebna dla zupełnego spalenia się ładunku, zmniejszenie szybkości pocisku w skutek uderzeń i tarcia w części wylotowej o powierzchnię przewodu lufy może nie być zrównoważone przez zwiększenie jego szybkości od rozszerzenia gazów, ponieważ ciśnienia gazów w tej części przewodu lufy przy bardzo wielkiej jej długości mogą być bardzo nieznaczne.

Długość lufy, przy której dalszem zwiększeniu szybkości wylotowe pocisku zmniejszają się, nazywa się *największą długością*; długość ta przez doświadczenie nie określa się, bezwarunkowo przekracza ona znacznie określone długości dla różnych ładunków, dostateczne dla całkowitego spalenia się prochu podczas przejścia przez pocisk przewodu lufy.

Wszystkie okoliczności, wskutek których zwiększa się czas palenia ładunku, jak np. zwiększenie jego wagi, zwiększenie ścisłości i zewnętrznych wymiarów ziarn i inne, wymagają zwiększenia długości przewodu lufy.

W artylerji nie używa się przewodów luf, długość których byłaby bliską do największych i prawdopodobnie, długość ta znacznie przekracza tą długość, która się używa w praktyce. Przy określeniu długości dział zwykle kierują się różnemi praktycznemi czynnikami np. dogodność obchodzenia, zmniejszenie wagi dział i t. p., ponieważ liczne doświadczenia pokazały, że długość przewodu lufy możemy zmieniać w dość znacznych granicach bez wielkiego wpływu na szybkość wylotową pocisku.

Współczesne działa gwintowane mogą być podzielone na trzy zasadnicze typy:

	Ładunek względny *)	Względna długość działa w kalibrach	Szybkość wylotowa pocisku w m/sek.
Armaty	1/3 —1/2,5	> 20	> 500
Haubice	1/10—1/15	10 — 20	do 450
Moździerze	1/12 „	około 10	do 350

Co się tyczy największego ciśnienia na ściany działa, ciśnienie to zależy od długości przewodu lufy i we wszystkich wzorach dział nie powinno przekraczać 2,250—2,800 atmosfer (2,600—2900 klg.).

140. Wpływ kalibru działa. Co do wpływu kalibru działa, doświadczenia wykazały, że przy jednakowych względnych ładunkach i przy użyciu geometrycznie podobnych pocisków, wyrobionych z jednakowego materjału, niszczące działanie prochu w dziale większego gatunku jest większe. Jeśli zaś przytem i względne długości działa są jednakowe, wówczas szybkości wylotowe pocisków są prawie identyczne.

Zwiększenie niszczącego działania w miarę zwiększenia kalibru podobnych dział, może być wytłumaczone przez to, że w podobnych działach poprzeczne obciążenie pocisku $\frac{P}{\pi R^2}$, zwiększa się ze zwiększeniem kalibru, t. j. pocisk większego kalibru porusza się wolniej, a więc ścisłość i ciśnienie gazów w dziale większego kalibru są większe, niż w podobnym dziale mniejszego kalibru.

Z powyższego widzimy, że jeśli w danym dziale zwiększamy wagę pocisku, lub wagę ładunku i jeśli zachowując podobieństwo w działach i pociskach, zwiększamy kaliber, wówczas zwiększy się i największe ciśnienie gazów. Dla zmniejszenia tego ciśnienia, należy wybrać gatunek prochu wolno palącego się i bardziej ścisłego. Przytem, wskutek wielkich ciśnień, ziarna, bez względu na większy wymiar i większą ścisłość, zdążają spalić się w przewodzie lufy.

Stąd wypływa, że *dla otrzymania w podobnych działach różnych kalibrów jednych i tych samych szybkości wylotowych, przy tych samych największych ciśnieniach, należy używać prochów palących się tem wolniej, im większy jest kaliber.*

Wobec tego, dla każdego działa istnieje odpowiedni gatunek prochu, który pozwala w najlepszy sposób wykorzystać długość

*) Względnym ładunkiem nazywa się stosunek wagi ładunku do wagi pocisku. Wagi pocisków są proporcjonalne do sześcianów ich kalibrów.

przewodu i trwałość lufy. Na podstawie tego należało odstąpić od jedności działowego prochu i przejść do niedogodnego, bezwarunkowo, lecz niezbędnego, zróżniczkowania gatunków. Zróżniczkowanie gatunków prochu jest nie do uniknięcia i jedności prochu nie osiągnęła dotychczas żadna artylerja.

Jednakowoż przygotowanie specjalnego prochu dla każdego z typów dział i kalibru byłoby zbyt niedogodnem, wobec czego nastąpiło rozwiązanie pośrednie, a mianowicie, zastosowano mniejszą ilość gatunków prochu, niż ilość typów i kalibrów dział.

141. Wpływ warunków ładowania. Jeśli ładunek zajmuje na długość prawie całą komorę, wówczas gazy prochowe rozwijają się bardziej równomiernie, niż wtedy, gdy między końcem ładunku, a dnem pocisku pozostaje pewna przestrzeń, ponieważ, w ostatnim wypadku, rozwijające się gazy gwałtowniej uderzają o dno pocisku i gwałtowniej odbijają się od niego, a fale ciśnień, które się tworzą są znacznie silniejsze. Naprzykład jeśli w karabinie zostawić między kulą a ładunkiem pewną przestrzeń, równającą się długości ładunku, wówczas jak potwierdza doświadczenie, największe ciśnienie na dno i ścianki przewodu lufy może zwiększyć się w dwójnasób, lub, jeśli pocisk nie dojdzie do oporu pierścienia prowadzącego o początek gwintów, może nastąpić przekrzywienie pocisku i ścisłość ładowania wskutek zmniejszenia przestrzeni za pociskiem zwiększy się, ciśnienie zaś wskutek tego będzie podwyższone, lub przekrzywienie pocisku może wywołać *zaklinienie* pocisku w przewodzie lufy, co spowoduje nietylko wstrzymanie ruchu pocisku, lecz nawet rozerwanie działa. W praktyce było wiele wypadków rozerwania działa i karabinów wskutek nienormalnych warunków ładowania, wobec czego ładunkom nadaje się prawidłowy kształt zabezpieczający równomierne rozmieszczenie prochu w komorze.

142. Wpływ wilgotności prochu i temperatury ładunków. Doświadczenia wykazały, że zwiększenie wilgotności (lotnych składników) o 1% zmniejsza: 1) szybkość wylotową około 5%, 2) największe ciśnienie gazów około 20%. Co do temperatury ładunków możemy uważać, że odchylenia temperatury prochu od normalnej (+ 15°) o 10° w tę lub inną stronę zmienia w odpowiednią stronę szybkość wylotową o 1,1% i ciśnienie o 4%.

143. Wpływ wypaleń w przewodzie lufy działa. Działo, jak i wszelka maszyna, z biegiem czasu zużywa się. Zużycie

polega głównie na tem, że ze zwiększeniem ilości strzałów z danego działa ściany przewodu lufy pod wpływem wysokiej temperatury gazów prochowych i wielkiego ich ciśnienia początkowo otrzymują szczelinki w postaci siatki, które następnie zwiększają się, przechodząc z biegiem czasu w głębsze bruzdy. We współczesnych działach, strzelających prochem bezdymnym, przewód lufy najbardziej wypala się przy początku gwintów (w miejscu oporu pierścienia pocisku), a dalej na przestrzeni 10—15 kalibrów wypalanie to stopniowo znika. W ten sposób wypalone działo odznacza się brakiem początku gwintów i zwiększeniem w tem miejscu średnicy przewodu lufy. W takim więc dziale, pocisk, przy dosyłaniu, opiera się pierścieniem prowadzącym nie o początek gwintów, lecz nieco dalej, wskutek czego przestrzeń za pociskiem zwiększa się, a ścisłość ładowania zmniejsza, wobec czego ciśnienie gazów na dno pocisku zmniejsza się i ten ostatni nie otrzymuje potrzebnej szybkości wylotowej. Oprócz tego, część gazów prochowych, przechodząc przez szczeliny między prowadzącym pierścieniem, a ścianami wypalonego przewodu traci się bezużytecznie, co wywołuje stratę w dodatniem działaniu ładunku. Między innemi zauważono, że strzały zmniejszonemi ładunkami tak znacznie zmniejszają zniszczenie przewodów luf, że wypalenie możemy uważać tylko za pochodzące od strzałów z pełnemi ładunkami.

W działach z wypalonemi gwintami, pociski otrzymują niejednostajną szybkość obrotową około osi figury (czasami nawet wcale nie otrzymują), co wywołuje niejednostajny, a nawet i nieprawidłowy ich lot, znacznie zmniejszając celność. Praktycznie stwierdzono, że przy spółczesnych prochach zmniejszenie celności zaczyna się po 100 strzałach pełnym ładunkiem i celność staje się niedostateczną po 300 strzałach (dla wielkich kalibrów).

144. Analityczne badanie wpływu zmiany ścisłości ładowania wagi ładunku i wagi pocisku na dodatni i ujemny wpływ prochu w przewodzie lufy działa. Przeprowadzimy badanie opierając się na dwóch wzorach*) z balistyki wewnętrznej, dla bezdymnego prochu z bawełny strzelniczej. Przy strzelaniu tym prochem stosunek szybkości wylotowej i największego ciśnienia do wagi ładunku i pocisku, oraz urządzenia broni i własności prochu może się wyrazić przez następujące wzory:

*) Wzory Brinka.

$$V = \frac{A}{d^{2/3}\, l^{1/3}} \cdot \frac{w^{3/4}}{p^{1/3}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (a)$$

$$P = \frac{B}{d^{8/3}\, l^{4/3}}\, w^{25/12}\, p^{7/12} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (b)$$

gdzie V — szybkość wylotowa pocisku, P — największe ciśnienie w przewodzie lufy działa, w — waga ładunku, p — waga pocisku, d i l średnica i długość komory prochowej, A i B spółczynniki, zależne od własności prochu i kalibru działa.

Wzory te dają możność rozwiązywać wszelkie zagadnienia przy strzelaniu z działa z określonemi wymiarami komory (d i l wielkości stałe), przy różnych wielkościach ładunku i więc przy zmiennej ścisłości ładowania. Lecz nie mniej ciekawe są wypadki strzelania różnemi ładunkami z jednakowych dział, których komory są tak urządzone, że ścisłość ładowania pozostaje niezmienną. Wówczas wzory (a) i (b) będą następujące:

$$V = C \cdot \frac{w^{5/12}\, \Delta^{1/3}}{p^{1/3}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (c)$$

$$P = D \cdot w^{3/4}\, \Delta^{4/3}\, p^{7/12} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (d)$$

gdzie Δ ścisłość ładowania, C i D spółczynniki zależne jak A i B od własności prochu i kalibru działa. Pozostałe wielkości jak we wzorach *(a)* i *(b)* *).

---

*) Wzory c) i d) wyprowadzają się w następujący sposób: jak było już wyżej wskazano, $\Delta = \frac{w}{\frac{\pi}{4} d^2 l \delta}$, skąd $\frac{w}{d^2 l} = \frac{\pi \delta}{4} \Delta$.

Podniesiemy obie części tego równania się do potęgi $^1/_3$;

$\frac{w^{1/3}}{d^{2/3}\, l^{1/3}} = \left(\frac{\pi \delta}{4}\right)^{1/3} \Delta^{1/3}$ a ponieważ $w^{3/4} = w^{9/12} = w^{5/12 + 4/12} = w^{5/12}\, w^{1/3}$,

więc $\frac{w^{3/4}}{d^{2/3}\, l^{1/3}} = \left(\frac{\pi \delta}{4}\right)^{1/3} w^{5/12}\, \Delta^{1/3}$, podstawiając to znaczenie dla $\frac{w^{3/4}}{d^{2/3}\, l^{1/3}}$

do wzoru (a) otrzymamy: $V = A \cdot \left(\frac{\pi \delta}{4}\right)^{1/3} \cdot \frac{w^{5/12}\, \Delta^{1/3}}{p^{1/3}}$, gdzie $A \cdot \left(\frac{\pi \delta}{4}\right)$ jest oznaczone przez C.

Dla wyprowadzenia wzoru (d) ze wzoru (b) mamy:

$\frac{w}{d^2 l} = \frac{\pi \delta}{4} \Delta$, $\frac{w^{4/3}}{d^{8/3}\, l^{4/3}} = \left(\frac{\pi \delta}{4}\right)^{4/3} \cdot \Delta^{4/3}$; $w^{25/12} = w^{16/12 + 9/12} = w^{4/3} \cdot w^{3/4}$,

$\frac{w^{25/12}}{d^{8/3}\, l^{4/3}} = \left(\frac{\pi \delta}{4}\right)^{4/3} w^{3/4}\, \Delta^{4/3}$. Podstawiając to znaczenie dla $\frac{w^{25/12}}{d^{8/3}\, l^{4/3}}$ do wzoru

(b) otrzymamy: $P = B \cdot \left(\frac{\pi \delta}{4}\right)^{4/3} w^{3/4}\, \Delta^{4/3}\, p^{7/12} = D \cdot w^{3/4}\, \Delta^{4/3}\, p^{7/12}$,

gdzie $B \cdot \left(\frac{\pi \delta}{4}\right)^{4/3}$ jest oznaczone przez D.

Przytoczone 4 wzory dają możność rozwiązania wszystkich postawionych kwestyj co do wpływów przy zmianie i ścisłości ładowania, wagi ładunku i pocisku na dodatnie i ujemne działania prochu w przewodzie lufy działa.

1) *Wpływ zmiany wagi ładunku przy stałej ścisłości ładowania.* Przypuśćmy, że niezmienność ścisłości ładowania osiąga się przez zmianę objętości komory odpowiednio do zmiany wagi ładunku.

Ze wzoru *(c)* biorąc pod uwagę, że w danym wypadku C, Δ i p są wielkościami stałemi i oznaczając $C \frac{\Delta^{1/3}}{p^{1/3}}$ przez K_1 mamy:

$$V = K_1 \cdot w^{5/12} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (e$$

skąd oznaczając przez dV i dw przyrost szybkości i wagi ładunku *):

$$\frac{dV}{V} = \frac{5}{12} \cdot \frac{dw}{w} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (e')$$

Oznaczając we wzorze *(d)* stały iloczyn $D \cdot \Delta^{4/3} \cdot p^{7/12}$ przez K_2, otrzymamy

$$P = K_2 \cdot w^{3/4} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (f)$$

skąd nazywając przez dP przyrost ciśnienia:

$$\frac{dP}{P} = \frac{3}{4} \cdot \frac{dw}{w} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (f')$$

Więc jeśli ładunek zwiększyć np. o 10% $\left(\frac{dw}{w} = \frac{1}{10}\right)$, wówczas przy tej samej ścisłości ładowania szybkość wylotowa zwiększy się o $^5/_{12} \cdot 10\% = 4{,}2\%$ (wzór *e'*) i największe ciśnienie zwiększy się o $^3/_4 \cdot 10\% = 75\%$ wzór *(f')*. W ten sposób ze *zmianą wagi ładunku przy stałej ścisłości ładowania, ciśnienia wzrastają szybciej niż szybkości,*

Jeśli, znając szybkość wylotową V i największe ciśnienie P przy ładunku w, chcemy obliczyć wielkości szybkości wylotowej V_1 i największego ciśnienia P_1 w przewodzie lufy, strzelając zmienionym ładunkiem w_1 pod warunkiem, że ścisłość ładowania Δ pozostaje bez zmian, wówczas wzorom *(e)* i *(f)* należy nadać inny wygląd. Na podstawie tych wzorów:

$$V_1 = K_1 w_1^{5/12} \text{ i } V = K_1 w^{5/12}$$

$$P_1 = K_2 w_1^{3/4} \text{ i } P = K_2 \cdot w^{3/4}$$

dzieląc te równania, otrzymamy:

$$V_1 = V \cdot \left(\frac{w_1}{w}\right)^{5/21} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (g)$$

$$P_1 = P \cdot \left(\frac{w_1}{w}\right)^{3/4} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (h)$$

---

*) Jeśli funkcja przedstawia potęgę ze stałym wykładnikiem: $y = kx^n$, więc pierwsza pochodna: $\frac{dy}{dx} = nkx^{n-1}$, czyli dzieląc drugie równanie przez pierwsze; $\frac{dy}{ydx} = x^{-1}$, skąd $\frac{dy}{y} = n\frac{dx}{x}$, t. j. uważając nieskończenie małe dy i dx za określony, lecz względnie mały przyrost, otrzymujemy, że dla *funkcji przedstawiającej potęgę ze stałym wykładnikiem końcowy względny przyrost* ($w\ \%$) *zależnej zmiennej równa się względnemu przyrostowi* ($w\ \%$) *niezależnej zmiennej pomnożonemu przez wykładnik potęgi.*

Przykład: Przy strzelaniu z działa 75 m/m, szrapnelem, z ładunkiem prochu bezdymnego 700 gr, otrzymujemy przy największem ciśnieniu 2.400 klg. szybkość wylotową — 535 m/sek. Jaką będzie szybkość wylotowa V_1 i ciśnienie P_1 jeśli z podobnego działa damy strzał ładunkiem prochu 1 klg. lecz przy tak zwiększonej komorze, że ścisłość ładowania pozostanie bez zmiany?

Z wzorów *(g)* i *(h)* otrzymujemy:

$$V_1 = 535 \left(\frac{700}{1000}\right)^{5/12} = 931 \text{ m/sek.}$$

$$P_1 = 2400 \left(\frac{700}{1000}\right)^{3/4} = 3136 \text{ klg.}$$

2) *Wpływ zmiany ścisłości ładowania przy stałej wadze ładunku.* Z wzoru *(c)* przyjmując pod uwagę, że w danym wypadku, w drugiej części tylko Δ jest zmienną wielkością i oznaczając $C \frac{w^{5/12}}{p^{1/3}}$ przez K_3 otrzymamy:

$$V = K_3 \cdot \Delta^{1/3} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (i)$$

stąd nazywając przez $d\Delta$ przyrost ścisłości ładowania:

$$\frac{dV}{V} = \frac{1}{3} \cdot \frac{d\Delta}{\Delta} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (i')$$

Z wzoru *(d)* oznaczając $Dw^{3/4} p^{7/12}$ przyz K_4 otrzymamy:

$$P = K_4 \cdot \Delta^{4/3} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (l)$$

skąd:

$$\frac{dP}{P} = \frac{4}{3} \cdot \frac{d\Delta}{\Delta} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (l')$$

Jeśli więc zwiększyć ścisłość ładowania np. o $10^0/_0$ $\left(\frac{d\Delta}{\Delta} = \frac{1}{10}\right)$ przez zmniejszenie objętości komory, wówczas szybkość wylotowa pocisku zwiększy się o $^1/_3 \cdot 10^0/_0 = 3, 3^0/_0$ (wzór *i'*), a ciśnienie największe w komorze działa zwiększy się o $^4/_3 \cdot 10^0/_0 = 13,3^0/_0$ (wzór *l'*), t. j. *zmiana ścisłości ładowania znacznie więcej wpływa na zmianę największego ciśnienia, niż na zmianę szybkości wylotowej.* Na tej podstawie jest możliwe, przez odpowiednie zwiększenie wagi ładunku i objętości komory, zachowanie dla danego działa określonej szybkości wylotowej, przy zmniejszeniu największego ciśnienia.

Dla obliczenia szybkości wylotowej V_1 i największego ciśnienia P_1 przy zmienionej ścisłości ładowania Δ_1, znając szybkość wylotową V i największe ciśnienie P przy określonej ścisłości ładowania Δ, mamy z wzorów *(i)* *(l)*:

$$V_1 = K_3 \cdot \Delta^{1/3} \text{ i } V = K_3 \cdot \Delta^{1/3}$$

$$P_1 = K_4 \cdot \Delta^{4/3} \text{ i } P = K_4 \cdot \Delta^{4/3}$$

dzieląc te równania, otrzymamy:

$$V_1 = V \cdot \left(\frac{\Delta_1}{\Delta}\right)^{1/3} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (m)$$

$$P_1 = P \cdot \left(\frac{\Delta_1}{\Delta}\right)^{4/3} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (n)$$

Przykład: Jaką wielkość będzie miała szybkość wylotowa i największe ciśnienie przy strzelaniu z działa 400 m/m przy szybkości $V = 330$ m/sek. i $P = 1.800$ klg., jeśli objętość jego komory, w porównaniu z daną, zmniejszyć o $10^0/_0$, a ładunek pozostawić bez zmiany?

Podług zadania $\frac{\Delta_1}{\Delta} = 1{,}1$, a więc z wzorów *(m)* i *(n)* otrzymamy:

$$V_1 = 330 \cdot 1{,}1^{1/3} = 340 \text{ m/sek.}$$

$$P_1 = 1800 \cdot 1{,}1^{4/3} = 2044 \text{ klg.}$$

3) *Wpływ jednoczesnej zmiany wagi ładunku i ścisłości ładowania.* W danym wypadku przypuszcza się, że wymiary komory prochowej pozostają bez zmiany, lecz ścisłość ładowania zmienia się jedynie wskutek zmiany wagi ładunku. Wobec tego, należy zastosować wzory (a) i (b).

Oznaczając wielkości $\frac{A}{d^{2/3} l^{1/3} p^{1/3}}$ przez K_5 i $\frac{Bp^{7/12}}{d^{2/3} l^{1/3}}$ przez K_6, otrzymamy:

$$V = K_5 \cdot w^{3/4} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (o)$$

$$P = K_6 \cdot w^{25/12} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (p)$$

skąd:

$$\frac{dV}{V} = \frac{3}{4} \cdot \frac{dw}{w} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (o')$$

$$\frac{dP}{P} = \frac{25}{12} \cdot \frac{dw}{w} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (p')$$

Więc, jeśli w tym dziale zwiększyć wagę ładunku np. $10^0/_0$ $\left(\frac{dw}{w} = \frac{1}{10}\right)$, wobec czego, szybkość wylotowa pocisku zwiększy się o $^3/_4$, $10^0/_0 = 7{,}5^0/_0$ (wzór *o'*), a największe ciśnienie w dziale zwiększy się o $^{25}/_{12} \cdot 10^0/_0 = 20{,}8^0/_0$ (wzór *p'*), skąd widzimy, jak znaczny wpływ ma ścisłość ładowania ma ciśnienie w przewodzie lufy przy strzelaniu prochem bezdymnym.

Dla obliczenia szybkości wylotowej V_1 i ciśnienia P_1 przy strzelaniu z danego działa ładunkiem, którego waga w_1, mając szybkość wylotową V i ciśnienie P przy ładunku w, otrzymamy z wzorów *(o)* i *(p)*:

$$V_1 = V \cdot \left(\frac{w_1}{w}\right)^{3/4} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (q)$$

$$P_1 = P \cdot \left(\frac{w_1}{w}\right)^{25/12} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (r)$$

Przykład: Jak wielka będzie szybkość wylotowa V_1 i największe ciśnienie P_1 przy strzelaniu ze 155 m/m. jeśli strzelamy ładunkiem $w_1 = 1$ klg. zamiast ładunku $w = 1{,}2$ klg, przy którym $V = 222$ m/sek. i $P = 2200$ klg?

Z wzorów *(q)* i *(r)* otrzymujemy:

$$V_1 = 222 \left(\frac{1{,}2}{1}\right)^{3/4} = 254 \text{ m/sek.}$$

$$P_1 = 2200 \left(\frac{1{,}2}{1}\right)^{25/12} = 3216 \text{ klg.}$$

4) *Wpływ zmiany wagi pocisku.* Z wzorów *(a)* lub *(c)*, oznaczając wspólność odpowiednich stałych wielkości przez K_7, a z wzorów *(b)* lub *(d)* oznaczając te same wielkości przez K_8, otrzymamy:

$$V = K_7 \cdot p^{-1/3} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (s)$$

$$P = K_8 \cdot {}^{7/12} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (t)$$

skąd, oznaczając przez dp przyrost wagi pocisku:

$$\frac{dV}{V} = -\frac{1}{3}\frac{dp}{p} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (s')$$

$$\frac{dP}{P} = \frac{7}{12}\cdot\frac{dp}{p} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (t')$$

Znak (—) we wzorze *(s')* wskazuje, że ze zwiększeniem wagi szybkość wylotowa zmniejsza się i odwrotnie. Z tych wzorów wynika, że jeśli wagę pocisku zwiększyć np. o 10% $\left(\frac{dp}{p} = \frac{1}{10}\right)$, szybkość wylotowa zmniejsza się o $^1/_3 \cdot 10\% = 3{,}3\%$ (wzór *s'*) i największe ciśnienie w dziale zwiększy się o $^7/_{12} \cdot 10\% = 5{,}8\%$ (wzór *t'*).

Dla określenia szybkości wylotowej V_1 i największego ciśnienia P_1 w dziale, przy strzelaniu takim samym ładunkiem, lecz pociskiem zmienionej wagi p_1, znając szybkość wylotową V i ciśnienie P, przy normalnej wadze pocisku p, otrzymujemy z wzoru *(s)* i *(t)*:

$$V_1 = V \cdot \left(\frac{p}{p_1}\right)^{1/3} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (u)$$

$$P_1 = P \cdot \left(\frac{p_1}{p}\right)^{7/12} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (v)$$

Przykład: Określić szybkość wylotową V_1 i największe ciśnienie P_1 przy strzelaniu ładunkami normalnemi z działa 320 m/m. pociskiem 500 klg., zamiast pocisku 358 klg., przy którym szybkość wylotowa 520 m/sek. i ciśnienie 2,255 klg.?

Z wzorów *(u)* i *(v)* otrzymujemy:

$$V_1 = 520 \left(\frac{358}{500}\right)^{1/3} = 466 \text{ m/sek.}$$

$$P_1 = 2255 \left(\frac{500}{358}\right)^{7/12} = 2704 \text{ klg.}$$

5) *Określenie szybkości wylotowej i wagi pocisku przy strzelaniu pociskiem zwiększonej wagi pod warunkiem, by największe ciśnienie w dziale pozostało bez zmiany.*

Oznaczając przez P ogólne ciśnienie, przez V i w szybkość wylotową i wagę ładunku przy normalnej wadze p pocisku, a przez V_1 i w_1 te same wielkości przy zwiększonej wadze p_1 pocisku, otrzymamy z wzoru *(a)*:

$$V_1 = \frac{A}{d^{2/3} l^{1/2}} \cdot \frac{w_1^{3/4}}{p_1^{1/3}} \quad \text{i} \quad V = \frac{A}{d^{2/3} l^{1/2}} \cdot \frac{w^{3/4}}{p^{1/3}}$$

skąd:

$$\frac{V_1}{V} = \left(\frac{w_1}{w}\right)^{3/4} \cdot \left(\frac{p}{p_1}\right)^{1/3} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (x)$$

lecz z wzoru *(b)* z powodu warunku równości ciśnień w przewodzie lufy otrzymujemy:

$$P = \frac{B}{d^{8/3} l^{4/3}} \cdot w_1^{25/12} \cdot p_1^{7/12} = \frac{B}{d^{1/3} l^{4/3}} \cdot w^{25/12} \cdot p^{7/12},$$

czyli:

$$\left(\frac{w_1}{w}\right)^{25/12} = \left(\frac{p}{p_1}\right)^{7/12}$$

$$\left(\frac{w_1}{w}\right)^{25} = \left(\frac{p}{p_1}\right)^{7}$$

$$\frac{w_1}{w} = \left(\frac{p}{p_1}\right)^{7/25},$$

$$\left(\frac{w_1}{w}\right)^{3/4} = \left(\frac{p}{p_1}\right)^{7/25 \cdot 3/4} = \left(\frac{p}{p_1}\right)^{0{,}21}$$

Podstawiając ostatnie wyrażenie do wzoru *(x)* otrzymujemy:

$$\frac{V_1}{V_1} = \left(\frac{p}{p_1}\right)^{0{,}21} \cdot \left(\frac{p}{p_1}\right)^{1/3} = \left(\frac{p}{p_1}\right)^{163/300}$$

czyli:

$$V_1 = V \cdot \left(\frac{p}{p_1}\right)^{163/300} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (y)$$

z wyrażenia $\frac{w_1}{w} = \left(\frac{p}{p_1}\right)^{7/25}$ mamy:

$$w_1 = w \cdot \left(\frac{p}{p_1}\right)^{7/25} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (z)$$

Przykład: Jaką szybkość wylotową możemy otrzymać przy strzelaniu z działa 274 m/m. pociskiem, którego waga $p_1 = 260$ klg. i jaką należy wziąć wagę ładunku w_1. Wagi przyjętego pocisku i ładunku, $p = 216$ klg. i $w = 82$ klg. i szybkość wylotowa 835 m/sek.

Z wzorów *(y)* i *(z)* otrzymujemy.

$$V_1 = 835 \left(\frac{216}{260}\right)^{163/300} = 755 \text{ m/sek.}$$

$$w_1 = 82 \left(\frac{216}{260}\right)^{7/25} = 77{,}8 \text{ klg.}$$

ROZDZIAŁ VII.

Przechowanie prochu.

145. Ładunki. *) Ładunek prochu umieszcza się albo w powłoce metalowej — łusce, lub też w powłoce z materji — w worku z amiantyny (amiantyna — materja przygotowywana z wyczesów jedwabnych, niepozostawiająca tlących się resztek po spaleniu się prochu).

Ładunek prochu składa się z taśm lub rurek, związanych razem w pęczki sznurkiem specjalnie przygotowanym z amiantyny.

Dla haubic i moździerzy, których ładunek składa się z kilku części, każda z nich jest zawarta w osobnym woreczku, (czasami proch bywa wprost nasypany do woreczka, zwłaszcza jeśli jest drobny). Na podstawie doświadczeń dla każdego rodzaju działa jest dobrany jak najdogodniejszy wymiar taśm prochowych, a również waga ładunku.

Działa wielkiego kalibru, z ładunkiem stałym, posiadają zwykle ładunek złożony z kilku pęczków prochu, umieszczonych w jednym lub dwóch workach; działa zaś średniego i mniejszego kalibru mają ładunki, składające się z jednego pęczka.

Działa z ładunkiem zmiennym mają proch w małych woreczkach umieszczony w jednym wspólnym worku.

Na workach i łuskach jest oznaczona marka prochu, numer ładunku, czasami waga, szybkość wylotowa i rodzaj działa, dla którego ten ładunek jest przeznaczony, jak również i inne znaki, oznaczające datę przygotowania ładunku, fabrykę prochu i t. p.

Ładunki prochu bezdymnego z jednego lub kilku pęczków związanych sznurkiem z amiantyny umieszczają w worku jeden za drugim; ilość pęczków zależy od długości ładunku. Do ostatniego pęczka przywiązują rozpalacz z dymnego prochu (czasami rozpalacz ten zaszywa się w dno worka). Cały ten szereg pęczków umieszcza się w worku z amiantyny lub w łusce, zależnie od rodzaju działa.

---

*) Szczegółowy opis worków i łusek będzie umieszczony w II-e części Nauki artylerji.

Ogólnie wymaga się, by długość ładunku równała się długości komory prochowej, a średnica taka, by zabezpieczała zapalenie rozpalacza, który jest w środku tylnego pęczka, t. j. rozpalacz powinien być naprzeciw spłonki lub zapału. W tym celu tylny pęczek czasami robią o większej średnicy niż pozostałe.

Czasami dla otrzymania należytej długości ładunku jest się zmuszonym składać niektóre pęczki z połowy lub 3-ej części taśmy, jeśli zaś zachodzi potrzeba długość ładunku nieco zwiększyć, układa się wówczas prochowe taśmy na krzyż przed pierwszym pęczkiem.

Ładunki workowe dział, które mają duże komory prochowe, dzielą się dla dogodności ładowania na dwa pół ładunki, z których każdy posiada rozpalacz.

Proch taśmowy kraje się tak, by było dogodnie układać ładunki odpowiedniego kalibru z całych pęczków, proch zaś rurkowy krają na długość całego ładunku lub pół-ładunku (podczas ubiegłej wojny z braku prochu odpowiedniego używano prochu rurkowego, drobnego krajanego, przeznaczony dla innych kalibrów). Jako rozpalacz do ładunków używany jest proch dymny pryzmatyczny mało ścisły; ilość pryzmatów prochu w rozpalaczu zależy od wielkości ładunku i waha się od 1 — 30 pryzmatów.

Rozpalacz umieszcza się albo w specjalnym woreczku, przyszytym do dna wspólnego worka, lub też przywiązuje się do ostatniego pęczka i izoluje od bezdymnego prochu przez pokrycie pryzmatów lakierem. Ostrożność ta jest potrzebna celem uniknięcia rozkładającego wpływu prochu dymnego na bezdymny.

Dla zabezpieczenia rozpalacza od kruszenia się umieszcza się go w zagłębieniu ostatniego pęczka, które powstaje przez umieszczenie w środkowej części krótszych taśm lub rurek.

146. Przechowanie prochu i ładunków. Proch i ładunki przechowuje się w skrzyniach cynowych, w specjalnie wybudowanych na ten cel gmachach — prochowniach. W polu, ładunki w skrzyniach, przechowują się w specjalnie urządzonych schronach.

Amunicja z ładunkami w łódkach przechowuje się również w skrzyniach, lecz drewnianych.

Skrzynie do przechowania prochu są najróżnorodniejszych wzorów, wszystkie jednak mają wieka zamykane hermetycznie przy pomocy śrub i podkładów gumowych. Na każdej skrzyni piszą znaki, oznaczające gatunek i rodzaj prochu i dane charakteryzujące proch zawarty w skrzyni.

W prochowniach, skrzynie z prochem ustawia się w stosy, wysokości do 1,5 m., tak, aby można było przechodzić między stosami i aby powietrze miało swobodny dostęp.

Prochownie i magazyny prochu są to specjalnie budowane gmachy na powierzchni ziemi, lub też zagłębione; powinny się znajdować w oddaleniu od miejsc zamieszkałych i być otoczone wysokim wałem ziemnym.

Proch umieszcza się w prochowniach, zabezpieczających go od wilgoci, od nadzwyczaj szybkiego podniesienia się temperatury (ponad 35°), jak również dla stałego przypływu powietrza czystego i odpływu wydzielających się gazów (przeważnie eteru).

Prochownie powinny być oświetlone elektrycznością, (przewodniki powinny być umieszczone nazewnątrz prochowni). Jeśli oświetlenie elektrycznością nie jest możliwe, prochownie oświetlają przy pomocy specjalnych latarń umieszonych w razie potrzeby w zagłębieniach zakrytych grubem szkłem. Lampy wstawia się do tych zagłębień z zewnątrz.

Wejście wewnątrz prochowni z latarniami jest bezwzględnie wzbronione.

Jeśli prochownia jest całkowicie zagłębiona w ziemi i oświetlić ją można jedynie zapomocą latarń, używa się wówczas latarń specjalnych, z któremi jednakowoż do prochowni wejść nie wolno; oświetla się prochownię tylko od wejścia.

Wogóle, przy przechowaniu wszelkich materjałów wybuchowych powinna być zachowana jaknajwiększa ostrożność, zarówno wewnątrz, tak i nazewnątrz (wstrzymanie ruchu w pobliżu prochowni, zakaz polowania, ćwiczeń i t. p.

147. Konserwacja prochu. Konserwacja prochu polega na:

1) zabezpieczeniu prochu od zapalania się,
2) na zabezpieczeniu prochu od wilgoci.

Przy wejściu do prochowni, pracownicy są obowiązani zdjąć obuwie i włożyć miękkie sandały, których zapas powinien być zawsze w przedsionku prochowni. Zabrania się również wchodzić do prochowni z bronią, zapałkami, zapalniczkami, laskami i wogóle z przedmiotami, które mogą zapalić proch, lub przez uderzenie wywołać niebezpieczną iskrę.

Przez częste odwiedzanie prochowni, bada się, czy nie zakradła się do niej wilgoć. W tym celu starannie utrzymuje się ściany i półki. Podwórze asfaltowane lub brukowane utrzymywać należy

w największej czystości, starannie usuwając wszelkie trawy, które mogą wywołać wilgoć w prochowni.

Nadzwyczaj ważne jest częste sprawdzanie stanu śrub wieka skrzyń i samego wieka, zwłaszcza jego gumowych podkładów.

Specjalne wentylatory powinny dostarczać stale świeżego powietrza i usuwać powietrze przesycone parami rozczynników prochu. Dopływ powietrza powinien być stale regulowany, zależnie od stanu pogody; wentylatory mogą działać tylko wówczas, gdy powietrze jest suche i niezbyt gorące.

148. Roczne badanie prochu. Stan prochu i jego konserwacja ujawnia się przy corocznem badaniu. Badanie polega na sprawdzeniu:

1) trwałości prochu — w tym celu poddaje się go stopniowemu nagrzewaniu do 100°; jeśli proch przy tem nie da oznak rozkładu, t. j. po 12-to godzinnem nagrzewaniu nie zabarwi niebieskiego papierka lakmusowego na kolor czerwony, proch taki uważa się za dobry. Jeśli proch zacznie zabarwiać papierek przed 12-tu godzinami, wówczas, zależnie od stopnia zabarwienia (stopień zabarwienia jest wskazany w instrukcji) proch ten uważa się za podejrzany co do rozkładu.

Proch taki powinien być usunięty z prochowni i poddany gruntownym badaniom w laboratorjach.

2) wilgotności prochu;

3) hygroskopijności prochu.

Zniszczenie prochu podejrzanego co do rozkładu, odbywa się w miejscach oddalonych od mieszkań. Proch spalają na otwartem powietrzu, rozkładając go pasami i zapalając z jednego tylko końca.

DZIAŁ VII.

Gazy.

ROZDZIAŁ I *).

Gazy bojowe. Ich własności fizyczne, chemiczne i fizjologiczne.

149. Pojęcie o gazach bojowych. Ogólne miano „gazu“ nadajemy obecnie całemu szeregowi ciał, używanych w t. zw. walce gazowej, wspólnie z substancjami dymotwórczemi, zapalającemi i drażniącemi.

Własności tych „gazów“ oraz oddziaływanie ich na organizm są nader różnorodne.

„Gazy bojowe“ są to nietylko gazy rzeczywiste, t. j. ciała lotne w normalnych warunkach, lecz również i ciała ciekłe, a nawet stałe.

W chwili zastosowania, ciała ciekłe i stałe zostają zamienione w *„gazy specjalne“* t. j. mieszaninę pary i drobnych kropelek (mgły) poszczególnych cieczy, względnie w zawiesiny (dymy) drobnych cząsteczek ciał stałych.

„Gazy bojowe“ różnią się od wszelkich innych materjałów bojowych tem, że dzięki swym własnościom powodują one głębokie zaburzenia w organizmach żywych. Cały szereg jednak gazów oddziaływa również na ciała martwe, niszcząc np. ubranie, broń i amunicję, wszystkie zaś one czynią niezdatnemi do użytku zapasy żywności, bądź to nasycając je, bądź też osiadając na nich.

---

*) Przez Profesora Zygmunta Wojnicz-Sianożęckiego.

Autorowie składają Panu Profesorowi Wojnicz-Sianożęckiemu serdeczne podziękowanie za łaskawe umieszczenie swojego opracowania w Nauce artylerji.

Zatrutą tym sposobem żywność nie zawsze udaje się uwolnić od trucizny.

Zastosowanie gazów bojowych do walki prężnej wprowadziło do niej szereg daleko idących zmian, których istota nie może być racjonalnie wyłożona bez gruntownej znajomości własności fizycznych, chemicznych i fizjologicznych gazów.

150. Własności fizyczne gazów. Gazy podlegają prawom: 1) Boyle-Mariotte'a, 2) Gay-Lussac'a i 3) Avogadro-Gerhardt'a.

1) Prawo Boyle'a i Mariotte'a orzeka, że iloczyn ciśnienia, pod którem znajduje się dana masa gazu, przez objętość, przez nią zajmowaną, jest wielkością stałą dla danej temperatury. Oznaczając więc poszczególne wartości ciśnień, pod któremi znajdował się gaz, literami: p_0, p_1, p_2, ... i t. d., zaś odnośne wartości objętości literami: v_0, v_1, v_2 . . . . . i t. d., możemy powyższe prawo ująć w równanie:

(a') $\quad p_0 v_0 = p_1 v_1 = p_2 v_2 = p_3 v_3 \ldots\ldots = \text{constans}$, o ile temperatura (t) jest stała.

2) Prawo Gay-Lussac'a orzeka, że objętość danej masy gazu, znajdującego się pod stałem ciśnieniem, zwiększa się o 1/273 część swej pierwotnej wartości, o ile temperatura gazu wzrośnie o 1° C. Wobec tego, o ile oznaczymy pierwotną objętość danej masy gazu przez v_0, a odpowiednią temperaturę przez t_0, zaś ostateczne ich wartości przez v i t, to możemy napisać:

(b') $\quad v = v_0 + {}^1/_{273}\, v_0 (t - t_0) = v_0 \left(1 + \frac{t - t_0}{273}\right)$

Z równań (a') i (b') możemy otrzymać jedno równanie, postępując jak następuje.

Początkowy stan gazu niechaj cechują następujące wartości ciśnienia, objętości i temperatury:

$$p_0,\ v_0 \text{ i } t_0,$$

zaś końcowy: $\quad p,\ v \text{ i } t.$

Wyobraźmy sobie pewien stan przejściowy gazu o datach:

$$p_0,\ v_1 \text{ i } t.$$

Przeprowadźmy gaz ze stanu początkowego do końcowego przez wspomniany stan przejściowy, wtedy pierwsza zmiana stanu gazu (od p_0, v_0, t_0 do p_0, v_1, t) podlega prawu Gay Lussac'a, zaś druga zmiana (od p_0, v_1, t do p, v, t) prawu Boyle'a-Mariott'a.

Dla pierwszej zmiany mamy:

$$v_1 = v_0 \left(1 + \frac{t_1 - t_0}{273}\right) \ldots\ldots\ldots (a)$$

dla drugiej zaś: $p \cdot v = p_0 \cdot v_1 \ldots\ldots\ldots (b)$

Kładąc we wzorze (*b*) wartość z równania (*a*) otrzymujemy:

$$p \cdot v = p_0 \, v_0 \left(1 + \frac{t_1 - t_0}{273}\right) \ldots\ldots (c)$$

Wzór (*c*) można uogólnić i uprościć, wprowadzając pewną wspólną dla wszystkich gazów miarę ich masy. W tym celu za jednostkę miary masy dowolnego gazu przyjmuje się masę jego „*molu*". Molem zaś gazu nazywamy taką jego masę, która w warunkach normalnych (t. j. w temperaturze 0° C i pod ciśnieniem 1 atmosfery $\left(= 1{,}033 \frac{\text{klg.}}{\text{cm.}^2}\right)$ zajmuje objętość równą 22,415 litr.

Kładąc tedy $p_0 = 1$ atm., zaś $v_0 = 22{,}415$ litr., otrzymujemy z równania (*c*):

$$pv = p_0 v_0 \left(1 + \frac{t_1 - t_0}{273}\right) = \frac{22{,}415 \times 1}{273} (273 + t) = 0{,}0821 \, (273 + t)$$

Liczbę 0,0821 litroatmosfer oznaczamy literą R, zaś $273 + t$ literą T.

Temperatura $T = 273 + t$ nosi nazwę temperatury bezwzględnej.

Wzór (*c*) zatem przyjmie kształt:

$$p \cdot v = R \cdot T \ldots\ldots\ldots (d)$$

O ile rozpatrywana ilość gazu zawiera nie jeden mol, a n moli, to równanie (*d*) przechodzi w:

$$p \cdot v = n \cdot R \cdot T \ldots\ldots\ldots (e)$$

Równaniami (*d*) i (*e*) możemy się posługiwać dowolnie dla każdego gazu, o ile wiadomem będzie, ile waży jeden mol każdego z nich.

O zależności wielkości molu od natury chemicznej gazu mówi nam prawo Avogadro-Gerhardta.

3) Prawo Avogadro-Gerhardta orzeka, że jednakowe objętości dowolnych gazów, w jednakowej temperaturze i pod jednakowem ciśnieniem, zawierają jedną i tę samą ilość cząsteczek.

Ponieważ mol gazu, niezależnie od rodzaju gazu, zajmuje w temperaturze 0° C i pod ciśnieniem $p_0 = 1$ atm. zawsze jedną

i tę samą objętość, przeto mol każdego gazu, niezależnie od jego składu chemicznego, zawiera zawsze jedną i tę samą ilość cząsteczek.

Według ostatnich oznaczeń liczba cząsteczek w molu wynosi $N_0 = 6{,}08 . 10^{23}$, t. j. 608 sekstyljonów.

W chemji, za jednostkę masy atomów przyjmuje się masę atomu wodoru, której się nadaje znak H (skrócone Hydrogenium).

Cząsteczka wodoru zawiera 2 atomy, wobec czego oznacza się ją symbolem H_2. Mol wodoru waży 2 gramy, wobec czego waga atomu wodoru wynosi:

$$\frac{2}{2N} \text{ gr.} = \frac{1}{6{,}08 . 10^{23}} = 1{,}64 . 10^{-24} \text{ gr.}$$

Ciężar ten nosi nazwę *mikrokrytu*.

Łatwo jest dowieść, że mol każdego gazu waży tyleż gramów, ile mikrokrytów waży jego cząsteczka. Rzeczywiście, niechaj cząsteczka jakiegokolwiek gazu waży m mikrokrytów, wtedy mol jego będzie ich ważył $N_0 . m$. Wyniesie to w gramach:

$$\frac{1}{6{,}08 . 10^{23}} . N_0 . m = m \text{ gramów.}$$

Wobec powyższego mol nosi również nazwę gram-cząsteczki.

Wzory chemiczne uwidoczniają ilość i jakość atomów, wchodzących w skład cząsteczki rozpatrywanego ciała; ciężary atomów, wyrażone w mikrokrytach, znajdujemy zestawione w odpowiednich tablicach w każdym podręczniku chemji. Możemy więc łatwo obliczyć ciężar (masę) molu dowolnego gazu bojowego, o ile wiadomym jest jego wzór chemiczny.

Wzór chemiczny fosgenu np. jest $COCl_2$; z tablic widzimy, że $C = 12$, $O = 16$, $Cl = 35{,}5$, skąd otrzymujemy, iż 1 mol fosgenu waży:

$$12 + 16 + 2 \times 35{,}5 = 99 \text{ gr.}$$

Powietrze składa się z 77% azotu (N_2) i 23% tlenu (O_2) i ponieważ $N = 14$, przeto efektywny ciężar molu powietrza będzie $28 . 0{,}77 + 32 . 0{,}23 = 28{,}93$ gr. Widzimy zatem, że fosgen jest prawie 3,5 raza cięższy od powietrza.

151. Dyfuzja gazów. Cząsteczki gazu znajdują się w stanie ciągłego i zupełnie chaotycznego ruchu. Gdy się jednak ruch ten ujmie za pomocą rachunku statystycznego, to dochodzi się do następujących wniosków:

1) ruch cząsteczek gazowych odbywa się we wszystkich kierunkach bez żadnych różnic pod tym względem;

2) jakkolwiek istotne prędkości, z jakiemi poruszają się cząsteczki, *zmieniają się bezustannie*, to jednak przeciętna statystyczna ich wartość s_0 pozostaje niezmienną w razie niezmiennej temperatury;

3) jeżeli w pewnej określonej temperaturze t, w danej objętości v znajduje się kilka rodzajów cząsteczek gazów o masach m_1, m_2, m_3.... i t. d., to każdej poszczególnej masie m_i odpowiadać będzie pewna niezmienna przeciętna prędkość statystyczna s'_0. Prędkość ta będzie tem mniejszą, im większą jest masa m_i tak że w rezultacie przeciętne statystyczne energje kinetyczne wszystkich bez wyjątku cząsteczek pozostają jednakowemi t. j.

$$\frac{m_1 s'_0{}^2}{2} = \frac{m_2 s''_0{}^2}{2} = \frac{m_3 s_0'''{}^2}{2} = \ldots\ldots = \frac{m_i s_0{}^{i2}}{2}$$

4) energja kinetyczna każdej cząsteczki gazowej jest ściśle proporcjonalna do temperatury bezwzględnej, skutkiem czego, jeżeli oznaczymy współczynnik proporcjonalności przez K, to okaże się, że K dla wszystkich bez wyjątku cząsteczek posiada jedną i tę samą wartość, zatem: $\frac{m_i s_0{}^{i2}}{2} = K.T.$, gdzie K jest stałą uniwersalną.

Na mocy tych założeń nie trudno jest uzasadnić konieczność istnienia specjalnego, nieodwracalnego zjawiska, zwanego zjawiskiem *dyfuzji* i wykryć prawa niem rządzące.

Jeżeli dwa jakiekolwiek naczynia, zawierające dwa różne gazy, zostaną połączone zapomocą dowolnego kanału, to natychmiast rozpocznie się proces samorzutnego wzajemnego przenikania się obu gazów. Proces ten polega na tem, że cząsteczki, wędrując bezładnie we wszystkich kierunkach, będą dopóty nagromadzać się w każdej dostępnej im objętości, dopóki stężenie ich (t. j. ilość ich zawarta w jednym cm^3) nie stanie się we wszystkich miejscach dla danego gazu dostępnych jednakowem. Z chwilą, gdy to nastąpi, dalsza bezładna wędrówka cząsteczek będzie zrównoważona statystycznie, skutkiem czego z każdego cm^3 przestrzeni co sekunda będzie uciekać tyleż cząsteczek danego rodzaju, ile przybywać, a w rezultacie ilość ich, tam się znajdująca, przez nieograniczony czas będzie stale jedną i tą samą.

Ponieważ szybkość dyfuzji zależy przedewszystkiem od statystycznej przeciętnej prędkości ruchu molekularnego, przeto łatwo

dostrzec, że: 1) szybkość dyfuzji każdego gazu będzie wzrastać wraz z temperaturą bezwzględną w stosunku wprost proporcjonalnym do pierwiastku kwadratowego z tej temperatury. A więc dajmy na to, że pewien gaz dyfunduje raz przy temperaturze T_1, drugi raz przy temperaturze T_2. Możemy napisać:

$\frac{m\, s'_0{}^2}{2} = K.\, T_1$; $\frac{m\, s''_0{}^2}{2} = K.\, T_2$; wobec czego $\frac{s'_0{}^2}{s''_0{}^2} = \frac{T_1}{T_2}$

skąd prędkości dyfuzji (proporcjonalne do s'_0 i s''_0) w_1 i w_2 będą w stosunku:

$$\frac{w_1}{w_2} = \sqrt{\frac{T_1}{T_2}}$$

2) w jednej i tej samej temperaturze bezwzględnej gaz dyfunduje tem powolniej, iż większą jest jego masa cząsteczkowa. Mamy $\frac{m_1\, s'_0{}^2}{2} = \frac{m_2\, s''_0{}^2}{2}$ skąd $\frac{s'_0{}^2}{s''_0{}^2}$ czyli, że stosunek prędkości dyfuzji tych gazów w_1 i w_2 będzie: $\frac{w_1}{w_2} = \sqrt{\frac{m_2}{m_1}}$: (A więc np. ponieważ fosgen jest prawie 4 razy cięższy od kwasu pruskiego, przeto dyfuzja jego odbywa się prawie 2 razy powolniej niż dyfuzja tego ostatniego). Proces dyfuzji odbywa się, naogół biorąc, dość powolnie, jednakże wszelkie ruchy, ułatwiające mechaniczne przemieszanie się gazów (konwekcję) mogą tylko przyspieszyć przebieg dyfuzji, nigdy natomiast nie są w stanie się zatrzymać. Wobec tego wiatr oraz wszelkie wiry powietrzne towarzyszące mu, mogą znakomicie przyspieszyć proces dyfuzji gazów bojowych, skąd wynika, że gazy te rozpraszają się w powietrzu bezwzględnie przy wszelkich warunkach, że jednak dostateczne stężenie ich da się utrzymać najdłużej tylko przy absolutnie bezwietrznej pogodzie.

Z tego wynika, że proces dyfuzji stanowi jedną z nieprzezwyciężonych przeszkód do wykonania długotrwałych ataków gazowych. Dyfuzja również stanowi zjawisko, gwarantujące możliwość pochłonienia gazów bojowych w respiratorach masek. Rzeczywiście, w każdym respiratorze muszą istnieć kanały pewnej określonej i nawet dość znacznej zresztą średnicy, żeby przezeń można było oddychać. Iż węższemi są te kanały, tem większy opór okazuje respirator, tembardziej zatem utrudnia on oddychanie. Powietrze, zatrute gazem bojowym, dążąc takiemi kanałami do płuc, traci zawarty w niem gaz bojowy, który osiada na powierzchni materjałów, wypełniających respirator. Łatwo zrozumieć, że tego

rodzaju oczyszczenie powietrza odbywa się wyłącznie na powierzchni ścian kanałów, przecinających respirator, środkowa zaś struga powietrza, która do ścian tych nie dotyka, oczyścić się w ten sposób by nie mogła, gdyby nie zjawisko dyfuzji. Z chwilą mianowicie, gdy powierzchniowe warstwy tej lub innej strugi powietrza, przepływającej przez respirator, utracą zawarty w nich gaz bojowy, natychmiast rozpoczyna się dyfuzja tego gazu ze strugi centralnej ku ścianom kanału, skutkiem czego, zanim struga ta zdąży przejść przez respirator, wszystek zawarty w niej gaz bojowy zdąży dostać się na powierzchnię zewnętrzną strugi i tam osiąść na materjale chłonnym, tworzącym te ściany.

Ze względu na to, że prędkość dyfuzji jest tem mniejszą, im cięższą jest cząsteczka gazu dyfundującego, gazy bojowe ciężkie, naogół biorąc, trudniej bywają pochłaniane w respiratorach niż gazy lekkie; ponieważ jednak prędkość dyfuzji spada w stosunku prostym nie do 1-szej potęgi masy molekularnej, lecz tylko do pierwiastka kwadratowego z niej, przeto ciężar molekularny gazów bojowych w niezbyt znacznym stopniu wpływa na przebieg ich pochłonienia. Lecz pomimo gazów w ścisłem znaczeniu tego słowa, technika walki gazowej stosuje również wszelkiego rodzaju zawiesiny w powietrzu (dymy, tumany) jadowitego kurzu, obłoki, mgły i t. p. Tego rodzaju materjały bojowe składają się z pyłków lub kropelek tryljony razy większych, niż cząsteczki gazów, skutkiem czego dyfuzja ich jest miljony razy powolniejszą, niż dyfuzja gazów w ścisłem znaczeniu tego słowa. Dzięki tak nadzwyczajnie powolnej dyfuzji, zawiesiny przenikają respiratory zwyczajnego typu prawie nie zatrzymywane i co zatem idzie nie można tą drogą zapobiec wtargnięciu ich do płuc żołnierza. Jedynie filty mechaniczne pod postacią warstw waty, papieru sączkowego i t. p. są w stanie zatrzymywać gazy tego rodzaju. Prócz tego zawiesiny w porównaniu z gazami zwyczajnemi nietylko że nie boją się wiatru, który te ostatnie nadzwyczaj prędko rozprasza, lecz przeciwnie tylko przy spółdziałaniu wiatru mogą być w dostatecznie krótkim czasie rozpylone na wystarczająco wielką przestrzeń, w razie zaś bezwietrznej pogody osiadają one bardzo prędko na ziemi.

152. Parowanie i kondensacja cieczy i ciał stałych. Zjawiskiem, pod pewnym względem, zupełnie podobnym do dyfuzji, jest parowanie cieczy i ciał stałych. Parują te ciała z tego samego powodu, z którego dyfundują gazy: cząsteczki płynów, wędrując

w różnych kierunkach bez wyjątku, mogą między innemi podążać i w kierunku z głębi płynu nazewnątrz. Część ich pozostaje w tym kierunku powstrzymana przez siły napięcia powierzchniowego, działające na granicy pomiędzy płynem i otaczającem go środowiskiem, lecz molekule poruszające się z największą prędkością przewyższają opór sił napięcia powierzchniowego, wydostają się z cieczy nazewnątrz, wytwarzając parę. Łatwo jest zrozumieć, że spółrzędnie z parowaniem odbywa się również stale i skraplanie pary w ciecz, i że równowaga między obu temi zjawiskami nastaje z chwilą, gdy w każdej jednostce czasu naprzykład w 1 sek. tyleż cząsteczek cieczy paruje, ile cząsteczek pary się skrapla. W takiej chwili prężność pary, znajdującej się nad cieczą dosięga maximum i para ta staje się, jak przyjęto mówić, nasyconą. Prężność pary nasyconej zależy tylko od temperatury, i gdy temperatura ta zostanie dostatecznie podniesioną, prężność pary nasyconej może stać się większą niż ucisk zewnętrzny na ciecz przez środowisko wywierany. Wtedy łatwo jest zrozumieć, że płyn będzie mógł parować nietylko z samej powierzchni swej, lecz również i z głębi. Pęcherze pary wewnątrz płynu wytwarzające się, będąc znacznie (mniej więcej 100 — 1000 razy) lżejsze niż sam płyn, zaczną wobec tego natychmiast wznosić się w górę, skutkiem czego nastąpi ożywiony ruch licznych pęcherzy z głębi płynu ku górze i płyn zacznie, jak to mówią, wrzeć. Zatem temperaturą wrzenia cieczy jest to taka temperatura, przy której prężność jej pary nasyconej staje się równą lub cokolwiek wyższą niż ciśnienie środowiska, pod którem płyn się znajduje.

Wśród ciał bojowych napotykamy zarówno takie, których temperatura wrzenia jest bardzo niską, od temperatur niżej zera do jakich 100° C, jak i takie, dla których ona jest nader wysoką, od 200 do 400° C poniżej zera, skutkiem tego pierwsze parują prędko, przechodząc zaś w stan gazowy, również prędko rozpraszają się drogą dalszej dyfuzji, nie mogą więc nadawać się do wykonania długotrwałych napadów gazowych; drugie zaś parują pomału, i mając prężność pary nasyconej znikomo małą, nie mogą zbyt prędko się rozpraszać drogą dyfuzji, skutkiem czego napad gazowy tego rodzaju cieczami wykonany, może trwać nie rzadko 7—8 dni, aż do kilku tygodni włącznie. Taka długotrwałość raz uczynionego napadu stanowi swego rodzaju nowość w technice wojskowej i wprowadza zupełnie nowe momenty taktyczne, które wpływają zasadniczo na przebieg akcji bojowej i dlatego muszą być najuważniej brane w rachubę przy układaniu planów bojowych na przyszłość.

153. Charakterystyka gazów bojowych i ich podział. Zaburzenia, które gazy bojowe wywołują w naszym organizmie, mogą być podzielone na 4 kategorje: *uduszenie*, *zatrucie*, *podrażnienie* i *oparzenie*,

Objawy uduszenia pod wpływem wielu gazów bojowych są następujące: przedewszystkiem powstaje gwałtowny kaszel, wynikający z podrażnienia odgałęzień nerwu błędnego, który ruchem oddechowym zarządza. Kaszel jest nadzwyczaj trudny do powstrzymania, a że powoduje on głębokie wetchnienia, przeto doprowadza powietrze z gazem duszącym do coraz głębszych i subtelniejszych rozgałęzień nerwu, drażniąc go tem coraz gwałtowniej. Ciągłe podrażnienie nerwu zazwyczaj narazie pobudza go do gwałtownie wzrastającego refleksu, lecz w najwyższym punkcie owego podrażnienia nerw zostaje czasowo sparaliżowany. Gdy taki paraliż dotknie nerw błędny, wtedy oddech naraz ustaje, jednocześnie przerywa się dostęp zatrutego powietrza do płuc, podrażnienie nerwu stopniowo ustaje i w końcu nerw wychodzi ze stanu paraliżu i zaczyna pracować. Rzecz prosta, że wraz z tą pracą podrażnienie nerwu zaczyna się nanowo i że po krótkim i gwałtownym kaszlu zjawia się ponowny paraliż oddechu i tak organizm stopniowo podąża ku śmierci od uduszenia. Jednocześnie rozwija się cały szereg innych objawów wtórnych, jak odma płuc, zagęszczanie krwi w naczyniach krwionośnych, zatykanie tych naczyń przez tworzące się skrzepy, a za niemi gangrena, zjawiająca się najczęściej w najdalszych od serca częściach ciała: palcach nóg i rąk. Śmierć zjawia się zazwyczaj nieprędko, po godzinie i więcej, nawet po kilku dniach, jakkolwiek nieraz już po kilku minutach pobytu w tych gazach śmierć staje się już niechybną nawet w razie natychmiastowego podania pomocy lekarskiej. Do rzędu tego rodzaju gazów duszących należą: chlor, fosgen, chlorpikryna, palite, surpalite i cały szereg innych.

Gazy trujące są to ciała mogące chemicznie łączyć się z krwią. Przenikanie tych gazów do krwi może wywołać dwojaki skutek: Przedewszystkiem krew, nasycona temi gazami, nie jest w stanie pochłaniać z powietrza tlen, wskutek czego w organizmie rozwija się tak zwana anoxemja, czyli brak tlenu. Już samo przez się zjawisko to jest w stanie doprowadzić organizm do śmierci, gdy potrwa pewien czas, lecz na tem nie kończy się zazwyczaj zgubny wpływ gazów trujących. Gazy te bowiem, łącząc się z krwią, podążają z nią razem następnie do wszystkich bez wyjątku organów wewnętrznych naszego ciała i tam

dopiero mogą napotykać materjały, z któremi wchodzą one w głęboko sięgające przemiany chemiczne. Ciało nasze posługuje się nieraz organami niezwykle drobnych rozmiarów, wobec tego chemiczne skażenie tych narządów może być dokonane nawet całkiem minimalnemi ilościami materjału trującego. Organy te są dla życia najczęściej bezwarunkowo potrzebne i zatrzymanie ich funkcji nawet na parę minut może się stać przyczyną niechybnej śmierci. Leżąc głęboko w organizmie nieraz pod osłoną tak potężną, jak naprz. czerep czaszki lub kręgosłupa organa te nie mają specjalnych narządów, któreby mogły sygnalizować naszej świadomości ich częściowe uszkodzenie i ostrzegać przed grożącem niebezpieczeństwem, skutkiem czego porażenie ich występuje znienacka i wpierw, nim człowiek zdąży zrozumieć swój stan, traci on świadomość nagle i podąża ku szybkiej nieraz i nieuniknionej śmierci. Tą skrytością i nagłością działania gazy trujące zasadniczo się różnią od duszących. Do tej kategorji ciał należą: czad, kwas pruski, fosgen, siarczan dwumetylowy i wiele innych.

Trzecia grupa gazów drażniących obejmuje ciała, działające na oczy i powonienie. Ciała te, z chwilą gdy się dostaną do organizmu nawet w minimalnych ilościach, wywołują ciężki ból oczu, ciągłe ich łzawienie, podrażnienie błon śluzowych nosa, często nawet bolesne podrażnienie skóry koło nosa i oczu, szczególniej na miejscach, po których cieką łzy i śluz z nosa. Ból jest zazwyczaj nader dotkliwy i bardzo prędko pozbawia człowieka wszelkiej możności pozostawania na miejscu zarażonem, zmuszając go do szukania jakiegokolwiek ratunku. Prawdopodobnie dlatego ciała te rzadko mogą spowodować śmiertelne zatrucia, bowiem wpierw, nim się w organizmie nagromadzi dostateczna dla tego ilość, ludzie zmuszeni są do ucieczki, przerywając w ten sposób dalszy dostęp tego rodzaju ciałom. Inne ciała drażniące wywołują gwałtowne kichanie; ciała te również rzadko doprowadzają same przez się do śmiertelnych zatruć; bowiem kichanie, przez nie wywoływane, nie może być zbyt długo znoszone. Wspólną cechą wszystkich tych ciał jest ich nadzwyczaj mała skłonność do jakichkolwiekbądź przemian chemicznych. Cecha ta pociąga za sobą dwa ważne następstwa: 1) to, że ciała te, nie doznając w organizmie naszym żadnych przemian chemicznych, pozostają w niem nadzwyczajnie długo i dlatego z chwilą, gdy dopływ ich wraz z powietrzem do płuc osiąga nawet minimalne rozmiary (naprz. gdy w powietrzu jest ich jedna miljonowa część lub nawet jedna dwudziesto-miljonowa), ciała te

z biegiem czasu mogą się w organizmie nagromadzać, tak, że po pewnym czasie ilość ich w organizmie staje się zupełnie niemożliwą do zniesienia. 2) Drugim następstwem chemicznej bierności ciał drażniących jest to, że ciała te są bardzo trudne do pochłonienia w respiratorze, tembardziej zresztą, że pochłonienie to, o ile ma być skuteczne, nie powinno zezwalać na przesączanie się nawet stumiljonowych części tych ciał, a taka dokładność wszelkiego rodzaju procesów chemicznych i fizykochemicznych napotyka się chyba tylko całkiem wyjątkowo. Wobec tego ciała te prędzej niż wszelkie inne nasycają respiratory masek i zaczynają się przez nie przesączać. Z chwilą, gdy się to stanie i działanie tych gazów się rozpocznie, żołnierze są zmuszeni albo do ucieczki, albo, co gorsza, do zrywania masek. Z chwilą gdy żołnierz maskę zmuszony jest zrzucić, staje się on bezbronnym wobec gazów duszących i trujących, które zazwyczaj posyłane są wraz z ciałami drażniącemi, które im w tym celu właściwie odkrywają drogę. Do rzędu ciał drażniących należą liczne pochodne chlorowe, bromowe, jodowe i arsenowe. A więc naprzykład chlorek, względnie bromek i jodek benzylu, ksylilu i innych węglowodorów aromatycznych, chlorpikryna, bromocyanek benzylu, tak zwany kamit i mnóstwo innych są ciałami, wywołującemi łzy. Pochodne arsenowe, jak dwuetyleoarsin chlorowany lub chlorek dwufenyloarsinu, lub cyanek dwufenyloarsinu są to ciała wywołujące kichanie; ciałe te są stałe i dlatego używają się w postaci drobnego pyłu, t. j. w postaci gazów zawieszonych. Ciekawą jest rzeczą, że cyanek dwumetyloarsinu, t. zw. cyanek kakadylu wywołuje niemal natychmiastowy paraliż rąk i nóg, czem się różni od wyżej wymienionych swych analogonów. Produkt ten nie był jeszcze stosowany, ale własności jego są nader niebezpieczne, i dlatego możliwem się staje jego zastosowanie w przyszłości.

Ostatnią wreszcie grupę ciał bojowych stanowią tak zwane gazy oparzające lub żrące. Ciała te różnią się od wszystkich poprzednich tem, że dosięgają one organizm ludzki nie tylko przez drogi oddechowe i oczy, lecz również przez skórę, przesiąkając przez ubranie i nawet buty. Łatwo jest zrozumieć, że maska, chroniąca tylko oczy i przewód oddechowy, nie jest dostateczną obroną przeciwko gazom parzącym, że tylko ubrania, całkowicie okrywające ciało i dla ciał tych nieprzenikliwe mogłyby dać pewną rękojmię bezpieczeństwa. Jeszcze jedna okoliczność musi być w danym razie wzięta pod uwagę mianowicie, że działanie

Spis głównych gazów bojowych.

NAZWA	Wzór chemiczny	Temperatura wrzenia	Temperatura zestalenie	*d* w stanie płynnym	Rodzaj działania	Odporność na czynniki chemiczne
Chlor	Cl_2	— 33,7°	— 102°	1,47	gazy duszące	Ogromnie czynny chemicznie. Reaguje z wodą wytwarzając CO_2 i HCl.
Fosgen	$COCl_2$	+ 8,2°	—	1,492		
Chloropikryna	CCl_3NO_2	+ 112°	—	1,67		Bardzo mało czynny.
Czad (tlenek węgla)	CO	—	—	—	gazy trujące	Nie pochłaniają się w masce. Dość czynny chemicznie.
Kwas pruski	HCN	+ 26,5°	— 13,8°	0,697		
Bromoaceton	C_3H_5OBr	+ 136,5°	—	cięższy od wody.	gazy drażniące, pobudzające do łez.	Chemicznie mało czynne.
Bromek benzylu	$C_6H_5CH_2Br$	+198—199°	—	1,44		
Bromek ksylilu	$C_6H_4CH_3CH_2Br$	+ 217°	—	1,37—1,38		
Kamit	$C_6H_5CHBrCN$	— 270°	+ 43°	—		
Stemit	$(C_6H_5)_2AsCl$	+ 333°	+ 43°	—	gaz drażniący, pobudzający do kichania.	Rozkłada się stopniowo pod wpływem wody.
Yperyt	$C_4H_8Cl_2S$	+ 217°	+ 13°	—	gaz żrący	Bardzo odporny na działanie chemiczne, niszczy się $CaOCl_2$.

ciał oparzających nie daje się spostrzec odrazu i że symptomaty jego narazie są nieznaczne, potęgując się stopniowo z biegiem czasu. Zupełnie wyraźne uczucie bólu występuje dopiero po 1 godzinie, a czasem zaledwie po upływie 8—12 godzin. Przez tak długi czas, poprzedzający sygnał ostrzegawczy, człowiek zupełnie

bezwiednie roznosi ciała parzące z miejsca, do którego się one dostały po całem ciele, zwłaszcza na oczy, twarz i na organy płciowe, które są do oparzeń najbardziej podatne. Rozwijające się w dalszym ciągu zjawisko oparzenia trwa od 6-ciu tygodni do 2-ch miesięcy, przyczem w razie zatarcia oczu, następuje kilkutygodniowa utrata wzroku. Śmiertelność od zewnętrznych oparzeń jest jednak niewielką, około 1%, natomiast w razie, gdy ciała te dostaną się do płuc lub żołądka, działanie ich występuje w formach nadzwyczaj gwałtownych i najczęściej kończy się śmiercią. Do rzędu tych ciał należy tak zwany yperyt i nieliczne inne, zresztą mało używane środki.

154. Chemiczne podstawy obrony indywidualnej i zbiorowej. Obrona indywidualna żołnierzy zostaje osiągniętą drogą zastosowania maski z pochłaniaczem. Gazy bojowe można podzielić na dwie kategorje; jedne z nich, są to ciała łatwo rozkładające się pod wpływem czynników, stale działających w przyrodzie, jakiemi są woda, tlen, powietrze, bezwodnik kwasu węglowego i t. p., drugie—działaniu tych czynników przynajmniej w temperaturze zwykłej nie podlegają. Ponieważ w organizmie ludzkim działają te same czynniki, co i w przyrodzie martwej, a przedewszystkiem woda, przeto ciało to z całym zespołem swych środków chemicznych jest zdolne do przetwarzania automatycznego pewnej ilości gazów pierwszej kategorji, bez szczególniejszego dla siebie szwanku. Wobec tego gazy te, z chwilą, gdy stężenie ich w powietrzu pod wpływem dyfuzji i konwekcji obniży się dostatecznie, przestają się nagromadzać w organizmie, jako niszczone automatycznie w miarę dostępu przez płuca, a zatem pobyt w tak rozrzedzonej atmosferze tych gazów nawet przez nieograniczenie długi przeciąg czasu nie jest dla organizmu niebezpieczny. Natomiast gazy drugiej kategorji, jako bardziej odporne, nie zostają unieszkodliwione przez organizm ludzki i dlatego, nawet w razie bardzo małych stężeń nagromadzają się w nim z biegiem czasu i mogą doprowadzić organizm do katastrofy. Wyjątek do pewnego stopnia stanowi fosgen: ciało to, aczkolwiek łatwo ulega rozkładowi pod wpływem wody, reaguje nie mniej gwałtownie ze związkami organicznemi, zwłaszcza z białkami, stanowiącemi główną masę żywego ciała ludzkiego, w wyniku zaś fosgen podziaławszy, nawet w minimalnych ilościach na organizm, może się stać przyczyną śmierci, częstokroć nagle następującej nieraz po kilku dniach od chwili zatrucia.

Ciała chemicznie czynne mogą być pochłonięte w pochłaniaczu maski przez odpowiednio dobrane odczynniki chemiczne: sodę, wapno, nadmanganjan sodowy, urotropinę, sole niklowe i t. p. Resztę ciał, chemicznie nieczynnych, pochłania węgiel drzewny odpowiednio spreparowany: ciała te osiadają na powierzchni węgla i utrzymują sią na niej drogą tak zwanej absorbcji.

Jeden z najniebezpieczniejszych gazów, nader mało lotny yperyt może być zniszczony za pomocą wapna chlorowanego, (chloran wapna, który go utlenia i unieszkodliwia tą drogą).

Najważniejszym momentem obrony zbiorowej jest doraźne wykrycie zawczasu obecności gazów bojowych w powietrzu. Jakkolwiek istnieje niemało odczynników, które mogłyby być użyte do wykrywania poszczególnych gazów bojowych, to jednakże powonienie, a czasem oczy są stanowczo najwrażliwszym aparatem do tego celu. Wśród ludzi zdarzają się osobniki (i to względnie często) z tak ostrem powonieniem, że mogą oni wykryć obecność gazu bojowego w tak małych ilościach, w jakich żadne przyrządy chemiczne nie byłyby w stanie tego uczynić. Z tego wynika, że powonienie tych ludzi jest stanowczo najbardziej miarodajnem, gdy chodzi o decyzję, czy gaz taki w powietrzu się znajduje, czy go też niema i dlatego ludzie, posiadający tę cenną cechą, winni być specjalnie poszukiwani i obierani na ostrzegaczy gazowych, na których zdaniu ma przedewszystkiem polegać dowództwo w rozstrzyganiu kwestji alarmu lub sygnałowania, że niebezpieczeństwo już minęło.

Pewną usługę w obronie zbiorowej mogą okazać schrony, izolowane od działania gazów zapomocą zasłon, przepajanych płynami chłonącemi te gazy lub poprostu urządzone w taki sposób, że powietrze może się do nich dostawać tylko przesączając się przez grubą warstwę gleby urodzajnej, która ogromną większość gazów chłonie prawie tak, jak węgiel. Szczegóły konstrukcji takich schronów podane są w odpowiednich podręcznikach.

ROZDZIAŁ II *).

Pociski gazowe i ich zastosowanie.

155. Zarys historyczny. Walka gazowa należy do najnowszych najbardziej tajemnych, a zarazem najmniej docenianych sposobów walki.

Pomysł zastosowania gazów duszących, jako środka walki, nie jest, ściśle biorąc, zupełnie nowy, gdyż już Spartańczycy w walkach z Ateńczykami 404—431 p. N. Chr. stosowali przy oblężeniu fortec gazy, otrzymywane drogą spalenia mieszaniny siarki i smoły. Po konferencjach pokojowych w Hadze (1898 i 1907) wszystkie wielkie mocarstwa (z wyjątkiem Stanów Zjedn. Półn. Ameryki) zobowiązały się nie stosować gazów trujących jako środka walki.

Nie zważając na powyższe postanowienia, Niemcy w r. 1915 wznowili walkę gazową, posiłkując się oczywiście temi zdobyczami, jakie dawała technika, a zwłaszcza chemja nowoczesna. Mianowicie dnia 22.IV.1915 wojska techniczne niemieckie wypuściły pod Ypres z mniej więcej 6000 cylindrów stalowych *chlor*, wykonywując tym sposobem pierwszy swój atak gazowy, t. zw. *atak falowy*. Ataki tego rodzaju możliwe są jedynie w razie wiatrów skierowanych w stronę okopów przeciwnika, dzięki czemu fala zatrutego gazem powietrza zalewa te okopy.

Powodzenie pierwszego niespodziewanego ataku gazowego było b. duże; straty sprzymierzonych w zabitych, chorych i jeńcach wyniosły przeszło 10.000 ludzi.

Gdyby Niemcy byli wyzyskali z większą wiarą i stanowczością swoje ówczesne powodzenie, to zdaniem wielu, mogli byli wtedy przerwać front i dotrzeć do kanału.

Po pierwszych atakach gazowych falowych, nastąpiły ataki gazowe artyleryjskie, przyczem ten ostatni rodzaj walki gazowej zdobył sobie największe rozpowszechnienie podczas ubiegłej wojny, gdyż w pociskach artyleryjskich zużyto 80% całkowitej ilości gazów.

---

*) Przez profesora inżyniera Eugenjusza Bergera. Autorowie składają panu profesorowi Bergerowi serdeczne podziękowanie za łaskawe umieszczenie swojego opracowania w Nauce artylerji.

Początkowo w pociskach gazowych były stosowane wyłącznie gazy drażniące (łzawiące), stopniowo jednak zaczęto stosować również i gazy dusząco-trujące.

W ciągu roku 1916 i w pierwszej połowie 1917 Niemcy wprowadzają cały szereg gazów duszących (fosgen, dwufosgen, chloropikrynę, bromoaceton i t. p.) w pociskach gazowych, znaczonych *zielonym krzyżem*. Sprzymierzeni w odpowiedzi na to zastosowali pociski fosgenowe, chloropikrynowe i zawierające kwas pruski.

W nocy na dzień 12 lipca 1917 r. ukazał się nowy typ pocisku gazowego. Były to t. zw. *żółto krzyżowe* pociski niemieckie, zastosowane z b. dużem powodzeniem poraz pierwszy pod Ypres (stąd nazwa francuska substancji, zawartej w tych pociskach *yperyt*).

W tymże czasie mniej więcej przez Niemców zostały zastosowane nowe pociski drażniące (*niebiesko-krzyżowe*), wywołujące długotrwałe kichanie. kaszel i mdłości.

Rozmaite gazy rzadko były stosowane pojedyńczo. Przeważnie w użyciu były rozmaite ich mieszaniny. W chwili zawarcia rozejmu armja niemiecka miała w użyciu około 85 rozmaitych pocisków gazowych, co do kalibru i zawartości.

Do powyższego dodać należy, że w r. 1918 amunicja gazowa stanowiła 33% całkowitej ilości amunicji działowej w armji niemieckiej.

156. Sposoby zastosowania gazów. Pociski. Gazy i substancje pomocnicze mogą być stosowane:

1) w cylindrach gazowych do otrzymywania fali gazowej,
2) w minach stalowych, wyrzucanych z miotaczy gazowych (prożektorów) Livens'a,
3) w bombach stalowych, wyrzucanych z moździerzy Stokes'a,
4) w pociskach artyleryjskich rozmaitych kalibrów,
5) w granatach ręcznych,
6) w bombach dymowych lub zapalających, rzucanych z samolotów przez lotników.

Nas, w danym razie, interesować będzie wyłącznie zastosowanie gazów bojowych w pociskach artyleryjskich.

W zasadzie pocisk gazowy artyleryjski jest to zwykły granat, dostosowany do celów walki gazowej: zastąpiono w nim materjał kruszący gazem i zastosowano odpowiednie uszczelnienia. Było

to uzasadnione koniecznością jaknajszybszego i masowego wytwarzania pocisków gazowych. Otrzymane tą drogą pociski gazowe nie zupełnie jednak opowiadają swemu przeznaczeniu i obecnie wypracowany jest najracjonalniejszy typ pocisku gazowego.

Używany przez sprzymierzeńców pocisk gazowy składał się z czerepu, w którym znajdował się „gaz", z zapalnika wkręconego do czerepu i zawierającego ładunek kruszący (około 25 gr. melinitu dla pocisku 75 mm. i 150 gr. dla pocisku 155 mm.). Ilość materjału kruszącego była wystarczająca dla otwarcia pocisku, względnie rozpylenia zawartości.

Wobec tego, że większość „gazów", służących do napełnienia pocisków, są to ciecze, których objętość zwiększa się podczas ogrzewania, więc zapełnia się czerepy uwzględniając powyższe tylko częściowo, pozostawiając 6% do 11% ogólnej objętości wolnej.

Uszczelnianie pocisków osiągane jest rozmaitemi sposobami: za pomocą ołowiu, klingerytu, specjalnych cementów magnezjowych i t. p.

Wobec tego, że niektóre gazy, zwłaszcza zawierające brom, działają rozjadająco na stal, stosuje się niekiedy czerepy oszklone wewnątrz lub pokryte ołowiem. W tych razach zapalniki są emaljowane.

Wobec nieznacznej zawartości materjału kruszącego huk od wybuchu normalnego pocisku gazowego jest słaby.

Niemcy wprowadzili w r. 1917 specjalne pociski o funkcji mieszanej — *gazowo-kruszące*. W granatach gazowo-kruszących $^3/_4$ objętości czerepu zajmuje materjał kruszący, np. trotyl (trójnitrotoluol), $^1/_4$ zas gaz (np. chlorek dwufenyloarsenjaku (proszek w t. zw. niebiesko-krzyżowych pociskach).

Po wybuchu granatu gazowego część jego zawartości zamienia się w parę (gaz), część w mgłę, składającą się z drobnych kropelek cieczy, pozostała zaś ciecz albo pozostaje w czerepie, albo też zrasza grunt naokoło. Dla ciał b. lotnych (np. fosgen) przeważa faza gazowa, dla małolotnego iperytu — faza ciekła, która zrasza pole wybuchu granatu. Co się tyczy ciał stałych (niebieski krzyż), to z nich pod wpływem silnego wybuchu tworzy się obłok dymowy, składający się z drobnych cząstek stałych. Działanie kruszące granatów gazowych jest b. nieznaczne, albo żadne. Działa w nich tylko „gaz". Jak zobaczymy dalej jest rzeczą bardzo ważną wytworzyć na danej przestrzeni jaknajwięcej gazu.

Temu jednak stoi na przeszkodzie b. poważna wada pocisków gazowych.

Pociski gazowe przenoszą ograniczoną ilość substancji gazowej.

Tak zwaną wydajność pocisku wyrażamy procentowym stosunkiem ilości substancji gazowej w pocisku do ogólnej jego wagi. Są to wielkości stosunkowo nieznaczne: od 10% — 20% zależnie od kalibru pocisku. Pod tym względem dogodniejsze są miny. Dla 4-calowych min moździerzy Stokes'a zawartość w nich „gazu" dosięga 30% ogólnej wagi miny, zaś dla miotaczy gazowych Livens'a nawet 50%.

Najczęściej używanemi kalibrami pocisków gazowych były: 75 mm., 105 mm., 120 mm. i 155 mm. Dla min gazowych również i 210 mm. i 240 mm.

157. Ogólna charakterystyka „gazów bojowych". Gaz bojowy winien odpowiadać pewnym warunkom, a mianowicie:

1) być cięższym od powietrza,
2) posiadać w większym lub mniejszym stopniu własności szkodliwe dla organizmu ludzkiego,
3) nadawać się do masowego wytwarzania.

Pozatem jest rzeczą wielce pożądaną, by gaz był trudno dostrzegalny (t. j. bez zapachu i bez barwy) i trudno zniszczalny (t. j. odporny względem działania wody i rozmaitych substancyj chemicznych).

Z punktu widzenia bojowego najważniejszą fizyczną własnością gazu jest stopień jego „lotności", innemi słowy prędkość z jaką zamieniają się w stan lotny, względnie, dla dymów, prędkość z jaką znikają z atmosfery. Możemy z tego punktu widzenia podzielić gazy na 3 główne kategorje.

I. *Gazy lotne.* Do tej kategorji zaliczamy ciała lotne już w zwykłej temperaturze (chlor, fosgen) jak również i ciała dymowe (pyły, jak n. p. chlorek cynowy, niebieski krzyż).

II. *Gazy średnio lotne*, posiadają zazwyczaj punkt wrzenia wyższy od punktu wrzenia wody (chloropikryna, bromoaceton).

III. *Gazy mało lotne*, parujące b. powoli (yperyt, kamit).

I. Gazy pierwszego rodzaju t. j. ciała lotne, w zwykłej temperaturze niezwłocznie po wyjściu ze zbiornika zostają uniesione przez panujące w powietrzu prądy. W razie braku wiatru, względnie b. słabych wiatrów, zwłaszcza zaś w miejscach osło-

niętych, n. p. w gęstym lesie, obłoczki tego rodzaju gazów trwają i działają przez czas pewien do trzech godzin. W miejscach otwartych i w razie silnych wiatrów zostają b. prędko rozproszone. Gazy tego rodzaju z powodzeniem są stosowane do ostrzeliwania terenów, mających być zaatakowanemi wkrótce po „zagazowaniu".

II. Ciecze (gazy) średnio lotne (n. p. chloropikryna) rozlane na terenie parują znacznie wolniej od poprzednich i przez cały czas parowania zatruwają powietrze. W lasach i schroniskach i w razie sprzyjających warunków pogody, działanie tych gazów jest dość długotrwałe (do 12 godzin). W każdym razie działanie tej części cieczy, która się zamieniła w parę trwa nie dłużej niż dla pierwszego rodzaju gazów.

III. Ciecze b. mało lotne (jak yperyt) parują tak wolno, że teren zroszony przez nie pozostaje niebezpiecznym przez czas dłuższy (3—7 dni).

158. Główne czynniki, od których zależy skuteczność działania gazów. Skuteczność działania gazów, poza ich własnościami fizjologicznemi, zależy głównie 1) od ich stężenia, 2) od warunków meteorologicznych, 3) od warunków terenowych i 4) od stanu obrony przeciwgazowej przeciwnika.

1. *Stężenie gazu.* Po wybuchu pocisku gazowego zawartość jego, zależnie od rodzaju gazu, paruje prędzej lub wolniej. Otrzymane tą drogą pary (gazy), mieszając się z powietrzem, tworzą obłoczek gazowy. Jeśli w stosunku do objętości obłoczka ilość zawartego w nim gazu jest znaczna, to mówimy również, że stężenie gazu w obłoczku jest znaczne. Stopień stężenia wyrażamy najczęściej stosunkiem objętościowym. Jeśli więc mówimy, że stężenie fosgenu w powietrzu wynosi 1:5000 oznacza to, że na 5000 objętości (t. j. litrów) powietrza, przypada jedna objętość (1 litr) fosgenu. Czy dane stężenie gazu jest skuteczne, czy też nie, zależy to oczywiście od przyrody gazu. Dla każdego gazu istnieje takie stężenie, poniżej, którego gaz przestaje działać na organizm (np. chlor w stężeniu 1:1000 i poniżej nie wywiera szkodliwego wpływu). Tego rodzaju stężenie nosi nazwę *największego stężenia bezpiecznego.*

Z drugiej strony dla każdego gazu istnieje takie stężenie, które powinno być osiągnięte, by obłok gazowy działał skutecznie. Jest to tak zwane *najmniejsze stężenie skuteczne* gazu. Problemat

ofensywy gazowej da się określić jako zadanie otoczenia wroga obłoczkami gazowemi o conajmniej najmniejszem skutecznem stężeniu.

Dużą rolę odgrywa tu czas. Im mniejsze jest stężenie gazu w powietrzu, tem dłuższy przeciąg czasu jest potrzebny do wywołania poważnego zatrucia*). W przybliżeniu można przyjąć, że zdwojenie stężenia gazu pociąga za sobą dwukrotne zmniejszenie czasu niezbędnego do osiągnięcia wyniku śmiertelnego. Niektóre gazy (np. yperyt), działają nawet w bardzo znacznych rozcieńczeniach (dla yperytu rozcieńczenie 1:13,000 powoduje śmierć po upływie 5 minut, zaś stężenie 1:100,000 po upływie 2 godzin), dla innych gazów (np. kwasu pruskiego), najmniejsze skuteczne stężenie i największe bezpieczne stężenie różnią się stosunkowo nieznacznie, wobec tego rozcieńczenie takiego gazu (zmniejszenie jego stężenia) bardzo prędko czyni go nieszkodliwym. Dla kwasu pruskiego stężenie 1 : 2000 zabija w ciągu 5 minut, zaś 1:10,000 w ciągu 2 godzin, w razie dalszego zmniejszenia stężenia kwas pruski staje się bezskutecznym. W walce gazowej artyleryjskiej stężenie gazu zależne jest od ilości pocisków danego kalibru jaką ostrzeliwuje się daną przestrzeń. Przeciętnie należy brać nie mniej jak 100 kilogramów gazu na hektar powierzchni. Do zagadnienia tego powrócimy jeszcze raz przy rozpatrywaniu strony technicznej walki gazowej artyleryjskiej.

2. *Warunki meteorologiczne.* Czas trwania działania gazu, a zatem i powodzenie ostrzeliwania gazowego są tem większe im spokojniejsze jest powietrze. Pozatem wpływ wywierają i inne czynniki (słońce, deszcze i t. p.)

Prędkość wiatru. Ostrzeliwanie terenu, na którym panują silne wiatry, jest zupełnie bezcelowe, powstające bowiem obłoczki gazowe zostają wtedy szybko rozpraszane. Jako zasadę przyjmuje się, że wiatry o prędkości ponad 3 m/sek. nie sprzyjają walce gazowej artyleryjskiej (dla yperytu w wyjątkowych razach dopuszczalny jest wiatr o prędkości do 5 m/sek). Brane są oczywiście pod uwagę prędkości wiatrów, panujących na ostrzeliwanym terenie.

Kierunek wiatru. Ma znaczenie tylko o tyle, o ile chodzi o bezpieczeństwo własnych wojsk.

*) Z wyjątkiem gazów, które jak np. kwas pruski, nie posiadają kumulatywnego działania.

Eigentum
Heeresarchiv - Zweigstelle
Danzig

Temperatura. Mało skuteczne jest ostrzeliwanie gazowe w gorący dzień słoneczny. Wtedy bowiem, wskutek ogrzania się ziemi, temperatura jej staje się wyższą od temperatury powietrza i powstaje szereg ruchów wirowych w powietrzu, a w wyniku zachodzi rozproszenie gazu. Z drugiej strony zbyt niska temperatura powstrzymuje parowanie wielu gazów (np. yperyt zamarza mniej więcej w tejże temperaturze co i woda).

Opady. Obfity deszcz przygniata gazy ku ziemi i wymywa je z powietrza. Słaby deszcz ma wpływ bardzo nieznaczny, mgły zaś sprzyjają stosowaniu gazów.

Pora dnia. Wykonanie ostrzeliwania gazowego jest z punktu widzenia technicznego łatwiejsze za dnia niż w porze nocnej. Jednak pora nocna bardziej sprzyja walce gazowej artyleryjskiej, gdyż wtedy: 1) najłatwiej o niespodziewane zaskoczenie śpiących i 2) brak wirów powietrznych i zazwyczaj wiatry są słabsze i o stałym kierunku. Wobec powyższego najczęściej wykonywane są ostrzeliwania gazowe wczesnym rankiem lub późnym wieczorem.

Od zasad powyższych odstępuje się często ze względów taktycznych zwłaszcza w razie krótkotrwałych ostrzeliwań gazowych.

3. *Warunki terenowe.* Wysokie trawy, krzewy, drzewa, zabudowania i t. p. powstrzymują ruchy powietrza, a więc i obłoczków gazowych, zwiększając tą drogą czas ich trwania.

W schroniskach, dołach, wyrwach, gęstych lasach i t. p. gazy trwają dłużej, niż w otwartem polu. W razie znacznych nierówności terenowych należy uwzględnić, że wiatry w wyżej położonych miejscach są zawsze silniejsze. Przy ostrzeliwaniu terenów górzystych należy zwrócić uwagę na odchylenie kierunku wiatrów miejscowych zawarunkowane kierunkiem dolin.

Niezbyt wskazane jest ostrzeliwanie terenów błotnistych pociskami małokalibrowemi.

Podczas ostrzeliwania zatopionych łąk powstają fontanny wodne, które działają na gaz podobnie jak ulewny deszcz.

4. *Ochrona przeciwgazowa przeciwnika.* Jest rzeczą zupełnie zrozumiałą, że skuteczność ostrzeliwania gazowego zależy w wysokim stopniu od stanu obrony przeciwgazowej ostrzeliwanego, t. j. od doskonałości jego maski i od t. zw. dyscypliny gazowej. Największe straty ponosi w walce gazowej przeciwnik nie posiadający dobrych masek.

159. Taktyczne zastosowanie gazów. Zanim przejdziemy do bardziej szczegółowego rozpatrzenia taktyki walki gazowej artyleryjskiej powinniśmy zwrócić uwagę na zasadniczą różnicę jaka zachodzi między działaniem pocisków gazowych i kruszących.

Otóż odłamki granatów i lotki szrapnelowe, lecąc wzdłuż pewnych określonych torów, mają ograniczone działanie co do przestrzeni i czasu. Natomiast gazów wydzielających się z granatu gazowego, przeszkody zwykłe nie są w stanie powstrzymać. Pod wpływem wirów i ruchów powietrza oraz wskutek dyfuzji gaz posuwa się w rozmaitych kierunkach i przenika w schrony i okopy zabezpieczone od działań pocisków kruszących.

Pozatem, zależnie od rodzaju użytego gazu działanie trwa jeszcze pewien czas po wybuchu (od kilku minut do kilku dni).

Dodajmy do tego jeszcze nader różnorodne działanie poszczególnych gazów na organizm ludzki (możemy według woli zabijać lub tylko obezwładniać, stosując gazy duszące względnie drażniące), a będziemy zmuszeni dojść do wniosku, że zastosowanie gazów otwiera przed nami cały szereg nowych możliwości w porównaniu ze stosowaniem zwykłych pocisków artyleryjskich.

Ostrzeliwanie gazowe ma na celu zniszczenie lub uszkodzenie żywych jednostek albo też zmniejszenie działalności bojowej przeciwnika.

Ze względu na bezpieczeństwo własnych wojsk do ostrzeliwania gazowego nadają się najbardziej oddalone cele np. stanowiska artylerji przeciwnika. Jednak i bliższe cele jak stanowiska piechoty wchodzą w rachubę o ile temu sprzyjają ogólne warunki.

Pociski gazowe są stosowane zarówno podczas działań ofensywnych jak i obronnych. Zależnie od sposobu zastosowania i dyscypliny gazowej przeciwnika osiąga się: zmniejszenie działalności bojowej przeciwnika, popłoch i znaczne straty lub też uniemożliwia się nieprzyjacielowi utrzymanie danych stanowisk.

Przy ostrzeliwaniu danego celu należy mieć na uwadze wybór odpowiedniego gazu, istnieją bowiem cele, dla których dany rodzaj gazu nadaje się bardziej niż jakikolwiek inny. Pierwszorzędną rolę odgrywa w danym razie stopień lotności gazów, o czem mowa była wyżej.

Obecnie przechodzimy do rozważenia sprawy jaknajracjonalniejszego wyzyskania pocisków gazowych jako środka walki.

Rozróżniamy dwa główne rodzaje ostrzeliwania gazowego:

1) *ostrzeliwanie niszczące (zabójcze)*,

2) *ostrzeliwanie obezwładniające.*

Podział taki, jak zobaczymy dalej, uwarunkowany jest czasem trwania ostrzeliwania. Początkowo rozróżniano krótkotrwałe ostrzeliwanie gazowe (napad gazowy—Gazüberfall) średnie i długotrwałe ostrzeliwanie. Następnie jednak Niemcy wprowadzili podział na napad gazowy i ostrzeliwanie na czas (Dauerschiessen, Schwadenschiessen). Do tych głównych dwu rodzajów dodano jeszcze kilka specjalnych pomocniczych. Klasyfikacja francuska obejmuje wszystkie rodzaje ostrzeliwania.

1. *Ostrzeliwanie niszczące.* Pociski gazowe mogą działać niszcząco jedynie wtedy gdy są zastosowane niespodziewanie. Zatem ostrzeliwanie niszczące jest zawsze napadem gazowym. Ma się na widoku dosięgnąć przeciwnika zanim tenże zdąży nałożyć maskę. Doświadczenie wykazało, że maskę zawieszoną na szyi (w pozycji pogotowia), żołnierz wyćwiczony jest w stanie nałożyć w ciągu 4 sekund. Gdy maska znajduje się w puszce, zaś żołnierz w stanie spoczynku, nałożenie maski wymaga wtedy nie mniej jak 20 sekund. W innych warunkach czas nakładania maski przedłuża się do 2 minut. Z powyższego widzimy, że napad gazowy (ostrzeliwanie niszczące) przeciętnie nie powinien trwać dłużej niż 2 minuty.

Wobec tego, że skutek ma być osiągnięty niezwłocznie, więc stosowane mogą być tylko gazy lotne o działaniu natychmiastowem (np. fosgen). Że zaś chodzi również o osiągnięcie jaknajwiększego stężenia w jaknajkrótszym czasie, więc też i wykonanie artyleryjskiego napadu gazowego polega na daniu jaknajwiększej liczby strzałów w jaknajkrótszym czasie.

Napady gazowe są zazwyczaj zwrócone przeciw celom o małej powierzchni (baterje, okopy, gniazda karabinów maszynowych i t.p.)

2. *Ostrzeliwanie obezwładniające.* Ostrzeliwanie to zwraca się przeciwko przeciwnikowi zabezpieczonemu (t. j. w masce) i zmierza do zmniejszenia działalności bojowej przeciwnika drogą zmuszenia go do długotrwałego przebywania w masce.

Gaz w danym razie działa nietylko dzięki swym własnościom trującym jak wskutek tego, że stwarza stałą groźbę dla ostrzeliwanego. Pod pojęcie ostrzeliwania obezwładniającego można podciągnąć pozostałe rodzaje ostrzeliwania gazowego.

a) *Ostrzeliwanie zakrywające teren* (*tir d'infection, Verseuchungsschiessen*) ma na celu albo: 1) niedopuszczenie do zajęcia przez przeciwnika ściśle określonego bardzo ważnego dlań terenu, lub 2) zmuszenia go do opuszczenia przezeń terenu; w je-

dnym i drugim wypadku drogą długotrwałego zatrucia terenu. Stosowane mogą być wyłącznie gazy bardzo mało lotne o działaniu uporczywem, jak np. yperyt;

b) *Właściwe ostrzeliwanie obezwładniające* (Schwadenschiessen) zwrócone przeciw baterjom nieprzyjacielskim i punktom obserwacyjnym ma na celu wycieńczenie, znużenie przeciwnika i zmniejszenie jego wartości bojowej. Ostrzeliwanie obezwładniające może być wykonane dwojako:

1) drogą miarowego wolnego ognia po dokonanym uprzednio napadzie gazowym; podtrzymuje się wtedy stałe słabe stężenia gazu zmuszając przeciwnika do zachowania nałożonej maski

2) drogą szeregu powtarzanych w nieregularnych odstępach napadów gazowych, czyli t. zw. ostrzeliwanie nękające (harcelement). Ostrzeliwanie nękające uważane jest za b. skuteczne.

O ile w pierwszym sposobie wykonania ostrzeliwania obezwładniającego stosowane być mogą gazy średnio lotne wespół z gazami lotnemi, to w drugiem wykonaniu (ogień nękający) obliczonem na to, że przeciwnik, uważając, że ostrzeliwanie gazowe zostało ukończone, zdjął maski, używane będą tylko gazy lotne.

c) Wreszcie stosowany bywa niekiedy rodzaj ostrzeliwania zaporowego (ogień wzbraniający, tir d'interdiction) mający na celu ograniczenie swobody ruchów przeciwnika drogą ostrzeliwania ważnych dlań dróg komunikacyjnych, miejsc skupień, stacyj rozładunkowych i t. p. zapomogą gazów mało lotnych o działaniu natychmiastowem np. kamitem.

Gazy bojowe stosowane są zarówno podczas ofensywy jak i defensywy.

1) zadaje on straty obsłudze artyleryjskiej przeciwnika,
2) ogranicza zdolność bojową przeciwnika czyniąc niedostępnem dlań pewne przestrzenie drogą zagazowania tych ostatnich,
3) zadaje straty rezerwom przeciwnika, a zatem zmniejsza siłę ewentualnych kontrataków.
4) zmniejsza skuteczność ognia przeciwnika zmuszając obsługę dział i karabinów maszynowych do pracy w nałożonych maskach,
5) zmniejsza skuteczność ognia przeciwnika stwarzając zasłony dymowe.

Zarówno podczas przygotowania ataku jak i podczas wykonywania najważniejszą rolę odgrywają pociski gazowe przy ostrzeliwaniu artylerji przeciwnika.

W razie krótkotrwałego przygotowania artyleryjskiego baterje przeciwnika mogą być obezwładnione na czas trwania ataku wyłącznie zapomocą pocisków gazowych o natychmiastowem działaniu, przyczem wybór gazu (lotny lub średnio lotny) uzależniony będzie od tego, czy własna piechota ma dojść do ostrzeliwanych bateryj, czy też nie. Niezależnie od ostrzeliwania baterji stosuje się jeszcze ogień nękający w celu wyczerpania przeciwnika, wzbraniający dostępu rezerwom i utrudniający komunikację.

Podczas ataku ogień towarzyszący (tir d'accompagnement) w postaci ruchomej zapory gazowej (barrage roulant) może być stosowany jedynie w bardzo wyjątkowych wypadkach, bliskie bowiem sąsiedztwo gazów trujących mogłoby się stać niebezpiecznem dla własnych wojsk.

Jednakowoż jako ogień zapobiegawczy (tir de protection), ogień gazowy może oddać wielkie usługi utrudniając obserwację przeciwnika i paraliżując jego działalność. Podczas wyzyskiwania powodzenia i wogóle w walce ruchowej ostrzeliwanie gazowe posiada znacznie mniejsze zastosowanie. Używane są prawie wyłącznie gazy trujące lotne.

Podczas defensywy zastosowane mogą być wszystkie rodzaje gazów, pierwszeństwo jednak należy oddać yperytowi. Idzie tu oczywiście o zatrucie długotrwałe pewnych terenów, a zatem o uniemożliwienie zajęcia ich przez nacierającego przeciwnika. Równie ważne jest podczas obrony ostrzeliwanie bateryj przeciwnika.

160. Techniczne wykonywanie ostrzeliwania gazowego. Rozróżniamy tu dwa zasadnicze wypadki:

1) ostrzeliwanie gazami mało lotnemi, których czas działania trwa zawsze dłużej niż czas strzelania,
2) ostrzeliwanie gazami lotnemi.

W pierwszym wypadku ilość potrzebnych do wykonania ostrzeliwania pocisków otrzymujemy dzieląc całkowitą ostrzeliwaną powierzchnię przez powierzchnię, jaką zatruwa jeden pocisk. Przeciętnie przyjmują, iż 75 m/m pocisk yperytowy zatruwa powierzchnię 20 m^2, zaś 155 m/m — 200 m^2.

Dla gazów lotnych rozróżniamy:

1) ostrzeliwanie niszczące, (napad gazowy),
2) ostrzeliwanie obezwładniające.

W razie ostrzeliwania niszczącego przyjmuje się jako minimum 200 pocisków 75 m/m lub 50 pocisków 155 m/m na hektar ostrzeliwanej powierzchni (w ciągu 2—3 minut). Przy wykonywaniu ostrzeliwania obezwładniającego (po uprzednio dokonanym napadzie gazowym) podtrzymuje się pewne stężenia gazu oddając $^1/_{10}$ do $^1/_{15}$ ilości pocisków jakie należałoby zużyć w tymże czasie w razie napadu gazowego.

Ilość zużytych pocisków uzależnia się jeszcze od bezpieczeństwa własnych wojsk. Naogół, nie zaleca się ostrzeliwania stanowisk przeciwnika niezbyt oddalonych od własnych okopów.

Przy pociskach o gazach lotnych i wietrze w stronę przeciwnika jest dopuszczalne ostrzeliwanie stanowisk przeciwnika odległych od własnych linij o 300 mtr. Przy wietrze od przeciwnika odległość ta powinna wynosić około 1000 mtr. dla małych ilości pocisków i 2000 mtr, dla znacznych ilości.

Gdy prowadzi się ostrzeliwanie pociskami o gazach mało lotnych, bez względu na to czy wiatr skierowany jest w stronę przeciwnika lub odwrotnie, powinny być zachowane odległości przepisowe: 1000 mtr. dla małej ilości pocisków i 2000 mtr. dla większej ilości.

KONIEC CZĘŚCI PIERWSZEJ.

ERRATA.

Str.	*wiersz*	*jest*	*powinno być:*
7	5 od góry	linją strzału	kierunkiem oddania
7	13 od dołu	kąt podniesienia = kąt celowania + kąt podniesienia.	kąt podniesienia = kąt celownika + kąt położenia.
28	10 od dołu	$x\ tg\ \varphi\ (1 - \frac{x}{X})\ x\ tg\ \varphi\ \frac{X - x}{X}$,	$x\ tg\ \varphi\ (1 - \frac{x}{X}) = x\ tg\ \varphi\ \frac{X - x}{X}$
36	4 od dołu	$h = \frac{g^2}{2}$	$h = \frac{gT^2}{2}$
41	2 od góry	$Np_1 = \varrho_1\ \varrho_2\ Cos\ \alpha$	$Np_1 = p_1\ p_2\ Cos\ \alpha$
41	3 od góry	$v\ dt = \varrho_1\ \varrho_2\ Cos\ (\varphi - \Theta)$	$v\ dt = p_1\ p_2\ Cos\ (\varphi - \Theta)$
41	7 od dołu	$\varrho_1\ \varrho_2$	$p_1\ p_2$
88	7 od góry	$O \leq p \leq 1$	$O \leq p \leq 1$
96	tabelka, rubryka druga	trafionych	trafienia
127	15 od góry	$\delta = 0{,}0000729 \times 2000 \times 50 \times 72{,}9$ metra	$\delta = 0{,}0000729 \times 2000 \times 50 = 72{,}9$ metra
127	15 od dołu	P	D
127	12 od dołu	P	D
131	3 od góry	$\frac{H}{\frac{H\ (n \quad p)}{n}} =$	$\frac{H}{\frac{H\ (n - p)}{n}} =$
162	9 od dołu	1090	2090
181	11 od góry	(77)	(88)
181	16 od góry	$\alpha\ C + B + P$	$\alpha = C + B + P$
217	4 od góry	7^0	70^0
221	15 od góry	$C_6\ H_2\ (NO_2)_3)\ N\ (NO_2)\ (CH_3)$	$C_6\ H_2\ (NO_2)_3\ N\ (NO_2)\ (CH_3)$

SPIS RZECZY.

WSTĘP. *Str.*

1. Pojęcie o torze pocisku i terminologja elementów toru 5
2. Broń ręczna i palna 9
3. Warunki, którym powinna odpowiadać broń palna 12

DZIAŁ I.

Ruch pocisku po wylocie z lufy.

Rozdział I. Prawo ruchu pocisku w próżni.

1. Ruch pocisku w próżni 16
2. Równanie parabolicznego toru pocisku 17
3. Pozioma odległość strzału 19
4. Wysokość toru 21
5. Określenie stromości toru w danym punkcie i określenie szybkości w jakimkolwiek punkcie toru 22
6. Określenie czasu lotu 25
7. Prawo obniżeń 25
8. Zastosowanie parabolicznej teorji do ruchu pocisków w powietrzu . 27
   Zadania 30

Rozdział II. Wpływ oporu powietrza na ruch pocisków.

9. Pojęcie o oporze 32
10. Określenie wielkości oporu powietrza na poruszające się w nim ciało 33
11. Określenie wielkości oporu powietrza przy wielkich szybkościach . 34
12. Przyrząd systemu Gossot dla określenia szybkości pocisku 39
13. Prawo oporu powietrza na pociski artyleryjskie 41
14. Przyśpieszenie oporu powietrza i środki dla jego zmniejszenia . . 45
15. Określenie kierunku działania siły oporu powietrza na pociski artyler. 48
16. Kierunek siły oporu powietrza gdy oś pocisku i kierunek ruchu nie leżą w jednej płaszczyźnie pionowej 51
17. Ruch pocisku, gdy środek oporu powietrza znajduje się za środkiem ciężkości 52
18. Określenie punktu przyłożenia siły oporu powietrza na pociski artyler. 53

Rozdział III. Badanie ruchu podłużnych pocisków.

19. Ruch osi figury podłużnego pocisku 55
20. Dodawanie szybkości kątowych 56
21. Wpływ obrotu pocisku na ruch osi jego figury w stosunku do stycznej 57
22. Przedstawienie ruchu osi figury podłużnych pocisków i zboczenie . 59
23. Ruch osi figury pocisku zależnie od kąta krzywizny gwintów . . . 62
24. Pionowy rzut toru w powietrzu i jego własności 63
25. Zboczenie podłużnego pocisku w powietrzu 66
26. Prawo S. Roberto 69

Str.

27. Wnioski wypływające z prawa S. Roberto 69
28. Określenie spółrzędnych Y toru, dla danych spółrzędnych X, podług kątów podniesienia na podstawie prawa S. Roberto 71
29. Krzywa bezpieczeństwa 73

DZIAŁ II.

Strzelanie.

Rozdział I. Rozsiew torów i prawdopodobieństwo trafienia.

30. Rozsiew torów, tor średni, średni punkt trafienia 75
31. Pojęcie o celności broni. Miara rozsiewu pocisków 80
32. Porównanie sposobów dla określenia wielkości rozsiewu 83
33. Odchylenie prawdopodobne przy strzelaniu na pochyłościach . . . 83
34. Prawdopodobne odchylenie teoretyczne i praktyczne 86
35. Strefa bezpieczeństwa 86
36. Procent trafienia i prawdopodobieństwo trafienia 86
37. Zasady teorji prawdopodobieństwa 87

Rozdział II. Prawdopodobieństwo trafienia do celów prostokątnych.

38. Określenie prawdopodob. trafienia do nieskończenie długiego pasa . 91
39. Największe wypadkowe odchylenie pocisków od średniego punktu trafienia 95
40. Ilościowy podział punktów trafienia w pasach zależnie od ich oddalenia od średniego punktu trafienia 95
41. Prostokąt rozsiewu 97
42. Określenie prawdopodobieństwa trafienia do celów prostokątnych, których środek zlewa się lub nie ze średnim punktem trafienia . . 98
Przykłady 102
43. Miara celności 105
44. Pojęcie o celności dział 106

Rozdział III. Skuteczność strzelania.

45. Zależność skuteczności strzelania od celności i szybkości strzelania i od niszczącej siły pocisków 108
46. Istota i niezbędność wstrzelania 108
47. Znaczenie toru płaskiego i miara płaskości toru. Odległość strzału nawprost 109
48. Zwiększenie płaskości toru 109
49. Szybkostrzelność. Przyczyny na nią wpływające 110

DZIAŁ III.

Odchylenie średniego toru, poprawki i tabele strzelnicze.

Rozdział I. Miary kątów. Określenie poprawek na odchylenie średniego toru.

50. Miary kątów 112
51. Paralaksa 114
52. Sprowadzenie średniego toru na wybrany punkt rażenia przy pomocy przyrządów celowniczych 115

Str.

53. Obliczenie wysokości celownika odpowiednio do kątów celownika i odchyleń linji celowania na kąty zboczenia i kierunku 117
54. Nachylenie celownika na kąt zboczenia 118
55. Kierunek poprawek 119
56. Prawo zmiany poprawek na przyrządach celowniczych 119

Rozdział II. Odchylenia średniego toru.

57. Odchylenia średniego toru 121
58. Poprawki na różnicę położenia działo — cel 122
59. „ dopełniające kąt położenia 123
60. „ na nachylenie czopów działa 124
61. „ na krzywiznę i ruch obrotowy ziemi 125
62. „ na zmianę ciężaru litra powietrza 127
63. „ na wiatr 128
64. Wiatr balistyczny 130
65. Poprawki na zmianę ciężaru pocisku 131
66. „ „ „ partji prochu. Ładunek normalny danej partji prochu 132
67. Poprawki na zmianę temperatury prochu 132
68. „ na zużycie przewodu lufy działa 133
69. Poprawka na opóźnienie strzału 134

Rozdział III. Tabele strzelnicze. Ułożenie i korzystanie.

70. Przeznaczenie tabel strzelniczych 135
71. Pojęcie o ułożeniu tabel strzelniczych 135
72. Korzystanie z tabel strzelniczych 136

DZIAŁ IV.

Teoretyczne zasady wstrzelania.

Rozdział I. Wstrzelanie. Krzywa Percin'a.

73. Wstrzelanie. Określenia 141
74. Obserwacja strzałów 142
75. Prawdopodobieństwo strzału krótkiego i długiego przyjmując pod uwagę błędną obserwację 142
76. Krzywa Percin'a 145

Rozdział II. Wstrzelanie uderzeniowe.

77. Obramowanie celu. Widły 152
78. Sprawdzenie wideł 160
79. Ustalenie najprawdopodobniejszego celownika 162
80. Wstrzelanie za pomocą mierzenia odchyleń 167

Rozdział III. Wstrzelanie rozpryskowe

81. Określenia 169
82. Wstrzelanie wysokości rozprysku 170
83. Prawdopodobieństwo strzału uderzeniowego i strzału rozpryskowego przy strzelaniu rozpryskowem 171

DZIAŁ V.

Mechanizm strzelania.

Rozdział I. Przygotowanie strzelania.

		Str.
84.	Pojęcie o przygotowaniu strzelania	174
85.	Pomiary topograficzne stanowiska baterji, punktów obserwacyjnych i celu	175
86.	Skierowanie działa kierunkowego na punkt dozoru	176
87.	Równoległe ustawienie dział	177
88.	Badanie warunków strzelania	183
89.	Określenie danych dla pierwszego strzału	185

Rozdział II. Mechanizm wstrzelania.

90.	Wstrzelanie	186
91.	Wstrzelanie uderzeniowe dokładne	186
92.	„ „ obramowujące	188
93.	„ rozpryskowe	189

Rozdział III Mechanizm ognia skutecznego.

94.	Ogień skuteczny	191
95.	„ „ dokładny uderzeniowy	191
96.	„ „ uderzeniowy do danego pola	192
97.	„ „ rozpryskowy	192
98.	„ „ pociskami gazowemi	192

Rozdział IV. Strzelanie artylerji nadbrzeżnej.

99.	Właściwości strzelania artylerji nadbrzeżnej	195
100.	Sposób strzelania podług odległości	196
101.	Strzelanie podług czasu	197

Rozdział V. Strzelanie artylerji przy pomocy lotników i balonów na uwięzi.

102.	Obserwacja powietrzna	198
103.	Strzelanie artylerji przy pomocy obserwacji powietrznej	201
104.	„ przy pomocy obserwacji powietrznej z balonu na uwięzi	202

DZIAŁ VI.

Proch.

Rozdział I. Materjały wybuchowe.

105.	Pojęcie o materjałach wybuchowych	203
106.	Skład kruszących materjałów wybuchowych	205
107.	Detonacja materjałów wybuchowych	205
108.	Kowolum i siła materjałów wybuchowych	206
109.	Wpływ ścisłości ładowania na charakter działania materjału wybuchowego	208
110.	Praca potencjalna energja materjałów wybuchowych	209

Rozdział II. Pojęcie o składzie i własnościach miotających i kruszących materjałów wybuchowych zastosowanych w artylerji.

Str.

111. Skład zwykłego dymnego prochu 211
112. Dane o materjałach miotających, proponowanych wzamian saletro-siarko-węglowego prochu 212
113. Kruszące materjały wybuchowe, zastosowywane w artylerji . . . 213
114. Skład bawełny strzelniczej 213
115. Własności bawełny strzelniczej 217
116. Nitrogliceryna, jej własności i pojęcie o wytwarzaniu 218
117. Dynamit 219
118. Kwas pikrynowy. (Trójnitrofenol, melinit, lidit, szymoze). Jego własności i pojęcie o wytwarzaniu 219
119. Trójnitrotolnol (Trotyl) 220
120. Rtęć piorunująca 221

Rozdział III. O wytwarzaniu i próbie dymnych i bezdymnych prochów.

121. Pojęcie o wytwarzaniu i próbie dymnych i bezdymnych prochów . 223
122. Proch bezdymny 224
123. Pojęcie o fabrykacji prochu bezdymnego z bawełny strzelniczej . 227
124. Próba prochu bezdymnego 230
125. Porównanie produktów rozkładu bezdymnych i dymnych prochów . 231
126. Tabele składu, ciężaru i wymiarów prochu 233

Rozdział IV. Palenie się prochu.

127. Zapalenie prochu 234
128. Rozpalenie prochu 235
129. Palenie się prochu 236
130. Palenie się prochu przy różnych ciśnieniach 236

Rozdział V. Działanie prochu w broni palnej.

131. Praca gazów prochowych 241
132. Sposoby bezpośredniego zmierzenia ciśnienia gazów na ściany przewodu lufy 243
133. Pojęcie o działaniu prochu w broni palnej. Krzywe szybkości . . 245
134. Uzgodnienie ujemnego i dodatniego działania prochu 250

Rozdział VI. Pojęcie o wpływie danego gatunku prochu i urządzenia działa na dodatnie i ujemne działanie prochu.

135. Wpływ gatunku prochu 253
136. „ ścisłości ładowania 255
137. „ wagi ładunku 255
138. „ wagi pocisku 256
139. „ długości przewodu lufy działa 257
140. „ kalibru działa 259
141. „ warunków ładowania 260
142. „ wilgotności prochu i temperatury ładunków 260
143. „ wypaleń w przewodzie lufy działa 260

Str.

144. Analityczne badanie wpływu zmiany ścisłości ładowania, wagi ładunku i wagi pocisku na dodatni i ujemny wpływ prochu w przewodzie lufy działa 261

Rozdział VII. Przechowanie prochu.

145. Ładunki 268
146. Przechowanie prochu i ładunków 269
147. Konserwacja prochu 270
148. Roczne badanie prochu 271

DZIAŁ VII.

Gazy.

Rozdział I. Gazy bojowe. Ich własności fizyczne, chemiczne fizjologiczne.

149. Pojęcie o gazach bojowych 272
150. Własności fizyczne gazów 273
151. Dyfuzja gazów 275
152. Parowanie i kondensacja cieczy i ciał stałych 278
153. Charakterystyka gazów bojowych i ich podział 280
154. Chemiczne podstawy obrony indywidualnej i zbiorowej 284

Rozdział II. Pociski gazowe i ich zastosowanie.

155. Zarys historyczny 286
156. Sposoby zastosowania gazów. Pociski 287
157. Ogólna charakterystyka „gazów bojowych" 289
158. Główne czynniki od których zależy skuteczność działania gazów . 290
159. Taktyczne zastosowanie gazów 293
160. Techniczne wykonanie ostrzeliwania gazowego 296

INSTYTUTU BADAŃ ARTYLERYJSKICH IBA BIBLIOTEKA

WOJSKOWY INSTYTUT NAUKOWO-WYDAWNICZY

Generał JAN JACYNA
Major JERZY ŁUNKIEWICZ

NAUKA ARTYLERJI

CZĘŚĆ II.

SPRZĘT ARTYLERYJSKI, WOZY, AMUNICJA, UTRZYMANIE SPRZĘTU.

WARSZAWA 1922
GŁÓWNA KSIĘGARNIA WOJSKOWA

92652/II

BIBLIOTEKA INSTYTUTU BADAŃ ARTYST. IBA

Drukarnia „Artystyczna" K. Kopytowski i S-ka, Warszawa Nowy-Świat 47.

PRZEDMOWA

DO CZĘŚCI II.

Całość **„Nauki artylerji“** składa się z dwóch części, pierwsza zawiera działy omawiające balistykę, strzelanie, proch i gazy, druga omawia sprzęt artyleryjski, wozy, przyrządy celownicze, amunicję i utrzymanie sprzętu.

Przy opisie sprzętu uwzględniono w pierwszym rzędzie sprzęt, w który jest uzbrojona artylerja polska, ponadto w formie encyklopedycznej dodano zarys dorobku artyleryjskiego ubiegłej wojny.

Na zakończenie zwracamy się z gorącą prośbą do artylerzystów i do wszystkich, których praca ta zajmie, o przysłanie swych uwag, celem uwzględnienia ich przy następnych wydaniach.

J. JACYNA
J. ŁUNKIEWICZ.

DZIAŁ I.

Zasady budowy dział, lufa, wzmocnienia, zarys wytwarzania dział.

ROZDZIAŁ I.

Typy dział. Rodzaje artylerji.

1. Wymagania stawiane działom. Najważniejsze wymaganie, stawiane działom, polega na tem, by strzelanie z dział przyczyniło przeciwnikowi jaknajwiększe straty, t. j. by strzelanie było skuteczne, niszczące, celne i szybkie.

W chwili wystrzału działo jest pod silnem ciśnieniem gazów prochowych, powinno się więc ono oprzeć ich rozrywającemu działaniu — czyli być trwałem.

Działo powinno być przystosowane do dogodnego ładowania, celowania i zapalenia ładunku, t. j. aby obchodzenie się z niem było proste i dogodne; strzelanie z działa powinno być również bezpieczne dla strzelającego, a odrzut po strzale nie powinien niszczyć łoża.

W końcu działo powinno być tanie oraz wytrzymywać dłuższe przechowanie i przewożenie.

Zbadanie budowy dział sprowadza się, w gruncie rzeczy, do zbadania wszystkich wyżej wymienionych wymagań.

2. Typy dział. Z powodu różnorodności rodzajów strzelania, niemożliwem jest mieć jeden typ działa uniwersalnego.

Działa spółczesne dzielą się, zależnie od swego przeznaczeczenia, na następujące typy:

a) **Armata**—działo o torze płaskim. Konstrukcja wyróżnia się znaczną względną *) długością lufy (60, nawet 140 kalibrów) i jest obliczona na wielkie względne **) ładunki stałe, wobec czego zmiany odległości otrzymujemy zmieniając kąt podniesienia.

b) **Haubica** — działo o torze stromym. Względna długość znacznie mniejsza niż długość działa (10—18 kalibrów).

Działo strzela ładunkami zmiennemi małej wagi względnej, pod kątami podniesienia od 0° do 40°.

c) **Moździerz**—działo o torze bardzo stromym (pionowym). Względna długość 6—10 kalibrów. Działo strzela ładunkami zmiennemi małej wagi względnej, pod kątem podniesienia od 20° do 65°.

Zarys rozwoju broni palnej. Do połowy XIX wieku tak broń ręczna jak i działa miały przewód lufy gładki, pociski kuliste (okrągłe); ładowanie odbywało się przez wylot. Celność broni gładkiej była nieznaczna i dla jej zwiększenia, w zeszłem stuleciu, zaproponowano (Robins) gwintowanie przewodów luf. Początkowo zaczęto gwintować broń ręczną, strzelającą kulami okrągłemi, przyczem kule, po włożeniu do przewodu lufy, rozgniatano uderzeniami stempla (karabin Delvigne). Celność tej broni była znacznie lepszą niż broni gładkiej. Potem zamiast okrągłych kul wprowadzono podłużne, które również rozgniatano uderzeniami stempla na kowadełku wewnątrz przewodu lufy (karabin Touvnin). Strzelanie z tego karabinu dało bardzo dobre rezultaty. We Francji w r. 1849 Mignie zaproponował podłużną kulę zaopatrzoną w stożkowe wydrążenie w dnie, do którego wstawiano żelazny pusty czopek, który się utrzymywał w zagłębieniu siłą tarcia. Ponieważ ciężar czopka był mniejszy od ciężaru kuli, więc przy strzale czopek, pod ciśnieniem gazów prochowych, otrzymywał większą szybkość niż pozostała masa kuli i wbijał się klinem w zagłębienie, wskutek czego tylna część kuli rozszerzała się i ścianki jej wrzynały się w gwinty. Podobne urządzenie kuli przyśpieszało i ułatwiało ładowanie, ponieważ nie wymagało rozgniatania kuli stemplem. Pierwszy karabin odtylcowy (Dreyse) był skonstruowany w Prusach. W karabinach tego systemu ładunek był połączony z pociskiem w jedną całość — nabój jednolity, przyczem do ładowania już nie używano stempla. Karabin Dreyse spowodował przewrót w dziedzinie broni ręcznej i wszystkie państwa zaczęły pośpiesznie wprowadzać karabiny ładowane odtylcowo.

Wysokie zalety broni gwintowanej ręcznej spowodowały postęp w wytwarzaniu gwintowanych dział, początkowo ładowanych przez wylot. Fabrykacja gwintowanych dział, ładowanych odtylcowo, przedstawiała początkowo znaczne trudności, z powodu braku sposobów uchronienia się od przerywania gazów prochowych między ścięciem przewodu lufy a zamkiem. Przyczyna ta zmusiła niektóre państwa (między innemi Anglję) do zachowania gwintowanych dział, ładowanych przez wylot (Anglja do 1885 roku), chociaż celność i szybkostrzelność tych dział były znacznie mniejsze.

---

*) Długość względna lufy — długość w kalibrach.

**) Ciężar względny ładunku — ciężar ładunku w stosunku do ciężaru pocisku.

Zarys rozwoju szybkostrzelnej artylerji małego kalibru *). Pierwsze działa szybkostrzelne notuje historja artylerji w XV wieku pod nazwą organków. (Na wystawie wszechświatowej 1900 roku były działa wzmocnione, gwintowane, z zamkiem śrubowym datujące się z XIV, XV i XVI wieku). Organki posiadały do 50 luf małego kalibru, umieszczonych w kilka rzędów; działa te utrzymały się przez dwa wieki. Strzelanie z tych dział było niedogodne i powolne, każdą lufę trzeba było ładować oddzielnie; gdy dla większych dział zaczęto używać kartaczy i pocisków kruszących, organki wyszły z użycia.

Ponownie ukazują się działa szybkostrzelne podczas wojny północnoamerykańskiej (1860—1864). Szybkostrzelność osiągnięto przez: 1) użycie jednolitego naboju, t. j. połączenia pocisku i ładunku w jedną całość przy pomocy łuski, 2) zmniejszenie odrzutu wskutek wielkiego ciężaru względnego działa i 3) wprowadzenie urządzeń, ułatwiających szybkie ładowanie.

Z Ameryki szybkostrzelne działa przeszły do Europy.

Istniejącą obecnie broń palną możemy podzielić na trzy grupy: 1) działa o kalibrze większym niż 37 m/m i strzelające pociskami kruszącemi, 2) działa o kalibrze mniejszym niż 37 m/m, strzelające pociskami całkowitemi — karabiny maszynowe i 3) broń ręczna — karabiny, pistolety, rewolwery.

3. Potęga danego działa. Praca niszcząca danego rodzaju działa wyraża się przez wzór: $\frac{mv^2}{2}$ czyli przez połowę żywej siły pocisku w momencie jego wyjścia z przewodu lufy. Jeśli mamy dwa działa różnych kalibrów, strzelające, przy jednakowych szybkościach wylotowych, podobnemi pociskami, potężniejszem będzie działo większego kalibru, ponieważ masa jest proporcjonalna do trzeciej potęgi kalibru.

Oprócz tego, pociski większego kalibru tracą mniej na szybkości, a więc skuteczność ich w punkcie uderzenia będzie większa. Prowadziłoby to do zwiększenia kalibrów we wszystkich rodzajach artylerji, lecz ze zwiększeniem kalibru zwiększa się i ciężar działa, zwiększenie ciężaru ogranicza jego ruchliwość.

Kaliber dział określa ich przeznaczenie.

Praktyka wojenna wyrobiła pewne stałe normy dla materjału artylerji dywizyjnej: — mianowicie 75—80 m/m dla armat lekkich, 100 — 120 m/m dla haubic lekkich i ciężkich armat i 145 — 155 m/m dla haubic ciężkich.

Kalibry artylerji korpusu i armji, dzięki udoskonalonym środkom przewozowym, doszły obecnie do 520 m/m.

4. Rodzaje artylerji. Zależnie od swego przeznaczenia artylerja współczesna dzieli się na następujące rodzaje:

*) Mały kaliber — do 100 m/m.
Średni kaliber od 100 — 200 m/m.
Wielki kaliber od 200 m/m.

1) *Artylerja piechoty.* Przeznaczeniem artylerji piechoty jest bezpośrednie wspieranie akcji piechoty przez ostrzeliwanie karabinów maszynowych i artylerji okopowej przeciwnika, jak również strzelanie do celów żywych. Kaliber armatek piechoty — od 37 m/m do 47 m/m. Są to działka szybkostrzelne, lekkie, łatwo przewożone przez obsługę. Pocisk—granat i kartacz.

2) *Artylerja okopowa.* Przeznaczeniem artylerji okopowej jest walka z przeciwnikiem na bliskie odległości, niszczenie jego schronów, umocnień i przeszkód sztucznych. Kaliber dział waha się od 58 m/m do 350 m/m. Działa typu moździerzy, mało ruchliwe, do strzelania umieszczane przeważnie na podstawach. Szersze użycie i zastosowanie artylerji okopowej może mieć miejsce tylko w wojnie pozycyjnej. Pociski artylerji okopowej — granat i pocisk gazowy. Granaty wyróżniają się swoją znaczną wagą (58 m/m-owy pocisk waży 20 kg.). Zewnętrzny wygląd pocisku różni się znacznie od zwykłego przez dodanie skrzydeł, celem zachowania prawidłowego lotu pocisku, który posiada małą szybkość wylotową (135 — 150 m/sek.).

3) *Artylerja górska.* Przeznaczeniem artylerji górskiej jest wspieranie piechoty i kawalerji podczas walk w górach, gdzie czasami warunki miejscowe wymagają przewożenia artylerji na zwierzętach jucznych. Wobec tego działo górskie powinno rozkładać się na części; ciężar każdej części nie powinien przekraczać 100 klg. Ponieważ warunki użycia ograniczają ciężar działa, więc działo górskie nie może być armatą o długiej lufie, jest ono haubicą, strzelającą małym, często stałym ładunkiem prochu. Ostatnio, dla zwiększenia skuteczności dział górskich, zaczęto wyrabiać działa o lufie cięższej lecz rozkładanej. Wzmocnienie przewozi się oddzielnie od rury rdzeniowej. Kaliber dział górskich waha się od 60 — 100 m/m. Pociski — granat, szrapnel i pocisk gazowy.

4) *Artylerja lekka.* Przeznaczeniem artylerji lekkiej jest wspieranie piechoty i kawalerji (artylerja konna). Artylerja ta powinna być ruchliwą i zdolną do poruszania się w terenie bez dróg, towarzysząc piechocie lub kawalerji. Zachowanie ruchliwości ogranicza ciężar działa, który nie powinien przekraczać (dla kompletnie załadowanego zespołu t. j. działa z przodkiem) 1800 kg.

Przy tym ciężarze działa artylerji lekkiej powinny posiadać dostateczną skuteczność ognia, by móc razić cele żywe i niszczyć słabe schrony. Wymaga to większej szybkości wylotowej i większego kalibru; oprócz tego działo lekkie powinno być szybkostrzelnem.

Wymagania te nie dają się połączyć w jednem dziale, wobec czego artylerja lekka posiada dwa typy dział: armaty 75 — 80 m/m i haubice 100 — 120 m/m. Pociski — granat, szrapnel, pocisk gazowy.

5) *Artylerja ciężka.* Przeznaczeniem artylerji ciężkiej jest niszczenie schronów i umocnień średniej mocy, ostrzeliwanie tyłów przeciwnika i walka z jego artylerją. Do artylerji ciężkiej należą armaty i haubice kalibrów od 100 do 200 m/m. Działa artylerji ciężkiej są mało ruchliwe, poruszają się przeważnie szosami. Wojna światowa wprowadziła zaprząg motorowy, co znacznie zwiększyło ruchliwość artylerji ciężkiej i pozwoliło wprowadzić do niej większe kalibry.

Pociski — granat, szrapnel i pocisk gazowy.

6) *Artylerja najcięższa o wielkiej mocy i artylerja o wielkiej donośności.* Artylerję tę wprowadziła do walki polowej wojna światowa, używając w polu dział artylerji oblężniczej i nadbrzeżnej*). Dział tych, z powodu ich wielkiego ciężaru i trudności instalacji używa się tylko w wojnie pozycyjnej, przewożąc je motorami, lub koleją, przyczem większa część dział strzela wprost z toru kolejowego. Kaliber waha się od 200 do 520 m/m.

Przeznaczeniem artylerji najcięższej o wielkiej mocy i donośności jest niszczenie nadzwyczaj mocnych schronów, walka z artylerją ciężką i najcięższą przeciwnika i ostrzeliwanie jego czułych miejsc na tyłach, jak dworce kolejowe, magazyny, kwatery etc.

Pociski — granat i pocisk gazowy.

7) *Artylerja przeciwlotnicza.* Przeznaczeniem artylerji przeciwlotniczej jest walka z płatowcami i balonami przeciwnika; są to armaty szybkostrzelne o wielkich szybkościach wylotowych. Kaliber dział waha się od 20 do 105 m/m. Niektóre systemy tych dział są umieszczone na platformach samochodowych, celem nadania tym działom wielkiej ruchliwości. Wojna światowa, w zakresie artylerji przeciwlotniczej, ograniczyła się, z małemi tylko wyjątkami, do przystosowania zdobycznych dział lekkich.

Pociski — szrapnel i granat rozpryskowy. (W przyszłości prawdopodobnie pocisk gazowy, który będzie zatruwał pewną przestrzeń około aparatu i bezwzględnie będzie więcej skuteczny niż pocisk dotychczasowy).

*) Ustalony oddawna podział artylerji na forteczną i oblężniczą nie ma obecnie racji bytu, ponieważ każdego działa możemy użyć we wszelkich warunkach walki.

INSTYTUT BADAŃ ARTYLERYJSKICH IBBA

8) *Artylerja nadbrzeżna i okrętowa.* Przeznaczeniem artylerji nadbrzeżnej jest walka z okrętami wojennemi przeciwnika, okrytemi grubym stalowym pancerzem — pancerniki i krążowniki, i z okrętami o słabych pancerzach — torpedowce, wyławiacze min, oraz z celami żywemi — desant przeciwnika.

Z powodu tak różnorodnych celów artylerja nadbrzeżna posiada wszystkie kalibry i wszystkie typy dział. Działa artylerji nadbrzeżnej są dalekonośne, nadzwyczaj potężne i wobec tego ciężkie, umieszcza się je więc na specjalnych, stałych, nieruchomych łożach.

Przeznaczeniem artylerji okrętowej jest walka z flotą przeciwnika i fortecami nadbrzeżnemi.

Działa artylerji okrętowej są to wyłącznie armaty dalekonośne średniego i wielkiego kalibru. Dla odparcia ataków torpedowców okręty bojowe posiadają pewną ilość artylerji małego kalibru i karabinów maszynowych.

Wielkie kalibry artylerji nadbrzeżnej i okrętowej wahają się obecnie od 300 — 420 m/m.

Pociski — dla małych kalibrów szrapnel i granat, dla średnich i wielkich wyłącznie granat.

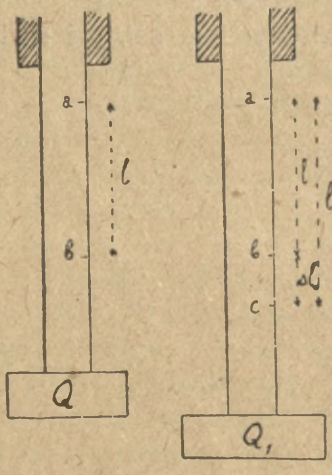
ROZDZIAŁ II.

Zasady budowy dział.

5. Właściwości materjałów używanych do wyrobu dział. Przy wyborze materjału do wyrobu broni palnej należy kierować się: 1) mechanicznemi właściwościami i dogodnością obrabiania materjału i 2) zdatnością materjału do odporności przeciw wysokiej temperaturze gazów prochowych.

Mechaniczne właściwości każdego materjału są: wytrzymałość, sprężystość, twardość i ciągliwość.

Jeśli do zawieszonego pręta metalowego przyczepimy jakikolwiek ciężar Q (Rys. 1), zauważymy, że długość pręta nieco zwiększy się, a jego grubość się zmniejszy. Długość będzie zwiększać się ze zwiększeniem przyczepionego ciężaru. Celem określenia wielkości zwiększenia długości robi się na pręcie znaki a i b, i, po zwiększeniu ciężaru do Q_1, mierzy odległość $bc = \Delta l$



Rys. 1.

Stosunek $\frac{\Delta l}{l}$ nazywa się wydłużeniem. Przy jednym i tym samym ciężarze Q wydłużenia są jednakowe przy wszelkich długościach prętów, wobec tego o zwiększeniu długości sądzi się z wydłużenia pręta.

Po zdjęciu ciężaru zauważymy, że pręt powraca do swego poprzedniego wymiaru — t. j. wydłużenie znika.

Zwiększając stopniowo ciężar Q, dojdziemy do takiej jego granicy, przy której pręt przestanie powracać do poprzednich wymiarów i pozostanie nieco wydłużonym po zdjęciu ciężaru. Wydłużenie to nazywa się wydłużeniem pozostającem. Suma wydłużeń, powracającego i pozostającego, stanowi całkowite wydłużenie pręta przy danym ciężarze.

Ze zwiększeniem ciężaru zauważymy w środkowej części pręta zwężenie i przy pewnym ciężarze nastąpi rozerwanie. Analogiczne zjawisko obserwujemy przy ściśnięciu. Pręt skraca się, pęcznieje, po zdjęciu ciężaru powraca do poprzednich wymiarów, po przekroczeniu pewnej granicy pręt rozkrusza się.

Na podstawie powyższego możemy teraz określić mechaniczne właściwości materjału użytego do wyrobu dział.

Wytrzymałością (mocą) materjału nazywamy właściwość opierania się rozerwaniu przy rozciąganiu i rozkruszaniu przy ściśnięciu. Miarą mocy materjału jest ta siła, działająca na jednostkę poprzecznego przekroju pręta, przy której następuje rozerwanie lub rozkruszenie. Wytrzymałość materjału, użytego do wyrobu dział, jest potrzebna dlatego, by lufa należycie opierała się ciśnieniu gazów prochowych.

Sprężystością materjału nazywa się jego właściwość powracania do poprzednich wymiarów po zaprzestaniu działania siły. Siła, która powoduje, że, po ustaniu jej działania, ciało nie może powrócić do poprzednich wymiarów, określa granicę sprężystości, czyli jest miarą sprężystości. Materjał dla luf powinien posiadać wysoką granicę sprężystości, by po strzale uniknąć pozostających odkształceń w lufie.

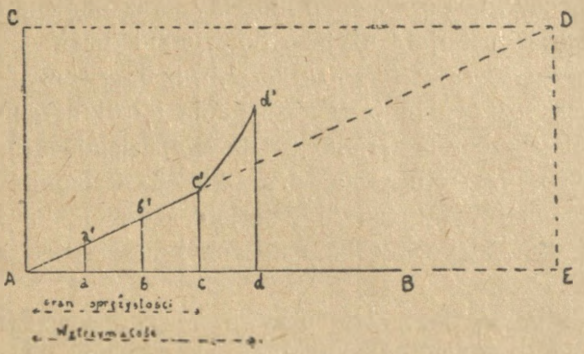
Twardością materjału nazywa się jego właściwość opierania się przeniknięciu ciał postronnych do wnętrza metalu. Za miarę twardości przyjmuje się wielkość śladu, który na powierzchni metalu robi ostrze, np. noża Rodmana, pod działaniem danej siły. Ślad ten porównywa się ze śladem na bronzie, zrobionym tym samym nożem i przy tej samej sile ciśnienia. Twardość materjału jest potrzebna przy wyrobie luf dla zabezpieczenia przewodu lufy od odkształcenia przy uderzeniach i tarcia pocisku o powierzchnię przewodu lufy.

Ciągliwość materjału jest to właściwość odkształcania się pod wpływem siły rozciągającej. Przy większej ciągliwości materjału lepiej opiera się on uderzeniom nie rozkruszając się, a więc i lepiej opiera się działaniu gazów prochowych przy strzelaniu. Za miarę ciągliwości przyjmuje się wielkość całkowitego wydłużenia przy rozerwaniu ($\frac{\Delta l}{l}$ max.).

Jeśli weźmiemy jednakowe pręty z różnych metali i poddamy je działaniu siły rozciągającej, wówczas, przy siłach przekraczających granicę sprężystości, proporcjonalność między wydłużeniami i siłami rozciągającemi zniknie i w prętach pozostaną wydłu-

żenia ,zwane wydłużeniami pozostającemi. Wydłużenia, znikające po zaprzestaniu działania siły rozciągającej, nazywają się wydłużeniami znikającemi.

Zależność między siłami rozciągającemi i odpowiedniemi wydłużeniami możemy wyrazić przez wykres (Rys. 2).



Rys. 2.

Jeżeli na poziomej osi AB będziemy oznaczać siły rozciągające Aa, Ab, Ac, Ad i t. d., a wzdłuż pionowej osi AC odpowiednie wydłużenia w częściach pierwotnej długości pręta AC, wówczas krzywa $Aa'\ b'\ c'\ d'$ wyrazi zależność między wydłużeniami pręta i rozciągającemi siłami. Z krzywej tej widzimy, że do punktu c' jest ona prostą; wskazuje to, że do tej chwili, t. j. przy siłach nie przekraczających Ac, wydłużenia pręta wzrastają proporcjonalnie do rozciągających sił, czyli otrzymujemy tylko znikające wydłużenia.

Po przekroczeniu tej granicy, w pręcie pozostają wydłużenia, a przy zwiększeniu siły do pewnej wielkości Ad pręt rozerwie się.

Jeśli przedstawimy sobie siłę AE, przy której otrzymalibyśmy znikające wydłużenie ED, równe pierwotnej długości pręta (taki metal dotychczas nie istnieje), to ta siła będzie spółczynnikiem sprężystości, którą oznacza się zwykle literą E.

6. Sztuczne podniesienie mechanicznych właściwości metalu. Rozciągając pręt przy pomocy siły nieco przekraczającej granice sprężystości danego metalu, nadamy mu pewne pozostające wydłużenia. Mimo tego metal nie traci swych właściwości mechanicznych, przy ponownem bowiem rozciąganiu pręta, posiadającego już pozostające wydłużenie, proporcjonalność między siłami a wydłużeniami utrzymuje się, t. j. wychodzi poza dawną granicę sprężystości, nie powiększając jednak pozostającego wydłużenia.

Tabela mechanicznych właściwości metali używanych do wyrobu dział.

Metal	Granica sprężystości (atmosfery)	Wytrzymałość (atmosfery)	Ciągliwość w % (wydłużenie przy rozerwaniu)	Twardość w stosunku do zwykłego bronzu	Ciężar gatunkowy	Temperatura topnienia
Bronz zwykły .	1200	2500	30%	1,0	8,6	900
Bronz kuty . . .	1500	3000	15%	1,8		
Żelazo lane (żeliwo)	790	1500	0,5%	2,1	7,1	1100
Żelazo (zwykłe)	1500	3500	15%	2,0	7,6	1800 do 2200
Drut stalowy . .	10000	—	—	—		
Stal lana niehartowana . .	2600	5000	10—20%	2,4	7,5	1300
Stal dla dział .	3300	7500	14%	—		
Stal lana hartowana	od 3000 do 10000	od 6000 do 12000	10—6%	2,6		

Tę właściwość metalu wykorzystują w praktyce, poddając metale walcowaniu, kuciu, rozpłaszczaniu.

Niektóre metale znacznie zmieniają swoje właściwości przy nagrzewaniu i szybkiem lub powolnem ochładzaniu. *Hartowanie* polega na rozgrzaniu metalu do pewnego stopnia (do czerwoności) i szybkiem ochłodzeniu w płynie (woda, olej, roztopiony ołów). Nie wszystkie metale dają się hartować i różne metale różnie zmieniają swoje właściwości po hartowaniu. Tak np. stal po hartowaniu staje się twardszą, a zarazem bardziej kruchą, miedź — odwrotnie, bardziej mięknie, żelazo wcale nie hartuje się, t. j. nie zmienia swoich właściwości.

Wpływ hartowania tłómaczy się zmianą wewnętrznej budowy cząsteczek metalu. Stal, przy rozgrzaniu do 700°, przechodzi ze stanu krystalicznego do bezkształtnego — amorficznego. Szybkie ochłodzenie nie pozwala stali powrócić do stanu krystalicznego — na tem polega istota hartowania.

Odpuszczenie, czyli częściowe odhartowanie, ma na celu nadanie zahartowanemu metalowi ponownie miękkości i ciągliwości przy zachowaniu amorficznego stanu. W tym celu rozgrzewa się metal do temperatury hartowania i wolno go ochładza. Po odpuszczeniu, granice sprężystości i wytrzymałości są nieco większe, powraca ciągliwość poprzednia lub nieco wyższa, metal staje się bardziej jednorodnym i bardziej opornym, niż był przed hartowaniem.

Metale używane do wyrobu luf. Stal, żelazo, bronz. Pierwsze wzory luf (XIV wiek) były wytwarzane ze skuwanych listew żelaznych; ten sposób wytwarzania luf przedstawiał pracę nadzwyczaj trudną i wobec tego, gdy wynaleziono sposób odlewania, zarzucono wyrób luf z listew żelaznych i zaczęto wytwarzać lufy z żelaza lanego i z bronzu. Do połowy XIX wieku utrzymały się lufy z żelaza lanego i bronzu, które ustąpiły wreszcie lufom stalowym. (Anglja przez długi czas zachowała lufy z żelaza kutego).

Względnie niewysoka temperatura topliwości tych metali i własność dobrego wypełniania formy przy odlewaniu dawały możność odlewania luf nawet wielkich kalibrów.

Przy strzelaniu podłużnemi pociskami, ciśnienie gazów w przewodzie lufy osiąga znaczną wielkość (pocisk porusza się wolniej, ładunek pali się w mniejszej przestrzeni), wobec tego należy dążyć do tego, by materjał do wyrobu luf posiadał właściwść wytwarzania wysokich ciśnień. Przy wytwarzaniu luf gwintowanych, posiadających większą celność i donośność strzału, wystawionych na większe ciśnienia w przewodzie lufy, okazała się konieczność znalezienia metalu z wyższemi właściwościami mechanicznemi, niż żelazo i bronz — metalem tym jest stal.

Stal otrzymuje się z rudy żelaznej; posiadając, jak i żelazo lane właściwość topienia, przewyższa ona jednocześnie znacznie żelazo lane swemi właściwościami mechanicznemi. Oprócz tego najważniejszą zaletą stali jest możność jej hartowania i kowalność, t. j. właściwość zmieniania kształtu przy uderzeniu bez kruszenia się.

Stal zawiera w sobie od 0,25% do 1,5% węgla. Zależnie od ilości węgla stal bywa miękką, jak żelazo lub twardą, jak żelazo lane. Do wytwarzania dział używają stali, zawierającej od 0,4% do 0,6% węgla.

Właściwości mechaniczne stali zmieniają się po dodaniu do niej niklu, chromu, lub siarki. W artylerji używa się przeważnie stali niklowej, chromowej i chromo-niklowej.

Stal niklowa jest twardsza, mocniejsza i ciągliwsza od zwykłej—wobec czego używa się jej przeważnie do wyrobu luf. Stal chromowa jest twarda, mocna, lecz mniej ciągliwa — wobec czego używa się jej do wyrobu pocisków specjalnych do przebijania pancerzy.

Odpowiednio do sposobu przygotowania, dzieli się stal na: pudlingową, tyglową, martenowską i elektrolityczną, przyczem każdy z tych sposobów może dać stal twardą (z wielką zawartością węgla) i stal miękką (z małą zawartością węgla).

Za początek fabrykacji stali lanej należy uważać 1800 r. — datę wydania patentu na nazwisko Mochet'a. Początkowo sztuka przygotowania stali była otoczona tajemnicą. Obecnie niektóre sposoby wyrobu stali, hartowania, odlewania i t. p. są przechowywane przez fabryki w najgłębszej tajemnicy. Np. dotychczas nie opublikowano sposobów hartowania pocisków do przebijania pancerzy, sposobów hartowania pancernych płyt i t. p. stanowiących tajemnice danej fabryki.

Początkowo stalowe odlewy nie udawały się. W r. 1863 metalurg Cizancourt, autorytet swego czasu, pisze: „przy szybkiem, tyglowem odlewaniu można otrzymać odlew wagi do 40 kg. Odlew zaś wagi 1000 kg. jest niemożliwością".

W 1888 roku odlanie jednolitego odlewu wagi 40.000 kg. uważano za bardzo trudne, lecz zupełnie możliwe.

Obecnie podobne odlewy i nawet większe nie przedstawiają żadnych trudności.

Do luf używa się stali tyglowej, otrzymywanej przez przetopienie pudlingowej stali w tyglach, i martenowskiej, otrzymywanej przez przetopienie metalu w specjalnych piecach, oraz elektrolitycznej.

Dotychczas oceniano właściwości stali na podstawie badań chemicznych i fizycznych, obecnie oprócz tych sposobów wprowadzono mikroskopijny sposób badania struktury stali.

Istota badania fizycznego stali polega na określeniu granicy sprężystości i wytrzymałości.

Badania fizyczne stali stanowią niezbędną czynność przy jej wyrobie, i żadna huta nie przystąpi do pracy z danym gatunkiem stali, nie poddawszy go uprzednio badaniom fizycznym. Nadto obecnie są opracowane normalne skale złomów stali i ustalona nomenklatura, co ułatwia znacznie badanie struktury stali w sztabach, przy rozerwaniu.

Istota badań chemicznych polega na określeniu procentu węgla i domieszek *(Ni, Cr, Ph, S, Mg)*.

Mikrofotograficzny sposób badania stali czyli metalografja ma na celu dać możność wnioskowania o właściwościach metalu, o zmianach w jego strukturze i rozmieszczeniu cząsteczek metalu. Pierwsze próby w tym kierunku poczyniono w końcu 6-go dziesiątka lat zeszłego stulecia (Sorby). Przy badaniu struktury stali przez mikroskop korzysta się z powiększeń od 30 do 100 razy; im twardsza stal, tem większego używa się powiększenia, ponieważ drobniejsze są ziarna. Przy badaniu mikroskopijnem stali, z powodu nieprzezroczystości, oświetla się ją z góry lub z boku. Wzór metalu przeznaczony do badania powinien być starannie wypolerowany.

Przy badaniu wzorów pod mikroskopem, rozróżnia się trzy rodzaje struktury, które, przeplatając się, tworzą ogólny wygląd—są to: ferryt, perlit i cementyt.

Ferryt jest to drobne, amorficzne żelazo.

Perlit, podobny do masy perłowej, jest twardszy od ferrytu i stanowi niejako powłokę jego ziarn. Przy znacznych powiększeniach zauważa się w perlicie twardą i miękką warstwę, ostatnia, prawie dwa razy grubsza od twardej — jest prawdopodobnie, jak i ferryt, czystem żelazem, a twarda — związkiem.

Cementyt jest twardszy od perlitu, znajduje się tylko w twardych gatunkach stali, zwłaszcza przy hartowaniu. Chemiczny skład cementytu nie jest jeszcze ustalony, wiadomo tylko, że zawiera on znaczne ilości węgla.

Działa stalowe strzelają większemi ładunkami, niż działa z bronzu lub żelaza lanego tego samego kalibru, posiadając przy tem znacznie mniejszy ciężar.

Ujemnemi stronami stali jest skłonność do utleniania (rdzewienia), co wymaga starannej konserwacji i malowania materjału.

Żelazo kute. Żelazem kutem chciano zastąpić bronz. Jest ono twardsze i wytrzymalsze od bronzu.

Wytwarzanie luf przedstawiało znaczne trudności, ponieważ trzeba było wykuwać ogromne kloce żelazne. Sposób ten długo utrzymał się w Anglji, która dopiero w końcu XIX wieku przeszła do luf stalowych.

Angielskie lufy żelazne były nadzwyczaj ciężkie, ponieważ wymagały znacznej ilości wzmocnień (do trzech warstw).

Pierwsze lufy tego typu były skonstruowane w r. 1868 i utrzymały się tylko ze względów oszczędnościowych, ponieważ pod względem balistycznym i co do gatunku metalu ustępowały znacznie lufom stalowym.

Żelazo lane. Żelaza lanego, jako nadzwyczaj taniego materjału, używano do wytwarzania luf wielkiego kalibru dla artylerji nadbrzeżnej. Żelazo lane jest mało sprężyste i mniej wytrzymałe niż bronz, wobec czego grubość ścian lufy dochodziła do znacznych wymiarów. Mała ciągliwość żelaza lanego była przyczyną wielu rozerwań luf po pewnym okresie służby, co zmusiło do wstawienia rur rdzeniowych i wzmocnień stalowych. Luf tego rodzaju, z powodu wielkiego ich ciężaru, można używać tylko w twierdzach nadbrzeżnych.

Bronz jest stopem (aliażem) 100 części miedzi i 10 części ołowiu. Do 6-go dziesiątka lat ubiegłego stulecia bronz uchodził za najlepszy metal do wyrobu luf. Jest to nadzwyczaj ciągliwy, sprężysty lecz miękki metal, słabo opierający się działaniu gazów prochowych. Lufy bronzowe są cięższe od luf stalowych.

Największą zaletą bronzu jest możność posługiwania się nim do nieskończoności, przetapiając z łatwością lufy jednego systemu na inny. Warunki atmosferyczne na bronz wcale nie wpływają; pokrywa się on po pewnym czasie patyną, która chroni go od utlenienia.

Lufy z bronzu są bezpieczniejsze przy strzelaniu (w razie wybuchu pocisku w przewodzie lufy), ponieważ nie rozrywają się lecz rozdymają się w miejscu wybuchu. Ujemną stroną luf z bronzu jest niemożliwość strzelania wielkiemi ładunkami prochu i ciężkiemi pociskami z pierścieniami wiodącemi. Gwinty tak szybko się niszczyły, że trzeba było zupełnie wyrzec się wytwarzania luf z bronzu.

W Austrji jednak, dzięki doświadczeniom Uchatius'a, nie zaprzestano wytwarzania luf z bronzu, używając tak zwanego bronzu stalistego. Jesto to zwykły bronz lany, przekuty i przewalcowany. Dla stwardnienia przewodu lufy przeciąga się przez niego wał stalowy o stopniowo zwiększającej się średnicy. Obecnie większa część luf z bronzu posiada wstawioną wewnątrz rurę rdzeniową ze stali.

Lufy z bronzu zachowały się tylko w Austrji i Niemczech (niektóre haubice i moździerze), inne państwa przyjęły dla artylerji wyłącznie stal — materjał przewyższający swemi właściwościami mechanicznemi bronz.

ROZDZIAŁ III.

Lufa wzmocniona.

10. Działanie gazów prochowych na lufę działa. Przy strzale gazy prochowe będą działały na ścianki lufy, dążąc do ich rozerwania; rozpatrzmy więc, jak przedstawia się ta niszcząca praca gazów i jakie środki należy zastosować, by uniknąć rozerwania lufy.

Ściany lufy przedstawiają w każdym z poprzecznych przekrojów pierścień, rozciągany przez wewnętrzne cieśnienie. Pierścień ten możemy uważać za składający się z wielkiej ilości nadzwyczaj cienkich warstw, związanych między sobą siłą spójności cząsteczek metalu.

Przy strzale, podczas ruchu pocisku w przewodzie lufy, ciśnienie gazów prochowych działa na jego ściany, dążąc do rozszerzenia przewodu. Warstwa cząsteczek, stanowiąca ściany przewodu lufy, pierwsza przyjmuje na się ciśnienie gazów prochowych; warstwa ta rozszerza się i jej cząsteczki zbliżają się do cząsteczek następnej warstwy; zbliżeniu temu opiera się siła sprężystości, która w postaci siły odpychającej dąży do oddalenia cząsteczek pierwszej warstwy na miejsce poprzednio zajmowane. Od działania tej siły i rozszerzenia pierwszej warstwy cząsteczki 2-giej warstwy, oddalając się od osi lufy, zbliżają się do 3 ciej warstwy i t. d.

W krótkim przeciągu czasu wszystkie cząsteczki ścian lufy będą wprowadzone w ruch drgający. Przytem, pod działaniem gazów prochowych, będą odbywać się następujące zmiany: rozciąganie w kierunku obwodów poprzecznych przekrojów i ściśnięcie ścian w kierunku promieni. Oprócz tego gazy prochowe cisną na dno przewodu lufy, a więc dążą do wykonania odrzutu. Lufa, umieszczona czopami na łożu, stawia pewien opór temu ruchowi, wskutek czego ściany lufy między czopami a dnem, rozciągają się wzdłuż.

Wskutek tego, że przy spalaniu ładunku prochu w przewodzie lufy w pierwszych chwilach ciśnienie gazów osiąga swoje

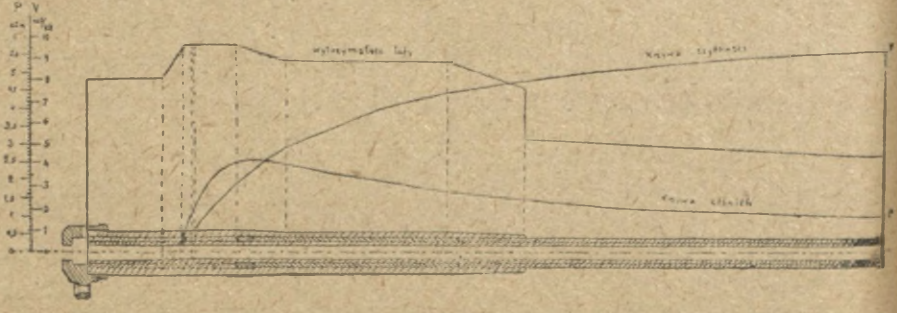
maksimum, poczem szybko obniża się, ściany przewodu lufy w części komorowej ulegają większemu ciśnieniu niż w części wylotowej, a więc i rozszerzenie przewodu lufy w różnych przekrojach może być różne, wskutek czego ściany lufy mogą się wygiąć na zewnątrz. Lufa będzie zabezpieczona od wygięcia ścian, jeśli w niej nie będzie pozostających rozciągnięć (odkształceń) na obwodach; jeśli zaś dno lufy przedstawia jedną całość ze ścianami przewodu lufy (działa ładowane przez wylot) wówczas, wskutek wygięcia ścian, mogą się utworzyć szczeliny w miejscach połączenia dna ze ścianami.

Dla trwałości lufy jest niezbędne, by cząsteczki jej ścian otrzymywały przy strzale tylko znikające odkształcenia; jeśli bowiem powstaną pozostające odkształcenia, to przy następnych strzałach będą one zwiększać się i może nastąpić rozerwanie lufy w płaszczyźnie równoległej do jej osi, spowodowane rozciąganiem w kierunku poprzecznych przekrojów, lub też w płaszczyźnie prostopadłej do osi lufy — spowodowane rozciąganiem ścian wzdłuż.

Największe ciśnienie gazów prochowych, przy którem ani w jednym z poprzecznych przekrojów lufy nie rozwija się ciśnienie, przekraczające granice sprężystości materjału, nazywa się oporem sprężystym lub wytrzymałością lufy przeciw rozerwaniu wzdłuż, inaczej mówiąc — mocą lufy.

Zapasem wytrzymałości lufy nazywa się nadmiar wytrzymałości lufy ponad odpowiednie, największe ciśnienie gazów prochowych przy strzale, naprzykład jeśli wytrzymałość lufy wynosi 5000 atmosfer, ciśnienie gazów wynosi 2800 atmosfer, czyli 44%.

Dla uwidocznienia stopnia wytrzymałości luf przytaczamy wykres krzywej wytrzymałości lufy 4 calowego (101 mm) działa rosyjskiego (Rys. 3). Z rysunku tego widzimy, że przy ciśnieniu gazów prochowych, wynoszącem 2600 atmosfer, wytrzymałość lufy



Rys. 3.

wynosi w tym punkcie 5900 atmosfer, czyli zapas wytrzymałości równa 3300 atmosferom — t. j. wytrzymałość lufy jest 2,26 razy większa od ciśnienia gazów prochowych. (Na skali liczby oznaczają tysiące).

Z powyższego widzimy, że zagadnienie najlepszej konstrukcji lufy sprowadza się do zbudowania cylindra z dnem, wewnątrz którego działa siła — ciśnienie gazów prochowych, któregoby ścianki pod wpływem działających sił nie doznały zmian, przekraczających granicę sprężystości.

Teoretyczne badanie kwestji oporu ścian lufy, stawianego ciśnieniu gazów prochowych przy strzale, wykazuje, że największe niebezpieczeństwo rozerwania pochodzi od wydłużenia ścian wzdłuż obwodów przekrojów poprzecznych. Praktyka potwierdza to w zupełności: przy długotrwającem strzelaniu z dział szczeliny tworzą się w płaszczyznach, przechodzących przez oś działa, i rozpoczynają się od powierzchni przewodu lufy.

Jakże uchronić lufę od rozerwania wzdłuż? Na pierwszy rzut oka najlepszem wyjściem wydaje się zwiększenie grubości ścian lufy; byłoby to dobre, jeśliby wszystkie odśrodkowe warstwy ścian lufy brały jednakowy udział w opieraniu się rozciągającej sile gazów; w rzeczywistości tak nie jest.

Przypuśćmy, że przy ciśnieniu gazów prochowych wewnętrzny promień przewodu lufy zwiększył się o δ_r, t. j. stał się $r + \delta_r$; jeśl nawet przypuścimy, że pod wpływem ciśnienia gazów prochowych grubość ściany nie zmniejszyła się, wówczas i zewnętrzny promień R otrzyma pewne zwiększenie nie przekraczające δ_r. Oczywiście, że względne wydłużenie $\frac{\delta_r}{r}$ wewnętrznego promienia będzie tyle razy większe od względnego wydłużenia $\frac{\delta_r}{R}$ zewnętrznego promienia, ile razy R będzie większe od r. W rzeczywistości, wskutek ściśnięcia wzdłuż promienia, różnica między względnemi wydłużeniami jest jeszcze większa.*)

O prawdziwości tego twierdzenia możemy upewnić się przez doświadczenie.

Weźmy walec kauczukowy z kanałem walcowym na płaskiem ścięciu podstawy, narysujmy kilka kół dośrodkowych w jednakowych odstępach jedno od drugiego. Jeśli teraz do kanału będziemy wpychali drewniany stożek, zauważymy odrazu, że śred-

*) $\frac{2\pi(r+\delta_r)-2\pi r}{2\pi r} = \frac{\delta_r}{r}$. $\frac{2\pi(R+\delta_r)-2\pi r}{2\pi R} = \frac{\delta_r}{R}$.

nice kół, położonych bliżej kanału, zwiększą się w znacznie większym stopniu, niż średnice kół, położonych dalej. Podobne zjawisko, lecz w znacznie mniejszych rozmiarach, odbywa się w ścianach lufy przy strzale. Warstwy, leżące od powierzchni przewodu lufy dalej niż dwa kalibry, nie biorą prawie żadnego udziału w tych zmianach, jakie wykonywa w lufie ciśnienie gazów prochowych.

Badanie wytrzymałości lufy wykazuje, że nawet przy bardzo znacznej grubości całkowitych ścian w lufie nie może być dopuszczone ciśnienie, przekraczające granice sprężystości danego materjału,*) a więc należy, albo zupełnie wyrzec się wielkich ciśnień w przewodzie lufy, t. j. wyrzec się tych wszystkich dodatnich stron, które dają wielkie szybkości wylotowe i ciężkie pociski (większa siła burząca, większa celność i t. d.), lub dążyć do technicznego udoskonalenia metalu—do udoskonalenia jego własności mechanicznych.

W tym kierunku metalurgja pracuje obecnie i osiągnęła znaczne rezultaty, zwłaszcza podczas ostatnich lat. Do 1914 roku największe dopuszczalne ciśnienie w przewodzie lufy było 3000—3500 atmosfer, obecnie zaś, przy zastosowaniu samopodwyższenia granicy sprężystości, dopuszczalne ciśnienia mogą być znacznie większe niż 5000 atmosfer. Jednakowoż nie mamy jeszcze takiego metalu, który w wielkich masach dopuszczałby ciśnienia większe nad 5000, z czego wynika niezbędność nadania ścianom lufy sztucznej budowy — złożenia ich z warstw w taki sposób, by

---

*) Na podstawie praw teorji sprężystości dowodzi się, że wielkość bezpiecznego dla wytrzymałości lufy ciśnienia gazów prochowych w przewodzie lufy:

$$P = Q\,\frac{\left(\frac{R}{r}\right)^2 - 1}{\left(\frac{R}{r}\right)^2 + 1},$$

gdzie Q — granica sprężystości metalu, R i r promienie — zewnętrzny i wewnętrzny, P wytrzymałość lufy.

Przy $\frac{R}{r}$ równym: . . . . 1,5, 2, 2,5, 3, 4, 5, 6, ∞.

P posiada znaczenia: . . . 0,4Q, 0,6Q, 0,72Q, 0,8Q, 0,88Q, 0,92Q, 0,95Q Q.

przytem grubość ścian: . . 0,5r, 1r, 1,5r, 2r, 3r, 4r, 5r, ∞

Liczby te pokazują, że przy stopniowem zwiększeniu ścian wytrzymałość lufy P wzrasta coraz mniej. Przy $R = \infty$, $P = Q$, t. j. przy nieskończenie wielkiej grubości ścian, bezpieczne ciśnienie nie może przekroczyć granicy sprężystości materjału. Przy grubości ścian równej 3 r, wielkość P jest blizka Q, więc zwiększenie grubości ścian lufy poza 1,5 kalibra jest prawie bezużyteczne dla wytrzymałości lufy.

wszystkie warstwy brały, o ile to możliwe, jednakowy udział w oporze, sprzeciwiającym się rozerwaniu (przeważnie wzdłuż); lufy takie nazywają się wzmocnionemi.

Istota wzmocnienia polega na następującem zjawisku: wewnętrzne warstwy pod ciśnieniem gazów rozszerzają się więcej niż zewnętrzne; trzeba więc, by przed strzałem wewnętrzne warstwy były ściśnięte przez zewnętrzne, zewnętrzne zaś będą nieco rozciągnięte przez wewnętrzne. Przy strzale ciśnienie gazów prochowych powinno najpierw przeciwdziałać ściśnięciu wewnętrznych warstw— doprowadzić je do normalnego stanu, a potem rozciągać dalej.

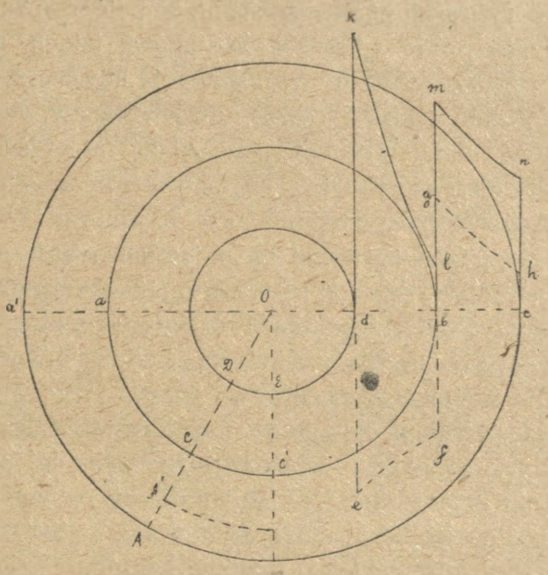
Aby zdać sobie sprawę z warunków, jakich należy przestrzegać przy wytwarzaniu wzmocnionej lufy, przypuśćmy, że chcemy zrobić lufę, składającą się z dwóch warstw, wtedy wzmocnienie uskuteczniamy w ten sposób, że na rurę rdzeniową nałożymy pierścienie, których wewnętrzna średnica D_1 jest nieco mniejsza od zewnętrznej średnicy rury rdzeniowej D. Aby pierścienie nałożyć rozgrzewa się je, przyczem rozszerzają się one i swobodnie wchodzą na rurę rdzeniową, po ochłodzeniu zaś — ściskają ją. Oczywiście, że stopień ściśnięcia będzie zależał od różnicy $D - D_1$ między zewnętrzną średnicą rury rdzeniowej a wewnętrzną średnicą pierścieni *).

Stan cząsteczek metalu przed strzałem w dziale składającem się z dwóch warstw (rury rdzeniowej, wzmocnionej przy określonem ściśnięciu przez rząd pierścieni) możemy na wykresie przedstawić w następujący sposób: przypuśćmy, że db (Rys. 4) jest przekrojem rury rdzeniowej, na którą nałożono rozgrzany pierścień bc; ostygając, pierścień dąży do osiągnięcia swoich poprzednich wymiarów i wobec tego ściska lufę, lecz ponieważ zewnętrzna średnica rury rdzeniowej jest nieco większa od wewnętrznej średnicy pierścienia w stanie normalnym, więc ten ostatni ostygając nie osiągnie swego pierwotnego kształtu i cząsteczki metalu pierścienia nie powrócą do normalnego stanu, lecz będą nieco rozciągnięte, zależnie od różnicy średnic; jeśli ta różnica jest zbyt wielką, natężenie cząsteczek metalu w pierścieniu może być tak znaczne, że ten ostatni pęknie przy ochładzaniu.

W pierścieniu najbardziej będą rozciągnięte wewnętrzne warstwy a najmniej zewnętrzne; w rurze rdzeniowej cząsteczki jej

*) Teorja wzmocnień luf wskazuje, że, dla najdogodniejszego urządzenia lufy, ściśnięcie metalu na powierzchni przewodu lufy nie powinno przekraczać granicy sprężystości metalu przy ściągnięciu, równem granicy sprężystości przy rozciąganiu.

będą ściśnięte, przyczem zewnętrzne — mniej; im bliżej wewnętrznej powierzchni przewodu lufy, tem cząsteczki będą więcej ściśnięte. *) W ten sposób, jeśli będziemy odmierzać nad linją poziomą — rozciągnięcia, pod nią zaś ściśnięcia, wówczas stan cząsteczek rury rdzeniowej przed strzałem przedstawi krzywa *ef*, a stan cząsteczek pierścienia — krzywa *gh*. Przy strzale, pod ciśnieniem gazów prochowych, rura rdzeniowa początkowo przejdzie do stanu normalnego, t. j. zanuluje ściśnięcie wszystkich części; potem dopiero



Rys. 4.

zacznie rozciągać się pierścień. Rzecz oczywista, że przy tej budowie w przewodzie lufy może być bezpiecznie dopuszczone większe ciśnienie, niż przy naturalnej strukturze metalu, a mianowicie, o wartość największego ciśnienia *de*.

Prawo, podług którego zmieniają się natężenia różnych części

*) By zdać sobie sprawę, w jakim stopniu naprężenia będą różne części, przedstawmy wycinek *OAB*; składa się on z szeregu części koncentrycznych, przyczem wszystkie części rury rdzeniowej *ab* zostaną ściśnięte przez pewną siłę, zależną od stopnia ściśnięcia; wtedy warstwa *CC'* będzie ściśnięta najmniej, warstwa *DE* — najwięcej, ponieważ wysiłek, przypadający na jednostkę powierzchni w warstwie *CC'*, będzie mniejszy niż w warstwie *DE*. Co się tyczy zewnętrznego pierścienia, to stan jego cząsteczek będzie przedstawiał się odwrotnie, mianowicie: warstwa *AB* będzie rozciągnięta, lecz mniej, niż pewna warstwa *A'B'*.

przy strzale, może się wyrazić dla rury rdzeniowej przez krzywą *kl*, dla pierścienia — przez krzywą *mn*.

W ten sposób widzimy, że podobne, sztuczne rozmieszczenie warstw metalu przynosi istotną korzyść, zwiększając wytrzymałość ścian lufy i, gdybyśmy złożyli działo nie z dwóch, lecz z czterech, pięciu, lub więcej warstw, to tą drogą moglibyśmy zmniejszyć ciężar działa, lub odwrotnie, przy danym ciężarze zwiększyć wytrzymałość działa. Ponieważ o wytrzymałości działa możemy sądzić z sumy powierzchi *dblk*, *bcnm*,....., więc, im więcej warstw zrobimy, tem łatwiej będzie nam zachować tę samą sumę powierzchni, zmniejszając najbardziej niebezpieczne dla wytrzymałości działa natężenie wewnętrznej warstwy, pokazane przez współrzędną *dk*.

Zwiększenie ilości wzmacniających pierścieni znacznie podnosi wartość działa, ponieważ przy nakładaniu pierścieni z określonem ściągnięciem powinna być ściśle przestrzegana różnica średnic różnych warstw (różnica ta jest nadzwyczaj mała od 1 do 1,5 mikrometra). Przy określeniu ilości rzędów pierścieni dla wzmocnienia danej lufy wychodzi się z następującego założenia: budować należy lufę, posiadającą podwójny zapas wytrzymałości, t. j. jeśli przypuszczalnie będzie się strzelało takiemi ładunkami i pociskami o takim ciężarze, przy których największe ciśnienie gazów prochowych w przewodzie lufy osiąga 2.500 atmosfer, to lufie, w miejscu największego ciśnienia, nadaje się wytrzymałość 5.000 atmosfer. Dla osiągnięcia takiej wytrzymałości należy wzmacniać lufy kilkoma rzędami pierścieni (do 5), ponieważ rury rdzeniowe i pierścienie wyrabiać można ze stali z granicą sprężystości do 2.500 atmosfer. Obecnie, przy wytwarzaniu rur rdzeniowych i pierścieni z granicą sprężystości około 3.500 atmosfer, otrzymuje się lufy takiej samej wytrzymałości, lecz składające się z mniejszej ilości warstw, co zmniejsza ciężar lufy.

11. Profil lufy wzmocnionej. Profil lufy zależy od grubości ścian. W częściach lufy, gdzie ciśnienie gazów prochowych jest większe, grubość ścian zwiększa się, a w częściach, gdzie ciśnienie jest mniejsze, odpowiednio zmniejsza się — czyli grubość ścian lufy odpowiada wielkości ciśnień gazów prochowych.

Ciśnienie to rozpoczyna się od przekroju stycznego z dnem pocisku i osiaga swoje maksimum na pewnej przestrzeni, poczem zaczyna zmniejszać się.

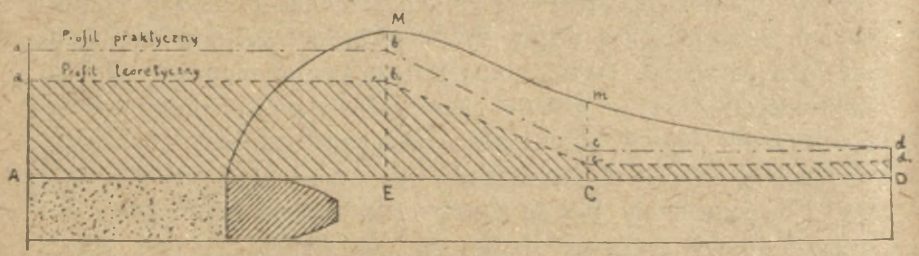
Z profilów lufy wyróżnia się profil teoretyczny, analogiczny do kształtu krzywej ciśnień gazów prochowych, i profil praktyczny,

ukształtowany z linij prostych, łatwych do osiągnięcia przy wytwarzaniu (Rys. 5).

Część *ab* profilu odpowiada największemu ciśnieniu, część *bc* — zniżce ciśnienia, część *cd* — słabemu ciśnieniu gazów prochowych.

Profil praktyczny jest zawsze położony wyżej od profilu teoretycznego, zwłaszcza przy wylocie, ponieważ ta część lufy jest najbardziej czułą na wstrząśnienia i uderzenia i mogłaby się wygiąć lub spowodować niebezpieczne pęknięcia metalu, będąc, zwłaszcza w armatach, nie opartą o kołyskę.

Część *ab* wzmocnienia nazywa się pierwszem wzmocnieniem lub wzmocnieniem komorowem; część *bc* — drugiem wzmocnieniem, lub wzmocnieniem średniem, część *cd* — wzmocnieniem wylotowem.



Rys. 5

Przy wzmocnieniu złożonem rozróżniamy pierwszą, drugą, trzecią i t. d. warstwę wzmocnień.

Profile luf niewzmocnionych przedstawiają zupełnie dokładnie kształt krzywej ciśnień. Amerykańskie „kolombjady", działa gładkie, z żelaza lanego mogą służyć przykładem dział niewzmocnionych.

12. Wzmocnienia. Lufy wzmocnione ukazały się w Europie w połowie XIX stulecia. Przyjęcie podłużnych pocisków i gwintowanie luf, a równolegle z tem zwiększenie ciśnień, zmusiło do poszukiwania sposobu wytwarzania luf, które, przy małej względnej wadze, okazywałyby znacznie większy opór, niż lufy zwykłe, niewzmocnione.

Badania teoretyczne, przeprowadzone początkowo w Anglji (Longridge i Rankins), potem we Francji (Virgile) i Rosji (Gadolin) dały możność praktycznego rozwiązania tej kwestji.

Jednocześnie z przejściem do luf wzmocnionych wszystkie państwa zaczęły wytwarzać działa stalowe.

Prusacy w wojnie 1870 roku mieli już artylerję stalową, Francja wprowadziła działa stalowe w r. 1873.

Pierwsze lufy wzmocnione zrobione były we Francji w latach 1864—65 — tytułem tylko pierwszych prób w tym kierunku podług projektów Virgil'a.

Obecnie istnieje kilka sposobów wzmacniania luf, które rozpatrzymy w ich chronologicznym porządku.

Lufy wzmacnia się:

1. pierścieniami,
2. rurą wewnętrzną,
3. obsadą,
4. pierścieniami i obsadami (system mieszany),
5. drutem stalowym i
6. samopodwyższeniem granicy sprężystości.

13. Wzmocnienie pierścieniowe. Ten rodzaj wzmocnienia jest najstarszym ze wszystkich sposobów. Był on zastosowany przeważnie przy wzmacnianiu dział większych kalibrów. Istota wzmocnienia polega na tem, że pierścienie, których średnica w stanie normalnym jest nieco mniejsza od średnicy rury rdzeniowej, po rozgrzaniu nakłada się na rurę rdzeniową od strony wylotowej. Pierścienie, ostygając, ściskają rurę; ściśnięcie jest tem większe, im większą jest różnica między średnicami pierścienia i rury. W stanie spoczynku, gdy z działa się nie strzela, zewnętrzna warstwa rury rdzeniowej jest w stanie stałego natężenia, które udziela się od warstw zewnętrznych warstwom wewnętrznym, skutkiem czego cała masa rury rdzeniowej jest pod stałem ciśnieniem. W chwili strzału, pod wpływem ciśnienia gazów prochowych, ciśnienie pierścieni anuluje się, t. j. lufa przechodzi do stanu normalnego, potem zaczyna się opór rury przeciw rozerwaniu.

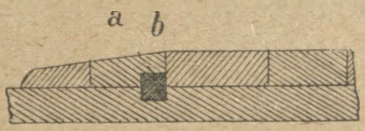
Wskutek tego rurę rdzeniową robi się z miękkiej stali, a pierścienie—z twardej, by wzmocnienie działa było bardziej elastyczne.

Teorja wzmocnienia zapomocą pierścieni wskazuje, że idealnem wzmocnieniem jest wzmocnienie nieskończenie cienkiemi pierścieniami z metalów coraz twardszych, umieszczonych stopniowo co do twardości od wewnątrz do zewnątrz lufy — twardsze metale bliżej rury rdzeniowej.

Zależnie od ciśnień nakłada się jeden, dwa i więcej rzędów pierścieni. Pierścienie utrzymują się na rurze siłą tarcia, jednakowoż, celem zapobieżenia zsuwaniu się pierścieni przy odrzucie, związuje się czasem rurę rdzeniową z najdalej wysuniętym pierścieniem zapomocą rozciętego (przepołowionego) pierścienia oporo-

wego, połówki zaś jego wkłada się do wytoczonych gniazd w rurze rdzeniowej, pokrywając je specjalnym pierścieniem łączącym *b*. (Rys. 6).

Jeśli się wzmacnia dwoma lub trzema rzędami pierścieni, to każdy rząd związuje się z poprzednim zapomocą przepołowionych pierścieni. Pierścienie, przy wzmocnieniu w kilka rzędów, układa



Rys. 6.



Rys. 7.

się w taki sposób, by zetknięcia pierścieni dalszych warstw nie przypadały na zetknięcia pierścieni warstw górnych.

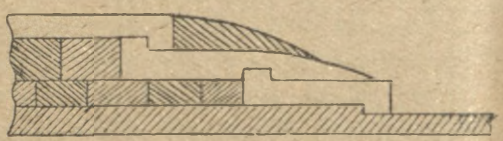
Czasami rury rdzeniowe posiadają specjalne zgrubienie na części komorowej, o które wspierają się pierścienie, by nie zsunąć się wtył. (Rys. 10).

Oprócz powyższych sposobów związania rury rdzeniowej i pierścieni są jeszcze sposoby inne. Np. używany w działach francuskich sposób oparcia o występ na rurze (rys. 7) i używany w długich działach, wzmocnionych aż do wylotu, sposób naśrubowywania na wylocie ostatniego pierścienia. (Rys. 8).

Zakłady w Saint-Chamond skonstruowały działa wielkich kalibrów, w których zastosowano związanie warstw pierścieni mię-



Rys. 8.



Rys. 9.

dzy sobą i z rurą rdzeniową przy pomocy zaczepów (agrafes). (Rys. 9). Przy tym systemie wzmocnienia lufa opiera się przy pomocy pierścieni rozerwaniu wzdłuż a przy pomocy zaczepów — rozerwaniu wszerz.

Część komorowa rury rdzeniowej, wyrobiona dla zamków klinowych, opiera się tylko poprzecznemu rozerwaniu, wobec tego nie wzmacnia się jej, lecz robi się ją zwykle nieco grubszą dla oporu przeciw oderwaniu i nieco wystającą poza wzmocnienia — dla umieszczenia zamka klinowego. Lufy z zamkami śrubowemi mają wzmocnienie pierścieniowe, doprowadzone do ścięcia komorowego.

Wzmocnienie pierścieniowe zaczyna się od części komorowej i dochodzi do miejsca, gdzie ciśnienie gazów prochowych znacznie się obniża; od tego miejsca lufa jest zwykle bez wzmocnień lub ze słabem wzmocnieniem zapomocą jednego tylko rzędu pierścieni.

Strony dodatnie wzmocnienia pierścieniami:

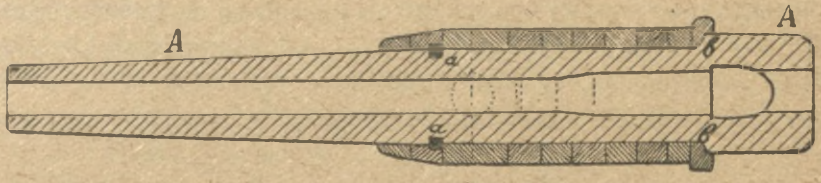
1. Łatwość wyrabiania krótkich pierścieni.
2. Wielka dokładność przystosowania rury rdzeniowej do średnicy.

Strony ujemne wzmocnienia pierścieniami:

1. Pierścienie nie opierają się rozerwaniu poprzecznemu, wobec czego zachodzi konieczność wyrobu grubych rur rdzeniowych.
2. Pierścienie nie opierają się wygięciu długich luf, jeśli nie są one wzmocnione aż do wylotu.

Lufa, tam, gdzie kończy się wzmocnienie, wygina się i odrywa (zwłaszcza przy odrzucie).

Obecnie sposób wzmocnienia pierścieniami jest mało używany, jako drogi i wymagający starannej i delikatnej pracy przy wyrabianiu pierścieni.



Rys. 10.

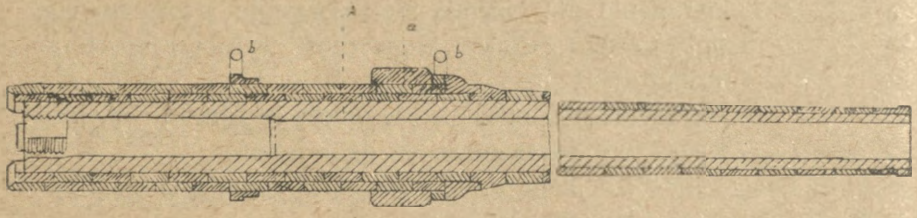
Przykład I. *8-calowa (202,8 mm) armata rosyjska Mod. 1877* (Rys. 10). Rura rdzeniowa *A* z pudlengowej stali posiada w średniej części gniazdo *a* dla przepołowionego pierścienia oporowego i występ *b* w części komorowej dla oparcia pierścieni i uniemożliwienia rurze przesunięcia się wprzód. Grubość ścian rury wynosi w części komorowej 14,4 cm, w części wylotowej — 9,6 cm. Rura rdzeniowa jest wzmocniona przez jedną warstwę pierścieni grubości 6 cm ze stali twardej, hartowanej. Czopy są umieszczone na najszerszym pierścieniu. W części wystającej rury jest otwór dla zamka klinowego; grubość ścian rury przy ścięciu komorowem wynosi 20,4 cm; ciężar lufy — 5889 kg.

Przykład II. *240 mm. armata systemu de Bange 1877 r.* (Rys. 11). Rura rdzeniowa *A* stalowa, wzmocniona jest dwoma warstwami pierścieni na długości 12,8 kalibra od ścięcia komoro-

wego, pozostała część do wylotu jest wzmocniona przez jedną warstwę pierścieni. Grubość rury rdzeniowej w części komorowej 22,7 cm, w części wylotowej 9 cm. Czopy na specjalnym pierścieniu *a* nałożonym na drugą warstwę.

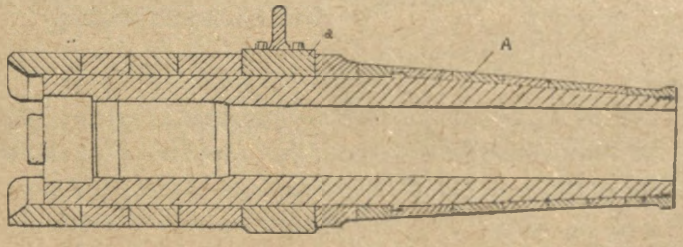
Pierścienie utrzymują się siłą tarcia; by przy strzale pierścień czopowy nie zsunął się naprzód, opiera się on o występ na pierścieniu pierwszej warstwy, który jest znów oparty o występ na rurze rdzeniowej; *b*,*b* są to delfiny.

Zamek śrubowy, więc wzmocnienie doprowadzone jest do ścięcia komorowego. Ciężar lufy 14.000 kg.



Rys. 11.

Przykład III. *220 mm. moździerz francuski.* (Rys. 12). Rura rdzeniowa *A* stalowa, wzmocniona przez jedną warstwę pierścieni, opierających się o występ na rurze i o pierścień wylotowy, naśrubowany na rurę. Pierścień czopowy *a* jest jednocześnie pierścieniem wzmacniającym zamek śrubowy, wobec czego wzmocnienie doprowadzono do ścięcia komorowego.



Rys. 12.

14. Wzmocnienie rurą wewnętrzną. Wzmocnienie tego rodzaju bywa dwojakie:

a) wzmocnienie krótką rurą wewnętrzną (tubage);

b) wzmocnienie rurą wewnętrzną, długą (à âme amovible).

a) Wzmocnienie krótką rurą wewnętrzną. Wzmocnienie tego rodzaju zastosowano we Francji w działach morskich z żelaza lanego. Krótką rurę stalową długości mniej więcej takiej, jak wzmocnienie pierścieniowe, t. j. do granicy największego ciśnienia

gazów prochowych, wstawia się do rury rdzeniowej, uprzednio rozgrzanej. Rura wewnętrzna utrzymuje się przy pomocy gwintów w części komorowej. Przy ostygnięciu rura rdzeniowa ściska rurę wewnętrzną i służy jej, jako wzmocnienie; rura wewnętrzna znowu jest poniekąd wzmocnieniem rury rdzeniowej od rozerwania wzdłuż i oprócz tego, będąc połączona gwintami z łożyskiem zamka, bierze udział w oporze przeciw rozerwaniu poprzecznemu.

b) Wzmocnienie rurą wewnętrzną długą. Istota wzmocnienia polega na tem, że do rury rdzeniowej wstawia się cienkę rurę, która jest właściwą rurą rdzeniową. Rurę taką wstawia się bez natężenia, nawet zupełnie swobodnie, jednak przestrzeń między wewnętrzną rurą a zewnętrzną nie powinna przekraczać wielkości znikających odkształceń zewnętrznego promienia wewnętrznej rury. Przy strzale rura wewnętrzna rozszerza się i spotyka opór rury zewnętrznej, t. j. tylko w chwili strzału jest w natężeniu. Wobec tego, że rura zewnętrzna jest wstawiona bez natężenia, można ją po zużyciu zamienić. Przeprowadzenie tego nastręcza w praktyce poważne trudności.

Strony dodatnie wzmocnienia rurą wewnętrzną:

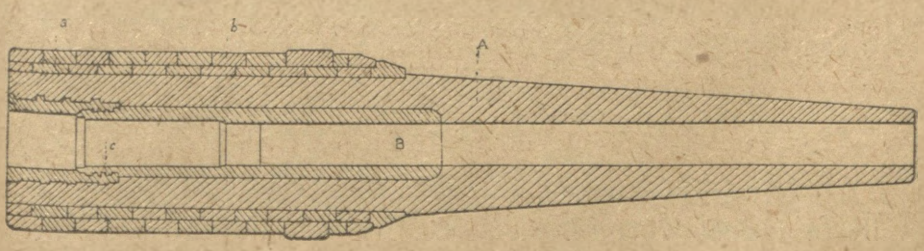
1. Rura wewnętrzna, krótka, bierze udział w oporze przeciw rozerwaniu poprzecznemu i wzdłuż; długa rura wewnętrzna przyjmuje na siebie tylko opór przeciw rozerwaniu wzdłuż.

2. Ponieważ rura wewnętrzna jest cienka, wyrób jej jest więc łatwy i łatwo podnieść jej własności mechaniczne.

3. Zepsutą (wypaloną) rurę łatwo można wymienić.

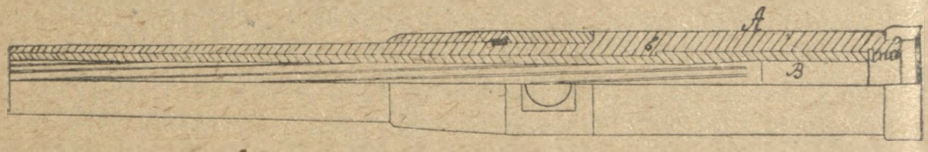
Strona ujemna—trudność wyrabiania i dopasowywania znacznych, stykających się powierzchni.

Przykład I. *320 mm. armata francuska.* (Rys. 13). Rura *A* z lanego żelaza jest wzmocniona dwiema warstwami stalowych pierścieni *a* i *b*, wewnątrz rury wstawiona jest rura wewnętrza *B*, połączona gwintami *c* z łożyskiem zamka.



Rys. 13.

Przykład II. *3,42 calowa (86,7 mm) polowa armata rosyjska wz. 1896.* (Rys. 14). Do rury rdzeniowej *A* wstawiono cienką rurę wewnętrzną *B*, opierającą się wysunięciu naprzód o występ *b* na rurze zewnętrznej, a wysunięciu wstecz — przez oparcie się o zamek. Między rurami pozostawiono pewną przestrzeń. Czopy są umieszczone na specjalnym pierścieniu, związanym zapomocą przepołowiowego pierścienia oporowego z rurą zewnętrzną.

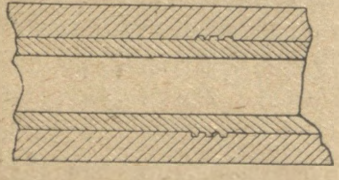


Rys. 14.

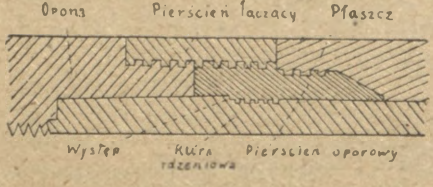
15. Wzmocnienie obsadą. Wzmocnienia obsadą, zastosowanego początkowo w lufach małego kalibru, używa się obecnie w lufach wszelkich kalibrów. Wzmocnienie polega na tem, że obsadę w kształcie długiej rury w stanie zimnym lub rozgrzanym nasadza się z natężeniem na rurę rdzeniową. Dla uniknięcia przesunięć rury rdzeniowej związuje się ją z obsadą już to zapomocą przepołowionego pierścienia (Rys. 15), już to zapomocą gwintów na obsadzie i rurze rdzeniowej (Rys. 16), już to zapomocą systemu pierścieni. (Rys. 17).



Rys. 15.



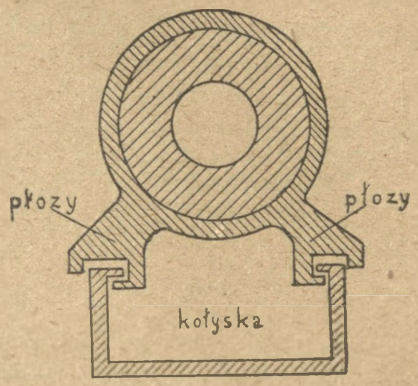
Rys. 16.



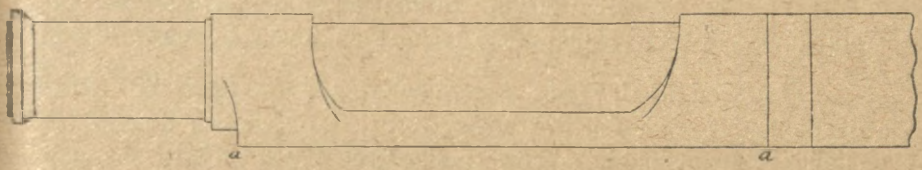
Rys. 17.

Wzmocnienie obsadą w działach małych kalibrów ciągnie się tylko do granicy największego ciśnienia gazów prochowych; w działach wielkiego kalibru wzmocnienie dochodzi zapomocą krótkich obsad do płaska wylotowego.

Przy tym rodzaju wzmocnienia opór przeciw rozerwaniu poprzecznemu przypada na obsadę, w której umieszcza się zamek; obsada i rura rdzeniowa opierają się razem rozerwaniu wzdłuż. Pozwala to robić znacznie cieńsze rury rdzeniowe, a więc znacznie lżejsze lufy. W lufach osadzonych na łożu twardem czopy były umieszczane na obsadzie. W lufach współczesnych niema czopów na lufie, są one przeniesione na kołyskę. Do lufy są przymocowane płozy, któremi lufa ślizga się po wodzidłach kołyski, będąc bezpośrednio połączona z tłoczyskiem opornika. Czasami lufa leży na sankach, w których są zawarte przyrządy, hamujące odrzut i nataczające lufę; połączenie osiąga się wówczas zapomocą gwintów.

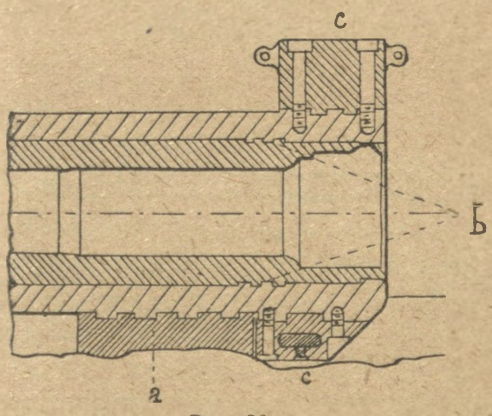


Rys. 18.



Rys. 19.

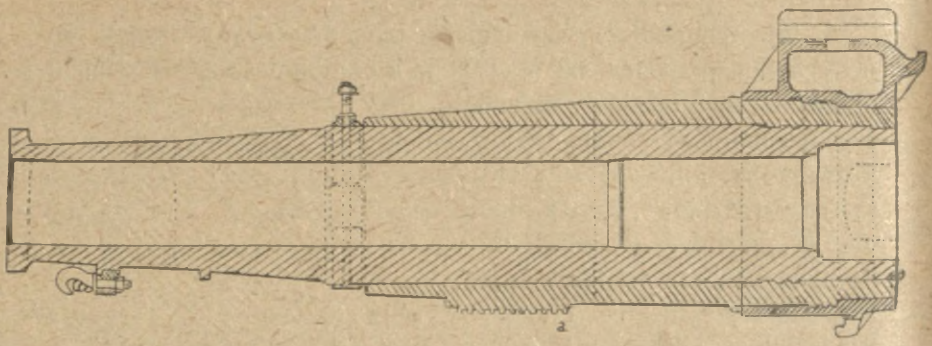
a) Płozy są zwykle wyrabiane na obsadzie, przedłuża się je do końca kołyski za pomocą płaszczy. (Rys. 18 i 19). Płaszcz *a a*.



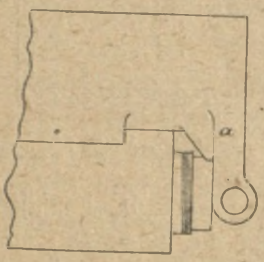
Rys. 20.

b) Gwinty *a* są umieszczane zwykle w części komorowej na obsadzie lub mniej więcej pośrodku lufy (155 mm. haubica wz. 1915 i moździerz 220 mm. (Rys. 20 i 21).

Przy połączeniu bezpośredniem lufy z tłoczyskami na obsadzie wyrabia się brodę *a*, którą zwykle łączy się z tłoczyskiem zasuwą. (Rys. 22).



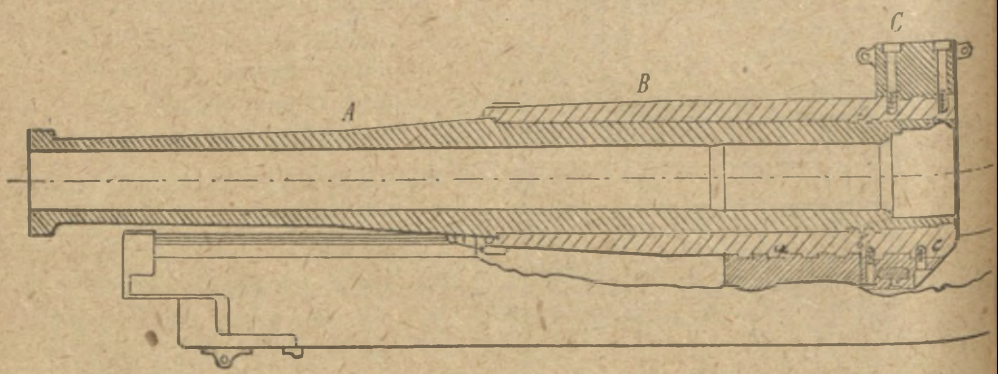
Rys. 21.



Rsy. 22.

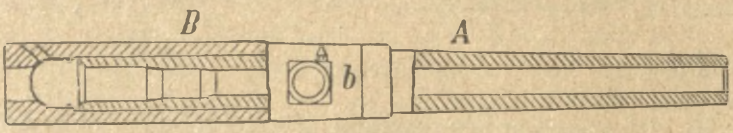
Dodatnie strony wzmocnienia obsadą: 1. Zamek umieszczony przeważnie w obwodzie, wobec czego rura rdzeniowa nie bierze udziału w rozerwaniu poprzecznem, może więc być cieńszą, a cała lufa lżejszą. 2. Obsada lepiej niż inne rodzaje wzmocnień opiera się rozerwaniu i wygięciu i przyjmuje na siebie większą część naтężeń. Stroną ujemną jest trudność wyrabiania i dopasowywania znacznych, stykających się powierzchni.

Przykład I. *155 mm. haubica Schneider'a.* (Rys. 23). Rura rdzeniowa *A* z kutej, hartowanej stali, wzmocniona do granicy największego ciśnienia gazów prochowych przez obsadę *B*, połączoną gwintami *b* z rurą. Obsada jest nałożona w stanie rozgrzanym. Na obsadzie znajdują się: gwinty *a* i broda *c* dla połączenia z sankami i przyśrubowana przeciwwaga *C* dla zwiększenia ciężaru systemu odrzutowego i zrównoważenia lufy na czopach. Komora dla zamka znajduje się na rurze rdzeniowej.



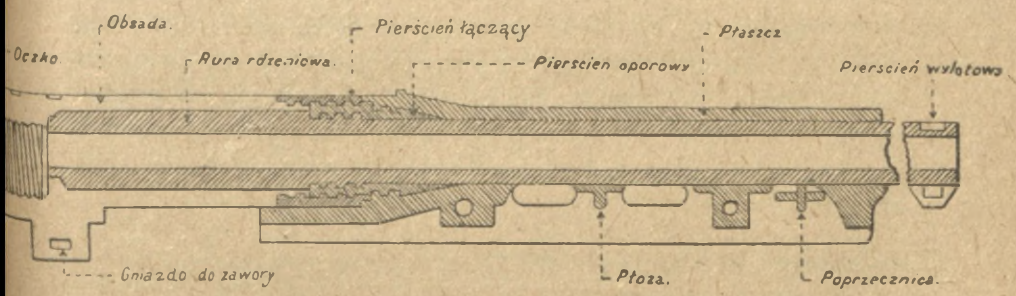
Rys. 23.

Przykład II. *88 mm. polowa armata pruska model 1873—88.* (Rys. 24). Rura rdzeniowa *A* stalowa, wzmocniona do granicy największego ciśnienia gazów prochowych przez stalową obsadę *B*. Obsada ta jest połączona z rurą zapomocą pierścienia przepołowionego, pokrytego szerokim pierścieniem łączącym *b*. Czopy znajdują się na obsadzie. Komora zamka klinowego w obsadzie.



Rys. 24.

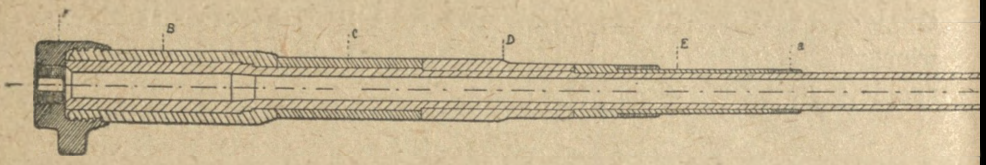
Przykład III. *75 mm. polowa armata francuska, mod. 1897 roku.* (Rys. 25). Stalowa rura rdzeniowa wzmocniona do granicy największego ciśnienia gazów prochowych przez obsadę stalową, połączoną z rurą zapomocą dwóch pierścieni: łączącego i oporowego na gwintach. Komora (łożysko) zamka w obsadzie. Obsada posiada płozy, przedłużone przez płozy płaszcza. (Płaszcz nie jest wzmocnieniem, służy tylko do utrzymania płóz i rolek). Oprócz płóz na obsadzie są rolki, które toczą się przy odrzuceniu po wodzidłach. System rolkowy jest zastosowany dla zmniejszenia tarcia przy odrzucie.



Rys. 25.

Przykład IV. *155 mm. armata francuska o wielkiej donośności.* (Rys. 26). Cienka rura rdzeniowa jest wzmocniona przez cztery krótkie obsady. Obsada komorowa *B* opiera się o występy rury rdzeniowej, przednia obsada komorowa *C* bez oparcia, obsada tylna, wylotowa *D* opiera się o występ, obsada zaś wylotowa *E* opiera się o występ i o naśrubowany na rurę pierścień oporowy *a*. Komora (łożysko) zamka jest umieszczona w specjalnym pierścieniu *F*, naśrubowanym na obsadę komorową. Lufa łączy się z opor-

nikiem zapomocą brody; dla ślizgania się po wodzidłach kołyski na trzech tylnych obsadach są umieszczone płozy, przedłużone zapomocą specjalnego pierścienia.



Rys. 26.

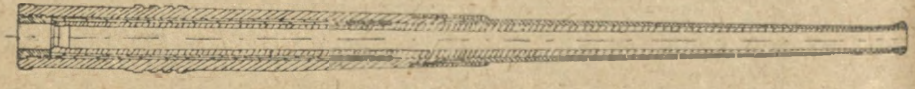
16. Wzmocnienie mieszane (pierścieniami i obsadami). Wzmocnienie mieszane zastosowuje się wyłącznie w działach wielkich kalibrów. Istota wzmocnienia polega na tem, że na cienką rurę rdzeniową nakłada się obsadę, na obsadę pierścienie, lub odwrotnie — pierścienie, nałożone na rurę rdzeniową, pokrywa się obsadą.

Przy takiem wzmocnieniu lufa skutecznie opiera się rozerwaniu wzdłuż i wpoprzek; ściany lufy posiadają większą granicę sprężystości, wobec czego można rozwijać znaczne ciśnienia.

Strona dodatnia — możność zastosowania cienkich obsad i pierścieni o wysokich własnościach mechanicznych.

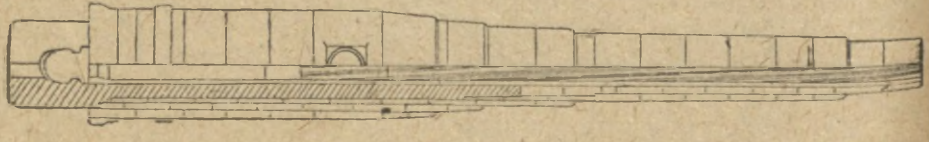
Strona ujemna—trudność wyrabiania i dopasowania pierścieni i obsad oraz znaczny koszt.

Przykład I. *305 mm. armata francuska, mod. 1893 roku.* (Rys. 27). Cienka rura stalowa jest wzmocniona przez dwie warstwy pierścieni do granicy największego ciśnienia gazów prochowych. Pierścienie są pokryte cienką obsadą, do której wśrubowano łożysko zamka śrubowego. Część wylotowa jest wzmocniona obsadami.



Rys. .27

Przykład II. *11-calowa (278 mm) armata rosyjska.* (Rys. 28). Rura rdzeniowa w części komorowej jest pokryta przez grubą ob-



Rys. 28.

sadę do granicy największego ciśnienia gazów prochowych. Na obsadę nałożono trzy warstwy pierścieni, ciągnące się do samego wyiotu. Łożysko zamka klinowego w obsadzie. Warstwy pierścieni i obsada są związane pierścieniami przepołowionemi.

17. Wzmocnienie drutem stalowym. Już wyżej wspominaliśmy, omawiając wzmocnienie pierścieniowe, że idealne wzmocnienie polega na nałożeniu nieskończenie cienkich pierścieni. Przy wzmocnieniu drutem dąży się do owinięcia rury rdzeniowej warstwami drutu ew. taśmy stalowej, tworząc w ten sposób wielką ilość cienkich pierścieni wzmacniających.

Pierwszy podał tę myśl konstruktor angielski Longridge (1855), zrealizował zaś francuski kapitan Schultz (1873).

Wzmacnianie odbywa się w następujący sposób: drut lub taśmę nawija się na cienką rurę rdzeniową przy stopniowem zwiększeniu natężenia każdej warstwy, z takiem obliczeniem, by w momencie strzału wszystkie warstwy wzięły jednakowy udział w oporze przy maksimum wydajności natężenia. Wobec tego lufy wzmocnione drutami są bardziej wytrzymałe niż lufy stalowe, zwykłe i posiadają przytem cieńsze ściany, a więc są lżejsze.

Ponieważ lufy wzmocnione drutem źle opierają się rozerwaniu poprzecznemu, przeto rozdziela się natężenia poprzeczne od podłużnych, nakładając na wzmocnienie drutem obsadę, zawierającą łożysko dla zamka i czopy, a wzmocnienie drutem doprowadza się do takiej warstwy, że ciśnienie na nią będzie prawie żadne. Przy takiem podziale natężeń lufy mogą wytrzymać znaczną ilość strzałów.

Strony dodatnie wzmocnienia drutem:

1) Natężenie każdej warstwy łatwo obliczyć i przy nawijaniu sprawdzić.
2) Cienki drut lub taśma posiadają wysokie własności mechaniczne.
3) Przy wysokiej granicy wytrzymałości ściany lufy są cienkie i lufa lżejsza.

Strony ujemne:

1) Zwoje drutu wcale nie opierają się rozerwaniu poprzecznemu i wygięciu lufy.
2) Nadzwyczaj trudnem jest przymocowanie pod pewnem natężeniem końców drutu.
3) Nawijanie drutu jest czynnością wymagającą nadzwyczajnej uwagi, trudną i drogą.

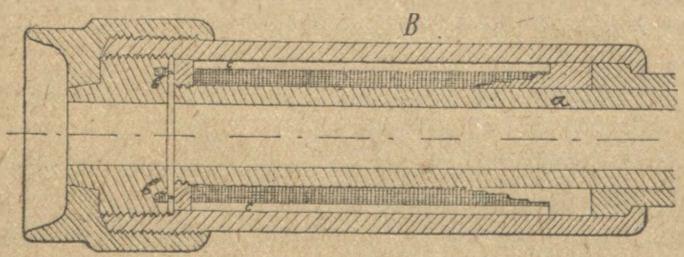
4) Zwoje drutu trzeba zabezpieczyć przez obsadę, która przyjmuje na siebie opór przeciw rozerwaniu poprzecznemu. Nałożenie obsady niweczy wszelkie dogodności, wypływające z małego ciężaru lufy.
5) Drut może pęknąć, przyczem niemożliwem jest zauważyć podczas służby działa miejsce pęknięcia, co prowadzi do niespodzianych rozerwań.

Przykład I. *304,7 mm. morska armata angielska* (Rys. 29). Cienka rura rdzeniowa jest wzmocniona cienkiemi obsadami aż do wylotu, obsady są owinięte drutem z większą warstwą drutu w części komorowej, na drut jest nałożona cienka obsada zewnętrzna. Grubość ścian w części komorowej wynosi około 34,5 cm, w części wylotowej — około 12 cm. Łożysko zamka w wewnętrznej obsadzie. W części komorowej przy wzmacnianiu drutem są pozostawione pewne przestrzenie (5—6 mm), by pozwolić wzmocnieniu na pewne podłużne rozszerzenie przy strzale. Dla zapobieżenia przesunięciom zwoje drutu opierają się o sprężyny Bellevill'a.



Rys. 29.

Przykład II. *6—calowa (152,4 mm) armata angielska.* (Rys. 30). Cienka rura stalowa, pokryta do granicy największego ciśnienia gazów prochowych zwojami drutu, które opierają się o specjalne pierścienie. Drut jest pokryty obsadą *B*, do której wśrubowano łożysko zamka. Jak i w poprzednim przykładzie, pewna przestrzeń jest pozostawiona dla rozciągnięć podłużnych rury i drutu. Przesunięcia rury są zabezpieczone przez sprężyny



Rys. 30.

Bellevill'a *b*, umieszczone w ścianach łożyska zamka. Między drutem a obsadą jest pozostawiona pewna przestrzeń *c*, pozwalająca na rozszerzenie rozgrzanego drutu.

18. Wzmocnienie przez samopodwyższenie granicy sprężystości (*l'autofrettage*) *). Istota wzmocnienia polega na następującem zjawisku: rozciagając pręt metalowy zapomocą siły, przekraczającej nieco granicę sprężystości danego metalu, nadajemy prętowi pewne odkształcenie i jednocześnie podnosimy granicę sprężystości.

Na tej zasadzie czyniono próby podniesienia granic sprężystości w lufie, lecz między zjawiskami w pręcie i lufie niema podobieństwa. Żeby warstwa wewnętrzna rury rdzeniowej pod ciśnieniem wewnętrznem otrzymała pewne stałe odkształcenie, trzeba, by tylko ta warstwa przekroczyła granicę sprężystości, inne zaś warstwy pozostały w stanie normalnym; w pręcie zaś wytwarza się odkształcenie całego pręta a nie jego poszczególnych warstw.

Przypuszcza się więc, że przed chwilą, kiedy rura rdzeniowa osiągnie pod ciśnieniem odkształcenie stałe we wszystkich warstwach, możemy osiągnąć w niej bardzo wysoką granicę sprężystości.

Proces samowzmocnienia możemy podzielić na dwa okresy: w pierwszym, pod wpływem wzrastających ciśnień, przekraczających granice sprężystości rury rdzeniowej, warstwy odkształcają się stopniowo od wewnątrz do zewnątrz. Jeśli ciśnienie ustaje, odkształcenia znikają tylko częściowo, warstwy wewnętrzne przekraczają granice sprężystości i odkształcają się. Odkształcenie zmniejsza się w miarę oddalenia warstwy.

Warstwy wewnętrzne, odkształcone, rozciągają warstwy zewnętrzne, te ostatnie ściskają warstwy wewnętrzne, ponieważ nie przekroczyły swojej granicy sprężystości.

Zjawisko to ustaje z chwilą osiągnięcia przez warstwy zewnętrzne pewnego odkształcenia stałego.

W drugim okresie wszystkie warstwy mają już pewne odkształcenie pod wpływem ciśnienia wewnętrznego. Wszelkie zwiększenia ciśnienia wywoła zwiększenie odkształceń, a więc i podwyższenie granicy sprężystości we wszystkich warstwach.

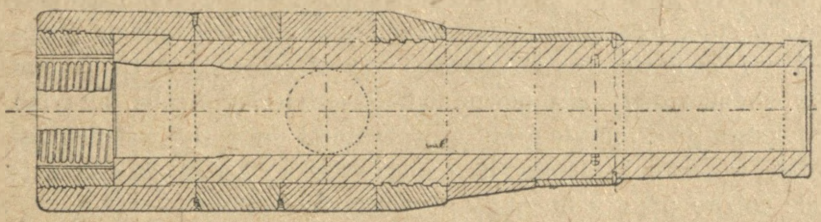
Warstwy wewnętrzne są pod silnem ciśnieniem w kierunku promieni, warstwy zewnętrzne są rozciągane odśrodkowo. Jest

*) Podług Organisation des matériels. Bouches à feu par Capitaine Ott.

więc możliwem, dla osiągnięcia wytrzymałości lufy nadać jej ścianom pierwsze odkształcenie stałe.

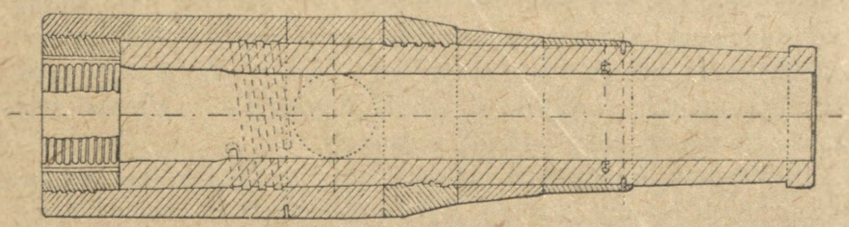
W tem zawiera się istota wzmocnienia przez samopodwyższenie sprężystości.

Sposób ten, opracowany i zastosowany przez francuskiego inżyniera Malaval'a, jest jeszcze mało zbadany i ma tylko parę lat doświadczeń. W ten sposób są wzmocnione działa francuskie systemu pułkownika Filloux. Najciekawsze jest to, że znowu powraca się do zarzuconych sposobów wzmocnienia pierścieniami i mieszanego, np. moździerze 370 mm. Filloux. (Rys. 31 i 32.) *)



Rys. 31.

Największe ciśnienie, jakie było osiągnięte przy tym sposobie, wynosi 8300 atmosfer; przy doświadczeniach osiągnięto 15.000 atmosfer przy 30%-em odkształceniu.

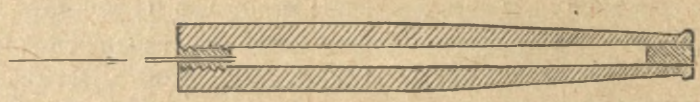


Rys. 32.

Wytwarzanie. Rurę rdzeniową zamyka się ściśle z obydwóch stron; jeden z korków posiada otwór, przez który wtłacza się wodę, doprowadzając do potrzebnego nam ciśnienia; po tej czynności wykonywa się strzelanie, celem samopodwyższenia sprężystości przy przeciętnem ciśnieniu. (Rys. 33).

*) Wzmocnienie przez samopodwyższenie sprężystości posiada wszystkie właściwości wzmocnienia idealnego nieskończenie cienkiemi pierścieniami.

Szczegóły tego wzmocnienia nie są znane, w każdym razie nawet z tych skąpych wiadomości możemy sądzić o doniosłości tego wynalazku dla dalszego rozwoju artylerji.



Rys. 33.

Między wzmocnieniem zwykłem a sprężystem niema właściwie żadnej różnicy. W jednym i drugim wypadku zwiększa się możliwość odkształceń warstwy wewnętrznej.

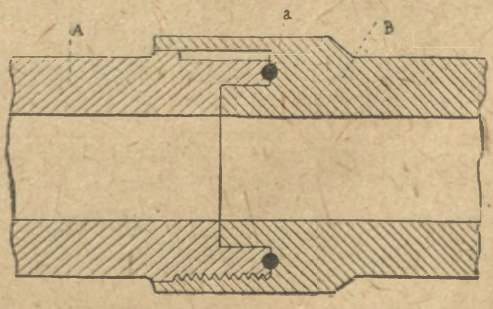
Przy wzmocnieniu zwykłem zwiększenie to jest nieznaczne, ponieważ z obawy przed otrzymaniem odkształcenia stałego wewnętrznej warstwy ogranicza się nadmiar oporu do podwójnej granicy sprężystości metalu.

Przy wzmocnianiu sprężystem — odwrotnie, dopuszcza się nietylko odkształcenia warstw wewnętrznych, lecz i innych, sąsiadujących.

W obydwóch wypadkach osiąga się pewien opór przez ściśnięcie warstwy wewnętrzej, ściśnięcie to jest znacznie większe przy wzmocnieniu przez samopodwyższenie granicy sprężystości, niż przy wzmocnieniu zwykłem.

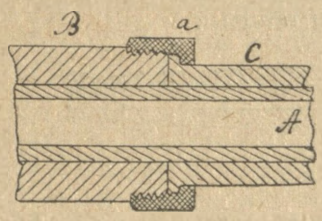
19. Lufy składane. Działa składane znalazły zastosowanie w wojnie górskiej, gdzie z powodu trudności komunikacyjnych trzeba się liczyć z warunkami transportowemi. Działa składane rozbiera się na części (lufa, wzmocnienie, łoże i t. d.). Żadna część nie powinna przekraczać wagi 100 kg., aby ją można było przewozić na zwierzęciu jucznem. Dział składanych istnieje kilka typów; wyliczymy najważniejsze:

1) *Typ Saint-Chamond.* (Rys. 34). Działo 80 mm. Części komorowe *A* i *B* łączą się zapomocą gwintów, część gwintów ścięta i połączenie osiąga się obrotem o $^1/_6$ część koła. Na połączeniu umieszcza się pierścień uszczelniający *a*. Stroną ujemną tego typu jest trudność dopasowania części i możliwość przerywania się gazów w płaszczyźnie połączenia.



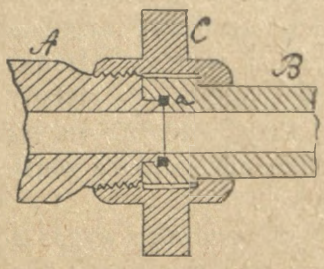
Rys. 34.

2) *Typ Obuchowskich zakładów.* Działo 8-calowe (203 mm) i 9 calowe (228,6 mm). (Rys. 35). Na cienką rurę rdzeniową *A* nakłada się dwa wzmocnienia: komorowe *B* i wylotowe *C*, które łączą się zapomocą pierścienia *a*. Ten sposób jest znacznie lepszy od poprzedniego; ujemna jego strona — to trudność dopasowania wielkich, stykających się powierzchni.



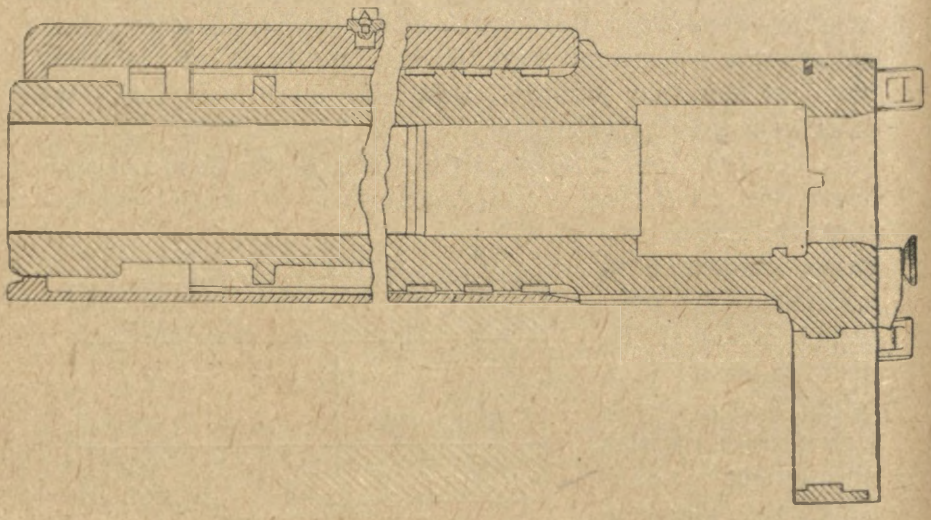
Rys. 35.

3) *Typ zakładów Armstronga.* 7-funtowe działo mod. 1679 r. (Rys. 36). Część komorowa *A* i wylotowa *B* łączą się zapomocą pierścienia czopowego *C*. Na połączeniu umieszcza się pierścień uszczelniający *a*. Stroną ujemną jest trudność połączenia i dopasowania dokładnego gwintów przy składaniu i niebezpieczeństwo przerywania się gazów.



Rys. 36.

Najnowsze typy luf składanych są skonstruowane na zasadzie nieco odrębnej od powyżej opisanych typów, a mianowicie oddzielają lufę od wzmocnienia. Urzeczywistniają to, umieszczając

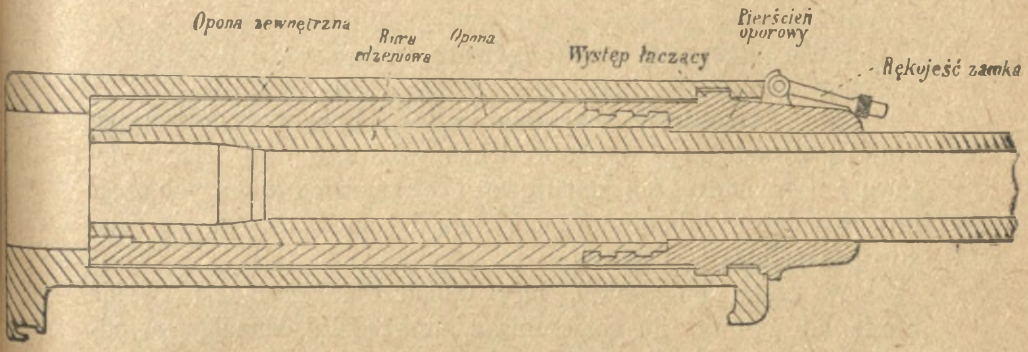


Rys. 37.

w różny sposób zamek:

1) lufa posiada zamek, obsada jest zupełnie oddzielona, np. *75 mm. górskie działo austrjackie Mod. 1915 r.* (Rys. 37).

2) Zamek jest w obsadzie, wzmocniona lufa—oddzielnie, np. *75 mm. greckie działo górskie syst. Schneider-Danglis*, lub *3 calowe rosyjskie działo wzór 1909 r.* (Rys. 38).



Rys. 38.

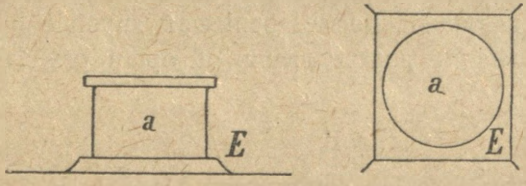
Połączenie lufy z obsadą w tych działach osiąga się zapomocą gwintów. Takie rozwiązanie kwestji dział składanych jest najlepsze i najracjonalniejsze, ponieważ zupełnie oddziela opór przeciw rozerwaniu poprzecznemu od oporu przeciw rozerwaniu wzdłuż.

ROZDZIAŁ IV.

Zewnętrzne i wewnętrzne urządzenie luf.

20. Zewnętrzne urządzenie luf. Lufę wzmocnioną podług jej zewnętrznego wyglądu dzielimy na stożkową część wylotową i na cylindryczną komorową. Przy zamkach klinowych część lufy rdzeniowej lub obsady, zawierająca zamek, nazywa się zamkową (zapałową).

W części komorowej, lufy współczesne posiadają zwykle brodę lub gwinty dla połączenia z przyrządami, hamującemi odrzut. W dolnej części lufy są umieszczane płozy, któremi lufa ślizga się po wodzidłach kołyski. Na lufie jest wycięty płask, na którym ustawia się kwadrant. W średniej części lufy dział starych wzorów i na kołysce w nowych wzorach dział—są umieszczone



Rys. 39.

czopy, łączące działo z łożyskiem. (Rys. 39). Czop składa się z trzona *a* i z podstawy *E*. Oś czopów powinna być prostopadłą do osi lufy. Część wylotowa w lufach współczesnych jest na zewnątrz gładką, niektóre tylko lufy posiadają zgrubienie na wylocie, które służy obecnie do utrzymania kaptura wylotowego, a nie jest wzmocnieniem wylotu, jak w działach ładowanych od wylotu.

Na ścięciu wylotowem, czasami i na komorowem, kreśli się dwie średnice: prostopadłą i równoległą do osi czopów. Średnice te służą do sprawdzenia linji celowania.

21. Wewnętrzne urządzenie dział. Komora zamkowa. Przewód lufy dzielimy na następujące części: a) komorę zamkową,

b) komorę uszczelniacza, c) komorę ładunkową i d) część gwintowaną. Poszczególne części przewodu lufy łączą się między sobą stożkami przejściowemi.

Komora zamkowa. Rozróżniamy dwa zasadnicze typy komór zamkowych: a) komory zamków śrubowych i b) komory zamków klinowych. Komory zamków śrubowych posiadają gwinty trójkątne, odpowiadające gwintom trzona zamkowego z odpowiednio ściętemi wycięciami. Komory zamków śrubowych tak są urządzone, by między zamkiem a rurą rdzeniową była pewna przestrzeń. Ma to na celu uniknięcie oderwania i odśrubowania zamka pod wpływem odkształcenia rury rdzeniowej.

Komory zamków śrubowych są przeważnie urządzane w obsadzie, oś komory jest równoległa do osi lufy albo stanowi jej przedłużenie.

Komory zamków klinowych są gładkie, z wodzidłami, po których ślizga się zamek; są to otwory na przestrzał, wycięte w lufie prostopadle do jej osi. Na stronie ładowania, w działach nowych systemów, ściana lufy jest wycięta od otworu zamkowego do ścięcia komorowego. Przez wycięcie zamek wypycha przy zamykaniu rękę ładowniczego, jeśli ten jej nie usunął na czas; przez to unika się częstych wypadków złamania ręki, pozwala to również ładowniczemu głębiej włożyć rękę w przewód lufy przy ładowaniu.

22. Komora uszczelniacza. Specjalną komorę posiada tylko uszczelniacz pierścieniowy. Komora ta, w postaci wyżłobienia pierścieniowego na tylnem ścięciu rury rdzeniowej, służy do umieszczania pierścienia uszczelniającego.

Uszczelniacze plastyczne nie posiadają specjalnych komór— przy zamkniętym zamku uszczelniacz mieści się w stożku przejściowym od komory zamkowej do komory ładunkowej. Stożek przejściowy odpowiada ściśle wymiarami uszczelniaczowi.

Przy uszczelniaczach elastycznych (łuska) komora ładunkowa jest jednocześnie i komorą uszczelniacza, mając kształt odpowiadający kształtowi łuski.

23. Komora ładunkowa i pociskowa. Ładunek umieszcza się w lufie w rozszerzonej części przewodu, zwanej komorą ładunkową.

Komora ładunkowa ma kształt walca i łączy się z częścią gwintowaną przewodu stożkiem przejściowym.

W działach starych wzorów robiono dwie komory: ładunkową i pociskową; obecnie nie robi się komory ładunkowej i pocisk leży w części gwintowanej przewodu lufy.

Dla nadania pociskowi prawidłowego ruchu obrotowego w przewodzie lufy należy uważać, by oś pocisku leżącego w komorze zlewała się z osią przewodu lufy; zależy to od położenia, jakie zajmie oś pocisku przy przejściu z komory do części gwintowanej przewodu lufy, na co znów wpływa urządzenie komory i urządzenie części wiodących pocisku.

W działach starych wzorów, które strzelały pociskami w koszulkach ołowianych, jedna i ta sama komora była jednocześnie ładunkową i pociskową, łączyła się ona z częścią gwintowaną jednym stożkiem, oś komory zlewała się z osią przewodu lufy. Była to więc komora współśrodkowa. Pocisk dopchnięty do miejsca oporu o gwinty przekrzywiał się, leżąc głowicą na gwintach, a dnem w komorze. Ponieważ pocisk nie był środkowany przy początku ruchu, więc nieprawidłowo wrzynał się w gwinty i nie otrzymywał ruchu obrotowego koło swej osi figury (geometrycznej), wobec czego lot jego był nieprawidłowy. Oprócz tego pocisk podczas ruchu w przewodzie lufy uderzał się głowicą o ściany, co mogło spowodować, zwłaszcza w działach większego kalibru, wygniecenia i uszkodzenia przewodu lufy. Wobec tego zaszła konieczność zastosowania w działach średniego i wielkiego kalibru komór mimośrodowych. Komora mimośrodowa jest urządzona tak, że dolna tworząca stanowi przedłużenie dna dolnego gwintu. Przy takiej komorze pocisk nie otrzymywał przekrzywienia w kierunku pionowym i nie był zabezpieczony od przekrzywienia w kierunku poziomym.

Po roku 1880 przeszli konstruktorzy do urządzenia oddzielnych lecz współśrodkowych komór dla pocisku i ładunku. Komora ładunkowa pozostała bez zmian, komora zaś pociskowa została urządzona w części gwintowanej przewodu lufy. Gwinty w komorze pociskowej były ścięte do połowy swojej wysokości. Części gwintowanej komory łączyły się stożkami przejściowemi. Pocisk opierał się pierścieniem środkującym o przedni, a pierścieniem wiodącym o tylny stożek. Później, dla lepszego środkowania zamieniono pierścień środkujący na zgrubienie środkujące, którem pocisk leżał na gwintach, opierając się pierścieniem wiodącym o tylny stożek.

W działach współczesnych jest tylko komora ładunkowa, łącząca się z częścią gwintowaną stożkiem przejściowym; pocisk umieszcza się w części gwintowanej przewodu lufy, przyczem pierścień wiodący pocisku opiera się o stożek przejściowy. (Rys. 40).

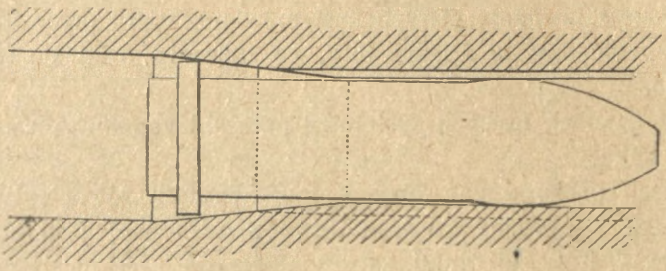
W działach współczesnych rozróżniamy dwa typy komór ładunkowych:

a) dla ładunków w workach,

b) dla ładunków w łuskach.

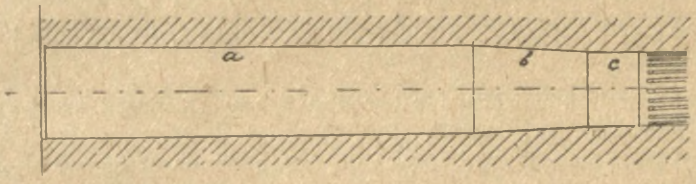
Dla ładunków w workach komora ma kształt walca i łączy się z częścią gwintowaną stożkiem przejściowym. (Rys. 40).

Przy ładunku w łusce rozróżniamy w komorze trzy części: długą komorę stożkową o małem pochyleniu *a*, krótką komorę



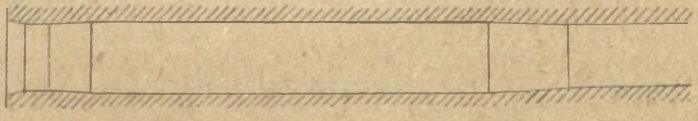
Rys. 40.

stożkową o większem pochyleniu *b* i komorę walcowatą *c*. (Rys. 41). Komora ładunkowa łączy się z częścią gwintowaną stożkiem przejściowym. Obecnie przeszli konstruktorzy do nowego typu komór, bardziej praktycznego, zwłaszcza w działach średnie-



Rys. 41.

go i wielkiego kalibru; komora cylindryczna tego typu zwęża się w stronę zamka dość stromym stożkiem (Rys. 42), daje to możność zmniejszenia wymiarów i ciężaru zamka i zmniejszenie ciśnienia gazów na zamek.



Rys. 42.

Pewnych danych co do wymiarów komory ładunkowej nie można wymienić, jedynie tylko doświadczenie daje zupełnie ścisłe granice, w których może wahać się wymiar — w każdym razie długość nie powinna przekraczać 3,5 średnicy komory.

Stosunek średnicy komory ładunkowej do kalibru waha się w działach najnowszych od 1.20 do 1.25. W niektórych systemach artylerji, np. w niemieckiej, stosunek ten wynosi około 1.05, w angielskiej dochodzi do 1.45.

24. Przewód zapałowy. Przewód zapałowy jest to kanał, wywiercony bądźto w ścianie lufy, bądźto w zamku, służący do udzielenia ognia ładunkowi prochu.

Wszystkie działa starych systemów posiadały przewód zapałowy, wywiercony w ścianie lufy, co znacznie osłabiało jej wytrzymałość.

W działach nowych systemów przewód zapałowy przewierca się w zamku.

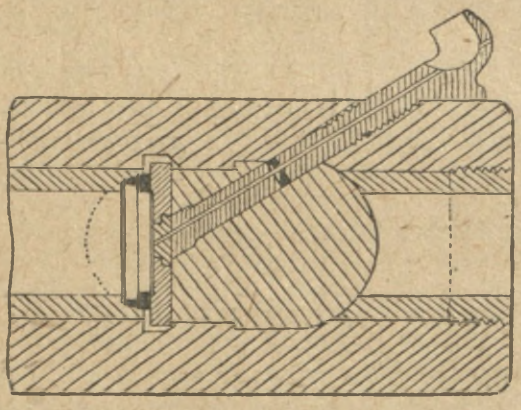
Jeżeli przewód zapałowy jest w kierunku równoległym do osi działa, nazywamy go *przewodem środkowym*; jeśli przewód zapałowy jest w kierunku skośnym do osi lufy, nazywamy go *przewodem bocznym*.

Przewód zapałowy ma około 5—6 mm średnicy i dla zabezpieczenia od wypalania gazami prochowemi wylotu przewodu posiada wśrubowaną rurkę miedzianą. Miedź lepiej opiera się wypalaniu i w razie uszkodzenia lub zużycia rurkę taką łatwo jest wymienić.

Dla uszczelnienia gazów prochowych od przerywania się przez przewód zapałowy służą zapłonniki specjalnie urządzone dla uszczelnienia.

W zamkach klinowych z przewodem bocznym przewód zapałowy był urządzony w następujący sposób: (Rys. 43).

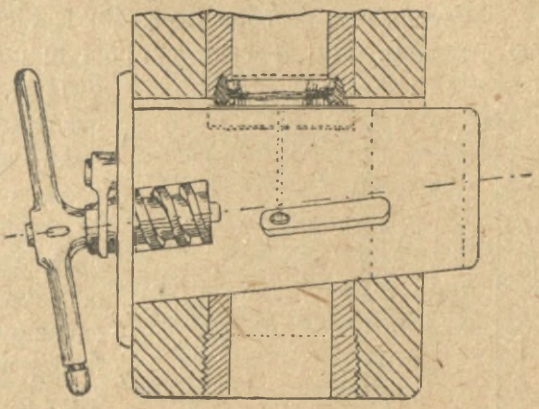
Stalowa rurka z muszlą, służącą do zabezpieczenia obsługi na wypadek wyrzucenia zapłonnika, stanowi część przewodu zapałowego, przechodzącego przez ścianę lufy i służy zarazem jako sworzeń, ograniczający ruch zamka w komorze zamkowej. (Rys. 44). W tym celu koniec rurki wchodzi w specjalne wyżłobienie na klinie. Dalszy ciąg przewodu zapałowego jest również rurką stalową, przechodzącą przez klin do jego powierzchni zewnętrznej, zamykającej przewód lufy. Górny koniec tej rurki posiada pierścień miedziany, uszczelniający dla zabezpieczenia od przerywania się gazów prochowych na powierzchnię zamka.



Rys. 43.

Ten system przewodu zapałowego jest jednocześnie i bezpiecznikiem, ponieważ ogień może być udzielony ładunkowi tylko wtedy, gdy zamek jest zamknięty, w przeciwnym zaś wypadku otwór zapałowy w klinie nie będzie się schodził z otworem zapałowym w ścianie lufy.

Przy wszystkich innych systemach z przewodem środkowym umieszcza się tylko przyrząd, przytrzymujący zapłonniki i nie pozwalający im wylecieć pod wpływem ciśnienia gazów prochowych.



Rys. 44.

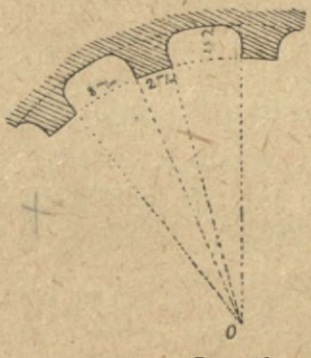
25. Gwinty. Dla nadania pociskowi w przewodzie lufy ruchu obrotowego przy strzale na powierzchni przewodu lufy wyżłabia się gwinty. Po strzale po gwintach poruszają się występy pocisku, które się tworzą przy wrzynaniu się pierścienia wiodącego w gwinty.

Na rys. 45 pokazany jest przekrój przewodu lufy gwintowanej w płaszczyźnie prostopadłej do osi lufy. Gwint składa się z bruzdy i pola. *ab* oznacza głębokość, *de* — szerokość bruzdy; *ab* i *dc* — ściany; *bc* — szerokość pola.

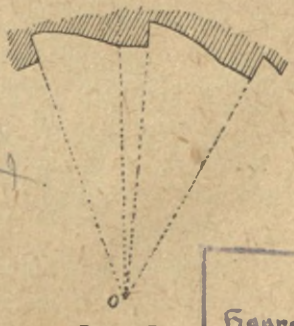


Rys. 45.

Średnica przewodu lufy, mierzona między polami, nazywa się *kalibrem*. Gwintom obecnie nadaje się następujący kształt w przekroju poprzecznym: dno bruzdy i pole są równoległe do obwodu przewodu lufy, ściany są równoległe do środkowego promienia dna gwintu, kąty wewnętrzne nieco zaokrąglone. Czasami gwinty bywają kształtu półokrągłego (rys. 46) lub jak na rys. 47. Ten ostatni



Rys. 46.

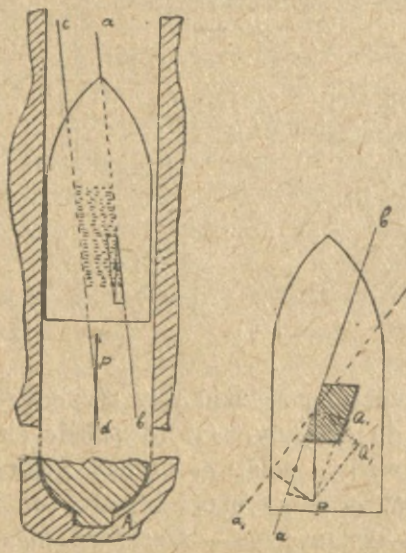


Rys. 47

Eigentum
Heeresarchiv-Zweigstelle
Danzig

kształt został przyjęty, na podstawie założenia, że ściana wiodąca wystarczy sama do prowadzenia pocisku.

Przypuśćmy, że *abcd* (Rys. 48) jest jednym z dolnych gwintów przewodu lufy, *A* występem pocisku poruszającym się w tym gwincie, to wskutek ciśnienia gazów prochowych na dno pocisku, występ, dążąc do ruchu postępowego, naciśnie na jedną ze ścian gwintu *ab*, przeszkadzającą temu ruchowi. Ściana ta nazywa się wiodącą. W działach z gwintem prawoskrętnym ścianą wiodącą jest ściana prawa, z gwintem lewoskrętnym— lewa.



Rys. 48.

Gwinty mogą być prawo- lub lewoskrętne, kierunek gwintów jest ten, jaki ma gwint górny dla patrzącego przez komorę zamkową.

Kierunek gwintów z punktu widzenia artyleryjskiego nie wpływa wcale na warunki strzelania i na wytrzymałość materjału — jest zupełnie obojętnem, jaki kierunek gwintów ma dany system.

26. Szerokość gwintów. Przy prawidłowem urządzeniu pocisku i gwintów ciśnienie rozkłada się równomiernie na wszystkie występy i na każdy przypada siła równa ciśnieniu gazów prochowych P (Rys. 48), podzielonemu przez ilość gwintów, t. j. $P_1 = P/n$.

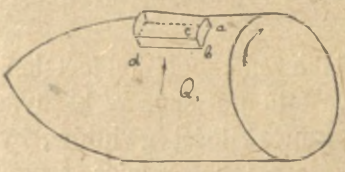
Siłę P_1 rozłożymy na dwie: jedną—w kierunku gwintu i drugą Q—w kierunku prostopadłym do ściany wiodącej.

Od siły w kierunku gwintów zależy przyśpieszenie ruchu występu wzdłuż gwintu, a od siły Q—wielkość ciśnienia występu na ścianę wiodącą; z tą samą siłą Q_1, lecz w przeciwnym kierunku, ściana wiodąca ciśnie na występ i to ciśnienie nadaje pociskowi ruch obrotowy.

Ze zwiększeniem kąta między kierunkiem gwintu a tworzącą przewodu lufy (pochylenie gwintu), przy tym samym ciśnieniu gazów prochowych i przy tej samej ilości występów, ciśnienie ściany

wiodącej Q_1 wzrasta i, jeśli to ciśnienie osiągnie znaczną wielkość, wówczas występy pocisku mogą być ścięte (pocisk zerwie się z gwintów).

Przypuśćmy, że *abcd* (Rys. 49) — jest jednym z występów pocisku; ściana *cd* będzie pod ciśnieniem Q_1 — wiodącej ściany gwintu, która dąży do ścięcia występu. Zniekształcenie może być różne, zależnie od względnych wymiarów występu co do długości, szerokości i wysokości.



Rys. 49.

Ciśnienie może złamać występ, ponieważ opór przeciw złamaniu jest proporcjonalny do długości *bd*, do kwadratu szerokości *ab* i odwrotnie proporcjonalny do wysokości *bc* występu*), więc dla zwiększenia oporu występów przeciw złamaniu należy zmniejszać ich wysokość i długość, lecz przy zbyt małej wysokości i długości występu może przy znacznem ciśnieniu zajść zgniecenie powierzchni *cbd*.

Z powyższego widzimy, że dla zabezpieczenia występów od złamania, należy gwinty robić szerokie lecz płytkie.

Należy rozróżniać ścięcie lub zgniecenie występu od zerwania pierścienia wiodącego, co się zdarza, gdy pocisk nie jest dosłany na miejsce i przy początku ruchu gwałtownie uderza o stożek przejściowy i początek gwintów.

Wszystkie prawie działa współczesne mają gwint równoległy. W działach starych systemów i w 75 mm. francuskich z r. 1897 spotykamy gwint zbieżny (wyrobu z przed czerwca 1916). Miał on na celu zastąpić pewne zużycie występów pierścienia wiodącego przy wylocie, co przy gwintach równoległych i miękkim materjale pierścieni mogło spowodować przerwanie się gazów prochowych. Gwint podobny spotyka się w starych działach niemieckich i starych działach francuskich systemu Reffye.

Początkowo gwinty u dział, strzelających pociskami o gotowych występach, były głębokie, szerokie i w małej ilości (3—9). Kształt gwintów był czworokątny; na pocisku wyrabiano występy z bronzu lub cyny, które przy ładowaniu wprowadzano do gwintów. Fabrykacja pocisków była nadzwyczaj trudną: przy strzale, z powodu niedokładnego przylegania występów do gwintów, gazy prochowe przerywały się, lot pocisku wskutek tego nie był prawidłowy.

*) Dowodzenie to znaleźć można w wytrzymałości materjałów.

27. Ilość gwintów. Ilość gwintów powinna być taką, by suma występów, wyciętych w pierścieniu prowadzącym, przy dostatecznym oporze, zapewniała ruch obrotowy pocisku. Zwiększenie ilości gwintów rozkłada ciśnienie gazów prochowych na większą ilość punktów i pozwala zmniejszyć głębokość gwintów, co jest korzystnem dla wytrzymałości lufy i zachowania szybkości wylotowej pocisku.

Przy większej ilości gwintów środkowanie pocisku jest lepsze—co wpływa na celność i regularność lotu pocisku. W każdym razie praktyka wskazuje na pewną granicę ilości gwintów, by pola nie stały się zbyt wąskiemi, stawiając jako granicę szerokości pola 2 mm.

Ilość gwintów określa wzór:

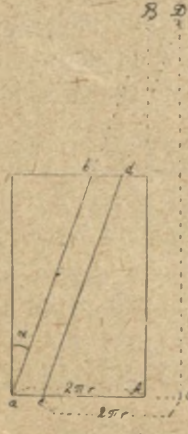
$$\frac{\pi \cdot D}{\text{szerokość gwintu} + \text{szerokość pola}},$$ gdzie D—średnica przewodu lufy.

Praktycznie, ilość gwintów równa się 3k (k—kaliber w centymetrach) — zaokrąglając ułamki do jedności.

28. Rodzaje gwintów. Ciśnienie ścian wiodących jest największe na początku gwintów, kiedy ciśnienie gazów osiąga maksimum; dla zmniejszenia ciśnienia ścian wiodących na gwinty zastosowuje się gwinty postępowe, mające przy wylocie pochylenie, które jest potrzebne do nadania pociskowi określonej szybkości obrotowej (na początku gwinty te mają małe pochylenie).

Jeśli gwinty mają wzdłuż całej długości przewodu lufy jednakowe pochylenia, nazywają się gwintami jednostajnemi.

Jeśli rozwiniemy powierzchnię przewodu lufy w płaszczyznę, wówczas ściany wiodące gwintów jednostajnych przedstawią się jako proste *ab*, *cd*, (Rys. 50) stanowiące z tworzącemi przewodu lufy określony kąt α.



Rys. 50.

Wielkość kąta α jest miarą pochylenia gwintów, lecz o pochyleniu sądzi się zwykle z długości, na której gwinty robią całkowity obrót—długość ta nazywa się krokiem gwintu. Oznaczymy go przez *h*.

W rozwiniętej powierzchni przewodu lufy długością kroku gwintu jednostajnego jest odległość *AB* lub *CD* między punktami przecięcia się jakiejkolwiek ściany gwintu (*ab* lub *cd*) z tworzącą, odległą od początku gwintu na długość obwodu przewodu lufy.

Oznaczając kąt ϵDC, charakteryzujący pochylenie gwintów, przez α, kaliber przez d, otrzymamy:

$$tg\,\alpha = \frac{\pi d}{h}, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

skąd względny krok gwintu (krok gwintu w kalibrach), zależnie od pochylenia gwintu:

$$\frac{h}{d} = \frac{\pi}{tg\,\alpha}. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

Z powodu nieznacznej wielkości kąta α możemy przyjąć, że $tg\,\alpha = \alpha$, wówczas:

$$\frac{h}{d} = \frac{\pi}{\alpha}, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

jeśli α wyraża się w stopniach:

$$\frac{h}{d} = \frac{180^0}{\alpha^0}.$$

Odwrotnie, wzór dla określenia pochylenia gwintów α^0 zależnie od kroku gwintów:

$$\alpha^0 = \frac{180^0}{\left(\frac{h}{d}\right)}. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

Przy rozwijaniu w płaszczyznę powierzchni przewodu lufy, mającej gwinty postępowe, otrzymamy krzywą, której pochylenie względem tworzącej przewodu lufy stale wzrasta ku wylotowi.

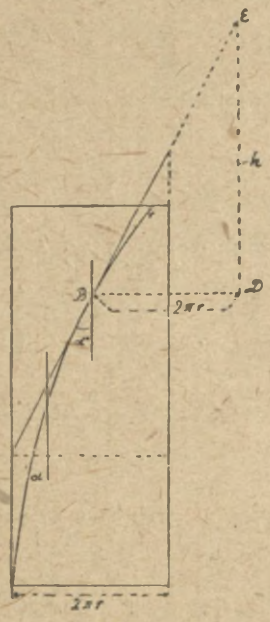
W większej części dział gwint postępowy, rozwinięty na płaszczyźnie, jest parabolą lub takim jej odcinkiem, którego przedłużeniem przy wylocie jest prosta.

Ponieważ pochylenie gwintu postępowego wzrasta w stronę wylotu, można je określić tylko dla określonego punktu. Naprzykład dla punktu B (Rys. 51), pochylenie $= \alpha'$, krok gwintu DE, długość tę otrzymamy, jeśli zmierzymy odległość między punktami przecięcia stycznej do krzywej gwintu z tworzącą przewodu, oddaloną od punktu B na długość obwodu przewodu lufy πd.

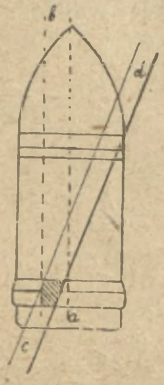
Działa z gwintami postępowemi nie mogą strzelać pociskami, posiadającemi kilka pierścieni wiodących.

Ażeby to wyjaśnić, przypuśćmy, że z działa z gwintem postępowym strzelamy pociskiem o dwóch pierścieniach wiodących. Przypuśćmy, też że pocisk już wciął się pierścieniami w gwinty i porusza się po początkowej, mało pochyłej odnodze gwintu postępowego, przyczem ab (Rys. 52) oznacza kierunek gwintu, wzdłuż

którego posuwają się dwa występy, jakie się utworzyły na pierścieniach wiodących. Przy dalszym ruchu pocisk powinien przejść w tą część przewodu lufy, gdzie pochylenie gwintu jest większe; przypuśćmy, że *cd* oznacza nowy kierunek gwintu. Oczywiście, że, przy przejściu pocisku z gwintu *ab* na gwint *cd*, występy na pierścieniach będą ścięte, i pocisk nie otrzyma należytego ruchu obrotowego.



Rys. 51.



Rys. 52.

Przedstawmy sobie teraz, że średnica przedniego pierścienia na pocisku jest mniejszą od średnicy tylnego pierścienia i równa się kalibrowi działa. W danym wypadku w gwinty będzie się wcinał tylko tylny pierścień; co się zaś tyczy występów na nim, to są one tak krótkie, że, przy przejściu pocisku od części gwintów z małem pochyleniem do części z pochyleniem większem, otrzymają one tylko nieznaczne zniekształcenie.

W niektórych działach konstruktorzy zastosowują gwint złożony, będący połączeniem gwintu jednostajnego i postępowego, przyczem gwint postępowy przechodzi przy wylocie w gwint jednostajny. Długość części gwintu jednostajnego jest zwykle bardzo mała: 1—2 kalibry.

Przykład. 105 mm. niemiecka armata 04; 152,4 mm. (6-calowa) haubica forteczna rosyjska systemu Schneider'a 09.

Przytaczamy tabelkę niektórych dział, wskazującą kąty pochylenia gwintów (str. 53).

29. Szybkość obrotowa pocisku. Szybkość obrotowa podłużnego pocisku w przewodzie lufy zależy od ruchu postępowego pocisku i kroku gwintów.

Przypuśćmy, że krok gwintów jest *h*; na tej długości

DZIAŁO	Kąt pochylenia			
	jednostajny	postępowy		złożony
		w początku	przy wylocie	
75 mm. 97 fr.	7°	—	—	—
77 „ niem.	—	4°	7° 9′	—
100 „ haub. austr. . .	7° 9′ 46″	—	—	—
100 „ arm. niem. 04 .	—	—	—	4° 8°
105 „ haub. niem. . .	—	4°	12°	—
152,4 „ haub. ros. 09 . .	—	—	—	3°42′ 8°56′

pocisk wykona jeden obrót. Jeśli nazwiemy szybkość wylotową pocisku V, wtedy przestrzeń, przebyta przez pocisk, począwszy od wylotu, w jednostce czasu będzie V. Ponieważ na przestrzeni h pocisk robi jeden tylko obrót, więc na długości V zrobi m obrotów, przyczem m określa się z wzoru:

$$m : 1 = V : h,$$

skąd:

$$m = \frac{V}{h} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

Ponieważ

$$tg\,\alpha = \frac{\pi d}{h}, \qquad \text{skąd}$$

$$h = \frac{\pi d}{tg\,\alpha}, \qquad \text{więc}$$

$$m = \frac{V\,tg\,\alpha}{\pi d} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (6)$$

Z wzoru tego widzimy, że dla tej samej wartości α ilość obrotów jest odwrotnie proporcjonalna do kalibru.

Wzór (5) oznacza ilość obrotów w jednostce czasu *).

Z równania tego wynika, że dla zwiększenia szybkości obrotowej przy wylocie należy zwiększyć szybkość wylotową V i zmniejszyć długość kroku gwintów h.

Zwiększenie szybkości obrotowej pocisku podczas jego ruchu w powietrzu zmniejsza wahanie osi pocisku i zwiększa celność strzelania. Wobec tego korzystnem jest zwiększenie szybkości wylotowych pocisków i zwiększenie pochylenia gwintów; jest to jednak

*) Będzie to ilością obrotów na początku toru; możemy przyjąć, że pozostanie ona bez zmiany i przy dalszym ruchu, ponieważ wpływ tarcia powietrza jest nieznaczny.

miarodajnem do pewnych tylko granic, ponieważ przy zbyt wielkiem pochyleniu pierścienie mogą się zniekształcić podczas ruchu pocisku w przewodzie lufy.

Teorja i doświadczenia pokązują, że:

1) im pocisk jest dłuższy, tem jego szybkość obrotowa powinna być większa;
2) im szybkość wylotowa danego pocisku jest większa, tem większa powinna być szybkość obrotowa;
3) przy dwóch pociskach podobnych, z jednakową szybkością wylotową lecz różnych kalibrów, pocisk mniejszego kalibru powinien mieć większą szybkość obrotową.

30. Wielkość ciśnienia na występ wiodący. Teorja pokazuje, że przy gwintach postępowych normalne ciśnienie Q ściany wiodącej na występ wiodący zależy nie tylko od ciśnienia gazów prochowych i kąta pochylenia gwintów, lecz również i od szybkości ruchu pocisku. W działach współczesnych, przy znacznych długościach przewodu lufy i przy strzelaniu prochami bezdymnemi, wolno palącemi się, ciśnienia obniżają się powoli, a więc szybkość ruchu szybko wzrasta w miarę zbliżenia się pocisku do wylotu. Wobec tego nawet małe zwiększenie kąta pochylenia pociąga znaczne zwiększenie ciśnienia ściany wiodącej na występ wiodący pocisku, wskutek czego traci się korzyść z pochylenia postępowego gwintu. Dlatego gwinty wszystkich prawie dział współczesnych są jednostajne.

Wypadkowa ciśnienia gazów prochowych przechodzi przez środek ciężkości pocisku i jest równoległa do jego osi, wobec tego nie może nadać mu ruchu obrotowego, który wywołuje jedynie ciśnienie gwintów na występy w punktach stycznych ze ścianą wiodącą. Przy gwintach jednostajnych ciśnienie Q_1 gwintu dla danego działa i pocisku jest proporcjonalne do kąta krzywizny (ściślej do $tg\alpha$) i do ciśnienia P gazów prochowych na dno pocisku i odwrotnie proporcjonalne do ilości gwintów n, t. j. $Q_1 = N.P\frac{tg\,\alpha}{n}$ (gdzie N współczynnik ilościowy). Z wzoru tego widzimy, że w miarę ruchu pocisku w przewodzie lufy Q_1 zmienia się, osiągając swoje maksimum przy największem ciśnieniu gazów prochowych, a ponieważ n zmienia się w małych granicach, więc im ciśnienie P jest większe, tem gwinty powinny być mniej pochyłe (t. j. α mniejsze). Przy gwintach postępowych ciśnienie Q_1 gwintu zależy nie tylko od ciśnienia gazów P i od kąta pochy-

lenia, lecz również i od żywej siły pocisku w danym przekroju lufy. Wynika z tego, że przy gwincie postępowym szybkość obrotowa pocisku w przewodzie lufy, podczas jego ruchu, ciągle się zwiększa skutkiem ciśnienia gwintów na występy, więc w tym wypadku reakcja Q_1 gwintu wyrazi się przez wzór:

$$Q_1 = N \cdot P \frac{tg\,\alpha}{n} + N_1 \frac{\varphi_{(x)}}{n} \cdot \frac{mV^2}{2},$$

gdzie V — szybkość pocisku w danym punkcie przewodu lufy, a $\varphi_{(x)}$ — funkcja, zależna od równania krzywej gwintu.

ROZDZIAŁ V.

Wytwarzanie dział *).

31. Rura rdzeniowa. Jako przykład weźmiemy lufę o wzmocnieniu mieszanem, t. j. pierścieniami i obsadami, i stopniowo opiszemy poszczególne fazy wytwarzania.

Do wyrobu lufu używa się najlepszej stali, przeważnie martenowskiej lub elektrolitowej. Roztopioną stal zlewa się do specjalnej formy dla rury rdzeniowej, gdzie stygnie pod silnem ciśnieniem prasy.

Po ostygnięciu rurę rdzeniową puszcza się pod młoty parowe lub między walce celem przekucia zewnętrznej warstwy, posiadającej po odlaniu — pory i próżnie.

Podczas walcowania lub przekuwania nadaje się rurze rdzeniowej — zgrubsza tylko potrzebny kształt.

Po przekuciu kładzie się rurę rdzeniową na warsztat wiertniczy i robi pierwsze wiercenie przewodu o średnicy mniejszej jednak od właściwej.

Po ukończeniu wiercenia rurę odpuszcza się, potem znowu hartuje celem ujednostajnienia jej właściwości mechanicznych, które mogłyby się nieco zmienić w pewnych częściach rury podczas walcowania.

Po hartowaniu przystępuje się do obtaczania i polerowania zewnętrznej powierzchni rury rdzeniowej do średnicy pierścieni zwiększonej o wielkość ściśnięcia poprzecznego od średnicy pierścieni, któremi ma być wzmocniona.

32. Wzmocnienia. Pierścienie, przygotowane zawczasu i o średnicy mniejszej od średnicy rury rdzeniowej o wielkość ściśnięcia poprzecznego, nakłada się od strony ścięcia komorowego w stanie gorącym. Każdy nałożony pierścień ochładza się natychmiast zimną wodą.

Po nałożeniu pierwszej warstwy pierścieni wykonywa się

*) Podług Jacob, Résistance et construction des bouches à feu.

obtaczanie zewnętrzne i polerowanie do średnicy pierścieni drugiej warstwy, zwiększonej o wielkość ściśnięcia poprzecznego.

Pierścienie drugiej warstwy, o średnicy mniejszej niż średnica pierścieni pierwszej warstwy, o wielkość ściśnięcia poprzecznego, nakłada się, podobnie jak i pierścienie pierwszej warstwy, w stanie gorącym i natychmiast je ochładza.

Na drugą warstwę pierścieni nakłada się obsadę o średnicy drugiej warstwy pierścieni, lecz zmniejszonej o wielkość ściśnięcia poprzecznego.

Na ostatnim pierścieniu jest wytoczony występ pierścieniowy. Obsadę w stanie gorącym nakłada się na warstwę pierścieni tak, by jej wyżłobienie stanęło nad występem na pierścieniu, poczem ochładza się ją natychmiast zimną wodą.

Po nałożeniu obsady na część komorową obtacza się część wylotową rury rdzeniowej i w ten sam sposób nakłada obsadę o średnicy mniejszej o wielkość ściśnięcia poprzecznego.

Po nałożeniu obsad łączy się je zapomocą specjalnego, nagwintowanego pierścienia, który wśrubowuje się na gwinty na połączeniu obsad w stanie gorącym.

Zewnętrznie jest już lufa wtedy wykończona, złożona i wzmocniona.

33. Gwintowanie, wykańczanie i strzelanie próbne. Po złożeniu wszystkich wzmocnień na rurze rdzeniowej przystępuje się do ponownego wiercenia przewodu do średnicy zbliżonej do kalibru danego działa, poczem obtacza się i poleruje lufę zewnątrz, wykańcza płaskie ścięcia komorowe i wylotowe.

Po wykończeniu zewnętrznem działa następuje dowiercanie i polerowanie przewodu i komór do wymiarów ostatecznych (kaliber mierzony między polami).

Następnie wywierca się gwinty w komorze zamkowej, przyczem wywierca się gwinty całkowite, a potem dopiero ścina się pewne części zależnie od kąta obrotu, przy którym otwiera się zamek.

Poczem przechodzi się do najważniejszej i nadzwyczaj delikatnej czynności — gwintowania.

Lufę umieszcza się dokładnie w osi maszyny gwintującej.

Uchwyt, podtrzymujący lufę, posiada przyrząd obracający lufę na odległość kątową między poszczególnemi gwintami.

Nóż gwintujący ma kształt gwintu; potrzebny kierunek nadaje się nożowi zapomocą specjalnej linji kierunkowej.

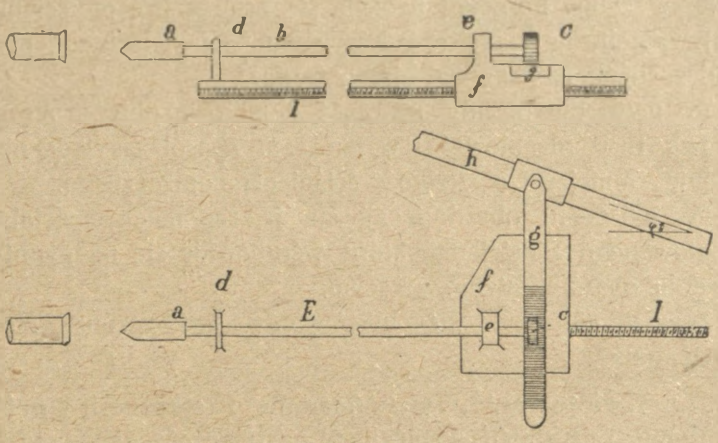
Przyrząd gwintujący (Rys. 53) składa się:
z noża gwintującego *a*, przymocowanego do drążka *b*, z kołem

zębatem *c*. Drążek leży na dwóch podporach: pierwszej *d* nieruchomej i drugiej *e* ruchomej, przymocowanej do podstawy *f*. Kółko zębate drążka zaczepia o zębatą linijkę *g*, która posuwa się razem z podstawą i jednocześnie może przesuwać się w kierunku poprzecznym.

Ruch poprzeczny nadaje się zapomocą linji kierującej *h*.

Podstawa razem z linijką zębatą i drążkiem ślizga się po śrubie podstawowej *l*.

Wzdłuż śruby podstawowej—podstawa, a więc i drążek, mają ruch postępowy w kierunku osi maszyny. Podstawa, przesuwając



Rys. 53.

się, posuwa linijkę zębatą wzdłuż linji kierującej. Wskutek tego ruchu kółko zębate obraca się i obraca nóż gwintujący.

Przy gwintach jednostajnych linja kierująca jest prostą; przyjmując, że *h* jest to krok gwintów, α nachylenie gwintu względem osi, *k* kaliber lufy i *d* średnica kółka zębatego — mamy:

$$\pi k = h tg\alpha$$

Kiedy drążek zrobi obrót, to posunie się na długość *h* — obrót ten jest spowodowany przesunięciem linijki zębatej w kierunku poprzecznym na πd.

Linja kierunkowa powinna być taką, by przy posunięciu podstawy na odległość *h* linijka zębata przesunęła się w kierunku poprzecznym o πd, a więc powinna być to linja prosta, tworząca kąt φ z osią śruby podstawowej, t. j.

$$tg\varphi = \frac{\pi d}{h}, \text{ lub } \frac{1}{h} = \frac{tg\alpha}{\pi k}$$

skąd:

$$tg\varphi = \frac{k}{d} tg\alpha \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (7)$$

Drążek wprowadza się od strony wylotowej do przewodu, maszynę puszcza się w ruch i wycina po jednym gwincie, który się natychmiast sprawdza. Wyżłabianie nie odbywa się od razu, lecz stopniowo—w dwa—trzy przejścia noża wzdłuż gwintu.

Po ukończeniu gwintowania wykańcza się i poleruje komorę ładunkową i stożki przejściowe.

Na tej czynności kończy się wytwarzanie lufy.

Po ostatecznem zmontowaniu działa przeprowadza się strzelanie próbne przy ciśnieniach o $^1/_4$ większych od normalnych.

Przy prochach dymnych osiągano zwiększenie ciśnienia przez powiększenie ładunku prochu. Przy prochach bezdymnych zwiększenie ładunku może wywołać detonację prochu, strzela się więc bardziej ciężkiemi pociskami.

Jeśli w lufie po strzale nie ma odkształceń, uznaje się ją za dobrą i odsyła do zbrojowni.

DZIAŁ II.

Zamek.

ROZDZIAŁ I.

Zasady urządzenia zamków. Uszczelniacze.

34. Zasady urządzenia zamków. Wszystkie działa możemy podzielić na dwie grupy — działa ładowane przez wylot i działa ładowane odtylcowo. Działa ładowane przez wylot należą do przeszłości, ostatnie z nich utrzymały się do roku 1884 w Anglji. Obecnie mamy tylko działa ładowane odtylcowo.

Powrót do dział ładowanych odtylcowo datuje się od 1858—60 roku. Historja artylerji notuje działa tego rodzaju już w roku 1428 przy oblężeniu Orleanu. Górski wspomina o polskich działach, ładowanych odtylcowo (foglerze), które znajdowały się na zamku gliniańskim (1495 rok).

Mechanizm każdego zamka powinien odpowiadać następującym warunkom:

1) Uszczelnienie powinno być takie, by gazy w żadnym wypadku nie przechodziły między lufą a zamkiem. Przerywanie się gazów powoduje wypalanie powierzchni, między któremi gazy o wysokiej temperaturze przerywają się ze znaczną szybkością, przez co może powstać niebezpieczeństwo dla obsługi.

2) Mechanizm powinien być mocny, by mógł bez uszkodzeń wytrzymać szybkie i długie strzelanie.

3) Otwieranie i zamykanie zamka powinno być łatwe (jednym ruchem) i nie powinno niszczyć gwintów. Zamek nie powinien otwierać się pod wpływem ciśnienia gazów prochowych.

4) Czyszczenie i zmiana części zużytych nie powinny wymagać specjalnych instrumentów i nie przedstawiać żadnych trudności.

5) Mechanizm powinien zabezpieczać od nagłego i niespodziewanego zapalenia ładunku przed zamknięciem i otwarcia zamka przed strzałem w wypadku jego opóźnienia.

5) Mechanizm zamka powinien być mało czuły na zmiany atmosferyczne.

Dodatnie strony ładowania odtylcowego są:

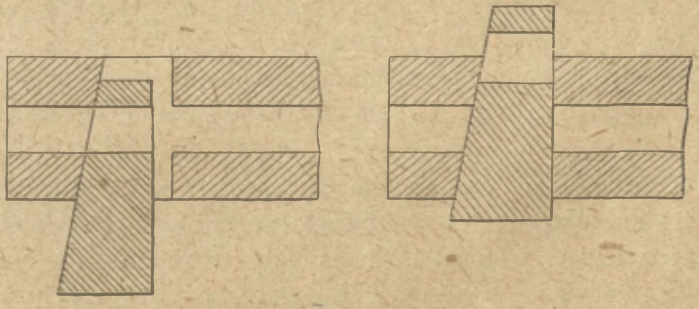
1) łatwość ładowania,
2) szybkostrzelność,
3) większa dokładność strzelania, ponieważ pocisk i ładunek zawsze będą umieszczane w jednem położeniu,
5) łatwość czyszczeniu przewodu lufy i
6) bezpieczeństwo obsługi, która może być ukrytą podczas strzelania.

Stronami ujemnemi są:

1) trudność utrzymania mechanizmu zamka;
2) zamek stanowi najsłabszą część lufy i osłabia wzmocnienie komorowe;
3) zamek podnosi znacznie cenę działa.

35. Zamki klinowe. W zamkach klinowych hermetyczność zamknięcia osiąga się przez ścisłe przyleganie płaszczyzny klina do ścięcia komory zamkowej, przyczem równomierne przyleganie powstaje przez nadanie zamkowi kształtu klinowego; przy usuwaniu klina, dzięki jego kształtowi, będzie odbywało się stopniowo coraz ściślejsze przyleganie przedniej ściany aż do chwili całkowitego zamknięcia.

Przednia ściana klina przy każdem jego położeniu jest prostopadła do osi działa, ściany górna i dolna — równoległe do osi



Rys. 54.

działa, tylna — pod kątem do przedniej ściany. (Rys. 54). Najdogodniejszym kształtem tylnej ściany klina będzie ten, przy którym wypadkowa ciśnień na tylną ścianę będzie w płaszczyźnie osi działa; temu warunkowi odpowiada całkowicie taki kształt tylnej ściany, przy którym mamy jednostajny podział ciśnień. Zamki klinowe, przedstawiające połączenie pryzmatu z cylindrem, nazywają się cylindro-pryzmatyczne.

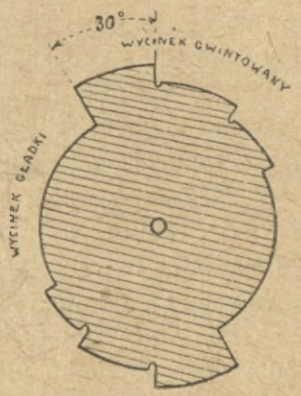
Ciśnienie gazów prochowych na płaską ścianę klina przy strzale udziela się tylnej powierzchni cylindrycznej. Ta siła może być rozłożoną na dwie, z których jedna dąży do oderwania łożyska zamka, ponieważ przy kształcie cylindrycznym tylnej części klina ten ostatni całą swoją powierzchnią przylega do tylnej strony łożyska, oderwaniu więc opiera się równomiernie cała tylna część łożyska i, jeśli tylko lufa jest dostatecznie trwała, to niema obawy oderwania; druga zaś siła dąży do wyrzucenia klina z łożyska. Wobec tego trzeba zastosowywać środki celem przeciwdziałania tej sile, a mianowicie stosować zczepienie klina z lufą zapomocą śrub, wtedy anuluje tę siłę moc i opór gwintów śruby; częściowo siłę tą pochłania tarcie między stykającemi się powierzchniami klina i łożyska.

36. Zamki śrubowe. Zasada zamków śrubowychpolega na tem, że w tylnej części przewodu lufy robi się specjalne, gwintowane łożysko, w które wśrubowuje się trzon zamka. Przy gwintowaniu trzona, jak zwykłej śruby, potrzeba byłoby długiego okresu czasu na jego zamykanie, ponieważ gwinty powinny mieć mały krok (skok), by przy strzale działanie gazów prochowych nie wyrzuciło trzonu. Do ostatniego czasu ścinano gwinty na trzonie i w łożysku wycinkami szerokości o $^1/_{12}$ do $^1/_8$ obwodu koła tak, że pozostałe wycinki gwintów były między ściętemi; przez to, ustawiając wycinki gwintów tłoka naprzeciw ściętych wycinków łożyska, można odrazu wsunąć trzon do gniazda na całą długość i obrotem o $^1/_{12}$ lub $^1/_8$ części koła zamknąć przewód lufy.

Dla jednakowego oporu przeciw działaniu gazów prochowych trzon powinien być odpowiednio dłuższy od trzonu z całkowitemi gwintami.

Okoliczność ta doprowadziła do tego, że, chociaż otwieranie i zamykanie zamków śrubowych było łatwe, trzony były jednak długie (a więc ciężkie), co zmniejszało szybkość strzelania. Dla zmniejszenia długości zamków, a więc i ich ciężaru, szwedzki inżynier Welin zaproponował zamek, którego wielkość gwintowanej powierzchni

po zamknięciu stanowi nie $^1/_{12}$ obwodu koła, lecz $^2/_3$ lub $^3/_4$, zależnie od kalibru. Osiąga się ten wynik przez to, że gwinty na zewnętrznej powierzchni trzona nie są jednej średnicy, lecz różnych (Rys. 55); odpowiednio do nich gwintuje się łożysko.



Rys. 55.

Zamki Welina znalazły szerokie zastosowanie w działach wielkich kalibrów.

Gwinty na trzonie zamka śrubowego mają kształt trójkątny—z kątami przy podstawie 40° — 45°. Nachylenie gwintów waha się w małych granicach i jest bliskie 1°.

Wyrabianie gwintów jest czynnością trudną i wymagającą wielkiej uwagi, zwłaszcza należy zwracać uwagę na jednostajność kroku gwintów. Mała różnica może spowodować znaczne utrudnienia przy otwieraniu i zamykaniu zamka.

37. Porównanie zamków klinowych i śrubowych. Oba rodzaje mają swoich zwolenników i przeciwników. Jeden i drugi typ ma swoje plusy i minusy, bez znacznej jednak przewagi jednego nad drugim.

Pod względem szybkości i łatwości zamykania w działach małych kalibrów między zamkiem klinowym lub śrubowym niema żadnych różnic. Co zaś dotyczy wielkich kalibrów — to zachodzi kwestja, co może być lepsze—czy zamek klinowy, czy też śrubowy?

Zamki klinowe wielkich kalibrów są nadzwyczaj ciężkie, śrubowe — lżejsze, a więc i dogodniejsze.

Lecz w zamkach śrubowych przy złem środkowaniu trzona pod wpływem ciśnienia gazów prochowych może nastąpić nagłe przekrzywienie trzona i przez to uniemożliwienie otwarcia. Zamek klinowy takich trudności nie przedstawia. Jedynie zachodzi tu kwestja uszczelnienia. Do wielkich kalibrów trzeba przytem używać łusek bardzo ciężkich o znacznych wymiarach. Stosowanie pierścieni i płyty Broadwell'a nie jest dogodne, ponieważ powiększa powierzchnię ciśnienia gazów prochowych na klin. Otwieranie i zamykanie zamka klinowego jest łatwiejsze niż zamka śrubowego, jednakowoż szybkość otwarcia i zamknięcia jest większa w zamku śrubowym.

Pod względem oporu, sprzeciwiającego się oderwaniu swego łożyska, zamki przedstawiają się następująco:

Klinowy zamek powoduje rozciąganie wzdłuż, które jest mniej więcej jednakowo rozłożone. Niedogodnością jest tylko to, że można korzystać przy umieszczeniu zamka z jednego tylko wzmocnienia, co niezupełnie zabezpiecza od oderwania.

Zamek śrubowy działa na swoje łożysko dwojako: przedewszystkiem przez ślizganie się pierwszego gwintu — jest to największy minus zamka śrubowego, następnie przez zrywanie gwintów. Przy łożysku w rurze rdzeniowej mogą się rozwinąć, zwłaszcza w wielkich kalibrach, niebezpieczne natężenia, wobec czego stosuje się specjalne łożysko, wśrubowane w lufę, które rozdziela ciśnienie równomiernie na wszystkie wzmocnienia.

Pod wpływem ruchu obrotowego pocisku lufa dąży do obracania się w kierunku przeciwnym do kierunku ruchu obrotowego pocisku. Skutkiem tego może nastąpić odśrubowanie się zamka i wyrzucenie tegoż wstecz, co powiększają jeszcze powtarzające się uderzenia czopów o ich łożyska, słabo reagujące z powodu małej sprężystości. Samo zaś pchnięcie gazów prochowych nie może otworzyć zamka, lecz odemknie go wtedy, gdy jest poddany ruchowi względnemu przez reakcję wzajemną łoża i lufy.

Zamki klinowe, które mają lekkie nachylenie tylnej ściany względem osi działa, mogą pod wpływem ciśnienia gazów prochowych zacząć ślizgać się w swojem łożysku, a zatem i oderwać się z niem.

Oba typy zamków wymagają użycia małej siły do powstrzymania odśrubowania się i ślizgania. Osiąga się to przez umieszczenie w mechanizmie zamka specjalnej części, związującej mechanizm zamykający z lufą lub obsadą zamka.

38. Uszczelniacze. Dobre uszczelnienie ma ogromny wpływ na dodatnią pracę gazów prochowych, na utrzymanie i czas działa, na celność i bezpieczeństwo obsługi.

Przerywające się gazy są pod wysokiem ciśnieniem i posiadają temperaturę do 4000° C; szybkość przerywania się jest znaczna; gazy wyżerają i wypalają metal na zamku i na ścianach lufy, przylegających bezpośrednio do zamku.

Gaz uchodzący zmniejsza ilość gazów działających na pocisk i tem samem szybkość wylotową, a więc i celność.

Przerywające się gazy mogą spowodować ciężkie oparzenia, a nawet zranić obsługę.

Przyrząd, zamykający gazom wyjście wstecz, nazywa się uszczelniaczem.

Uszczelniacz powinien odpowiadać następującym warunkom:

1) być prostym, łatwym w obchodzeniu się, czyszczeniu i zamianie;
2) nie podlegać wpływom atmosferycznym;
3) łączyć się ze swojem łożyskiem jedynie tylko podczas strzału, po otwarciu zaś zamka automatycznie wychodzić z łożyska;
4) być sprężystym a jednocześnie dostatecznie wytrzymałym, by zatrzymywać gaz i wytrzymać znaczne ciśnienie;
5) działać przy wszystkich ciśnieniach;
6) działać automatycznie pod wpływem ciśnienia gazów prochowych.

Istnieją trzy systemy uszczelnienia:

a) twardy,
b) plastyczny i
c) elastyczny.

Uszczelniacze pierwszych dwóch systemów (pierścień Broadwell'a i uszczelniacz Bange'a) są stale związane z zamkiem. Trzeci system—elastyczny (łuska) zmienia się przy każdym strzale.

Rozpatrzmy teraz kolejno wszystkie trzy systemy.

39. Uszczelniacz twardy. System uszczelnienia twardego był wynaleziony przez amerykańskiego inżyniera Broadwell'a. Istota jego urządzenia polega na jednoczesnem wyzyskaniu twardości i sprężystości metalu.

Uszczelniacz Broadwell'a stosowano w działach z zamkami klinowemi we wszystkich bez wyjątku artylerjach świata; zmianie ulegał jedynie materjał i kształt pierścienia np. uszczelniacz francuski w działach morskich, Piórkowskiego w działach pruskich i t. p.

Uszczelniacz Broadwell'a składał się z pierścienia i płytki.

Pierścień wstawiano w specjalne łożysko, wytaczane w ścięciu komory ładunkowej, płytkę w łożysko przedniej ścianki klina.

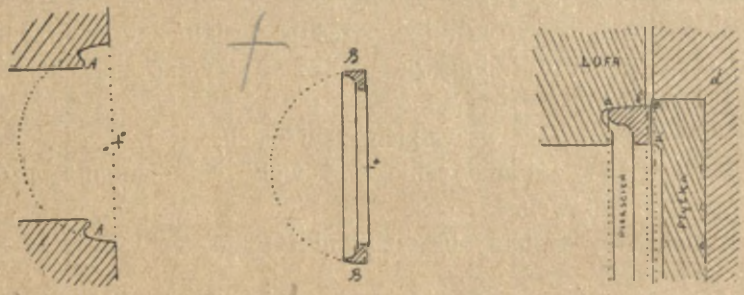
Pierścień *B* (Rys. 56) umieszcza się w komorze *AA*, wyciętej ściśle podług kształtu pierścienia *B*, lecz z tą różnicą, że środek pierścienia *O* jest na płasku komorowem, środek zaś łożyska *o'* nieco za płaskiem. Przy takiem urządzeniu pierścień *B*, wkładany do łożyska *A*, nie wejdzie do niego całkowicie i ścięcie pierścienia będzie wystawało z łożyska na wielkość *Oo'*.

W przedniej ścianie klina jest wytoczone łożysko, w które wkłada się płytkę. Na przedniej jej stronie znajduje się występ pierścieniowy *cd*, którym przylega ona przy zamkniętym zamku do tylnego ścięcia pierścienia; przytem między przednią ścianą klina a odpowiednią ścianą łożyska zamka pozostaje pewna przestrzeń około 2 mm.

Przy strzale, gazy prochowe, naciskając na wewnętrzną powierzchnię pierścienia, dążą do rozszerzenia, wskutek czego pierścień ściśle przylega do powierzchni swego łożyska i do występu płytki. Dla usunięcia przerwania

się gazów, które może mieć miejsce między kulistą powierzchnią pierścienia lub między pierścieniem a płytką, powierzchnie te powinny być starannie wyszlifowane.

Wgłębienia pierścieniowe na tylnej stronie pierścienia mają na celu usunięcie przerywających się gazów między pierścieniem a płytką. Spotykając wgłębienia i rozprzestrzeniając się w nich, gazy tracą sprężystość, czem zabezpiecza się ich przerwanie na zewnątrz.



Rys. 56

Oprócz tego wgłębienia te są przeznaczone do utrzymania smaru, którym trzeba obficie pokrywać pierścień i płytkę już po każdych trzech strzałach.

Pierścień i płytka dobrze dopasowane wytrzymywały po paręset strzałów bez uszkodzeń.

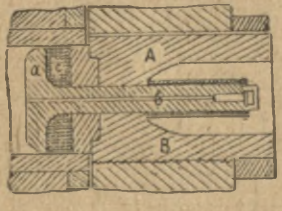
Uszczelniacz Broadwell'a był używany wszędzie jedynie tylko dla braku innych, jednakowoż ma on i pewne ujemne strony:

1) pierścień łatwo wypada, może się przez to uszkodzić;
2) wymaga on bezwzględnej czystości;
3) wymaga stałego dozoru, ponieważ względnie szybko zużywa się i może być łatwo uszkodzony — w następstwie wypadku przerywania się gazów.

40. Uszczelniacz plastyczny. Plastyczny system uszczelnienia wynalazł pułkownik francuskiej artylerji de Bange.

Istota uszczelnienia plastycznego polega na wykorzystaniu plastyczności poduszek z materjałów miękkich.

Uszczelniacz składa się (Rys. 57), z głowicy *a* — swobodnie poruszającej się w specjalnym kanale, wydrążonym w trzonie zamka *A*, i poduszki plastycznej *c* — która jest właściwym uszczelniaczem. Poduszka zabezpieczona jest od przepalenia rozciętemi, miedzianemi pierścieniami. Składa się ona z azbestu i łoju, z azbestu, płótna i łoju, lub z siatki drucianej, azbestu i mydła wapiennego. Azbest nadaje uszczelniaczowi trwałość, inne materjały służą do nadania plastyczności



Rys. 57.

uszczelniaczowi. Przy strzale głowica pod wpływem ciśnienia gazów prochowych cofa się wstecz, ściskając uszczelniającą poduszkę; ta rozszerza się, przylegając ściśle do powierzchni ogona głowicy *b* i do powierzchni komory, czem usuwa całkowicie możność przerwania się gazów.

Dla umieszczenia zapłonników ogon głowicy posiada przewód zapałowy.

Przy szybkim ruchu wstecznym ogon dąży do oderwania się od głowicy, dla zapobieżenia temu rozszerza się go stopniowo, w celu zaś przeszkodzenia nagłemu wyrzuceniu ogona wstecz, co mogłoby wydarzyć się przy oderwaniu się od głowicy, średnica przewodu uszczelniacza jest mniejsza w tylnej części.

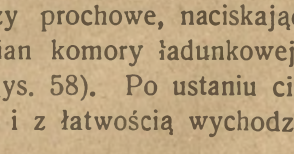
Dodatnie strony uszczelniacza plastycznego:

1) Średnica jego komory nie przekracza średnicy komory ładunkowej; pozwala to na użycie trzona zamkowego o mniejszej średnicy, a więc lżejszego.
2) Uszczelniacz działa przy wszelkich ciśnieniach.
3) Przy małych uszkodzeniach poduszki uszczelniacz jednak działa dość dobrze.

Strony ujemne:

1) Uszczelniacz plastyczny jest ciężki i znacznie zwiększa ciężar zamka.
2) Jest złożony i wymaga stałego dozoru.
3) Przy szybkiem strzelaniu poduszka powoli niszczy się i, o ile nie będzie należycie dozorowaną, mogą zachodzić utrudnienia przy otwarciu zamka.

41. Uszczelniacz elastyczny. Istota uszczelniacza elastycznego polega na wykorzystaniu sprężystości metali (miedź, mosiądz, stal). Uszczelniacz elastyczny jest to łuska wchodząca swobodnie w komorę ładunkową. Przy strzale gazy prochowe, naciskając łuskę, rozszerzają ją i przyciskają do ścian komory ładunkowej, czem zamykają sobie wyjście wstecz. (Rys. 58). Po ustaniu ciśnienia łuska przyjmuje kształt poprzedni i z łatwością wychodzi z komory. Wobec tego należy mieć pewną przestrzeń między łuską a powierzchnią komory ładunkowej i używać do łusek metalu o wysokiej granicy sprężystości. Uszczelnienie zapomocą łusek jest obecnie rozpowszech-



Rys. 58

nione w działach małych i przeważnie średnich kalibrów, czasami używa się ich nawet w działach wielkich kalibrów (np. francuski moździerz M. 376. F.).

Strony dodatnie uszczelniania elastycznego:

1) Idealne uszczelnianie.
2) Możność używania mechanizmu odpalającego (kurkowego) uderzeniowego.
3) Podniesienie szybkostrzelności.

Strony ujemne:

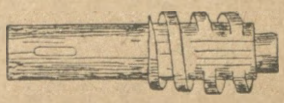
1) Działa strzelające nabojami zespolonemi (jednostkowemi, unitarnemi) prędzej się niszczą („wypalają"). Łuska, by nie przeszkadzała zamykaniu zamka, powinna dochodzić swoją kryzą ściśle do ścięcia komory ładunkowej, a do tego niezbędne jest pozostawienie między pierścieniem prowadzącym i stożkiem pewnej przestrzeni tak, że przy ładowaniu prawie nigdy pierścień nie wrzyna się w gwinty i wskutek tego gazy prochowe przerywają się około pierścienia prowadzącego i powodują szybsze wypalenie początku gwintów niż przy innych systemach uszczelnienia.
2) Łuski zwiększają ciężar przewożonej amunicji, wystrzelone obarczają baterję.
3) Łuska wymaga specjalnego wyrzutnika w mechanizmie zamka.
4) Łuski są kosztowne.

Wszystkie jednak ujemne strony łusek są niczem wobec dogodności obchodzenia się i ładowania, a zwłaszcza wobec szybkostrzelności.

ROZDZIAŁ II.

Mechanizmy zamykające.

42. Zamki klinowe. Zamknięcie zamków klinowych starych systemów było nadzwyczaj proste — a mianowicie trzon rękojeści posiadał na swojej osadzie śrubę, która miała połowę gwintów ściętą. Rys. 59). Śruba ta służyła do związania zamka z lufą i zarazem do dosyłania zamka na miejsce. W czasie obracania rękojeści, po zamknięciu zamka, gwinty śruby zczepiały się z zębami łożyska zamka i stopniowo dosyłały go bez uderzeń na miejsce. (Rys. 44). W zamkach nowych systemów mechanizmy zamykające są urządzone mniej więcej analogicznie z tą tylko różnicą, że zamknięcie i otwarcie odbywa się nie na dwa tempa, jak w starych systemach, ale na jedno. Poniżej przytaczamy przykłady typowych zamków klinowych współczesnych.



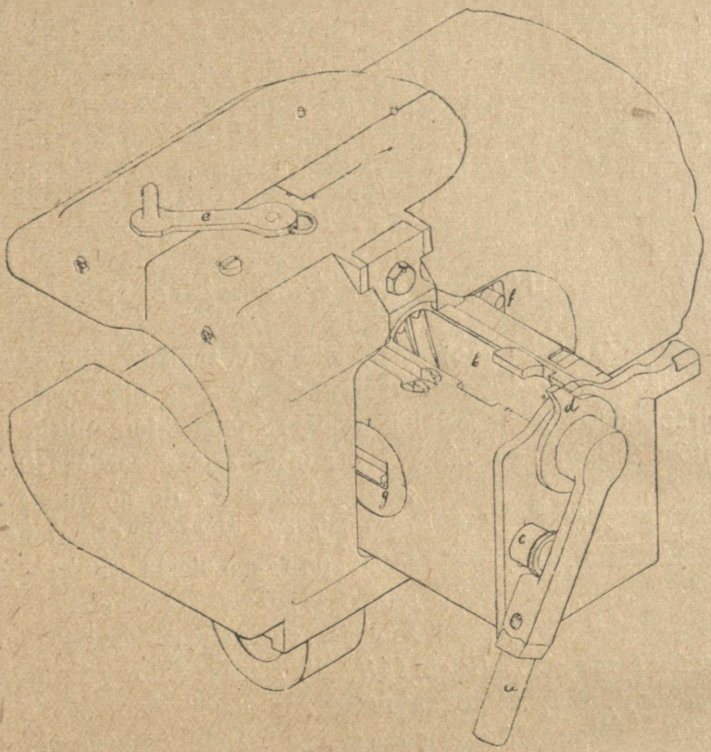
Rys. 59.

Przykład I. *150 mm. haubica niemiecka. Wzór 1902 roku.* (Rys. 60). Rękojeść *a* jest połączona ze śrubą *b*, leżącą w górnej części klina.

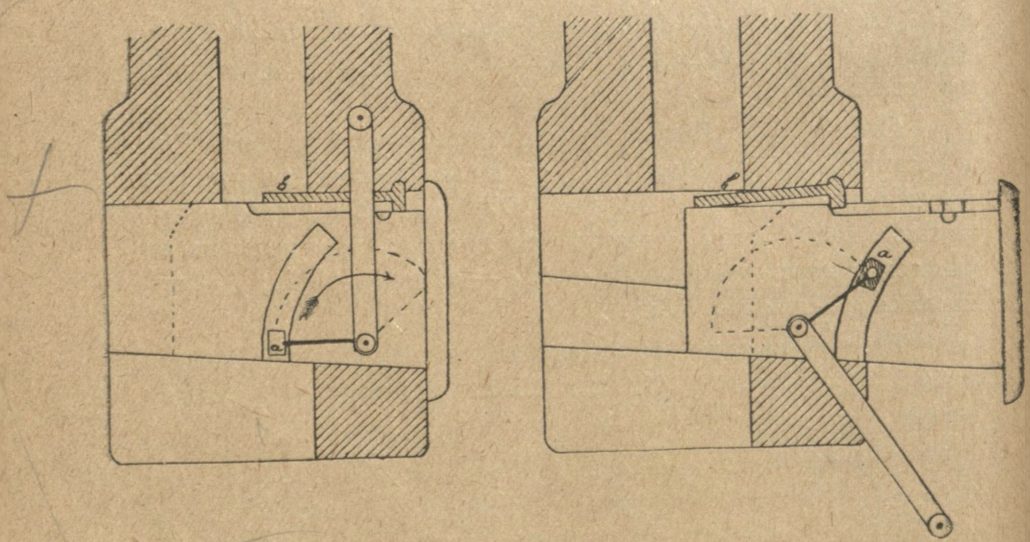
Gwinty śruby ślizgają się po gwintach w łożysku klina. Przy obracaniu korby w górę, w tył, śruba ślizgając się po gwintach łożyska wyciąga klin z łożyska. Dla uniknięcia wypadkowego otwarcia zamka, korba po zamknięciu związuje się z zamkiem zapomocą sprężynowej zapadki *c*, *d*; *e* — dźwignia kurka; *f* — wyrzutnik; *g* — gniazdo iglicy.

Ten sposób zamknięcia spotykamy w wielu działach niemieckich i w 48 linjowej (129.2 mm.) haubicy rosyjskiej systemu Kruppa.

Przykład II. *77 mm. armata niemiecka. Wzór 1896 r. N/A.* (Rys. 61). System zamknięcia różni się tu zastosowaniem korby wodzącej, t. j. zaopatrzonej w bolec, ślizgający się w wyżłobieniu na powierzchni klina.



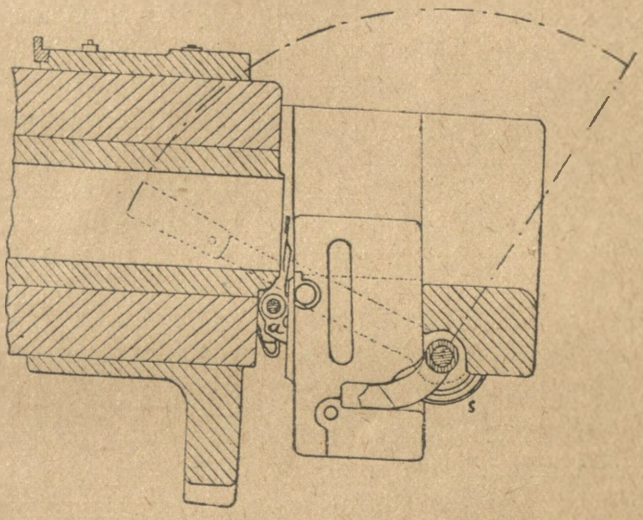
Rys. 60.



Rys. 61.

Przy otwarciu rękojeści w kierunku strzałki bolec *a*, ślizgając się po wyżłobieniu, wyciąga zamek z łożyska. Korba związuje się z zamkiem po zamknięciu zapomocą zatrzasku. Dźwignia zatrzasku posiada na jednym końcu ząb, na drugim sprężynę, która odciągając dźwignię od rękojeści korby utrzymuje ząb we wgłębieniu komory zamkowej (*b* — wyrzutnik).

Przykład III. *10 cm. armata niemiecka. Wzór 1904 roku.* (Rys. 62). System zamknięcia tego działa różni się od innych systemów tem, że posiada klin poruszający się pionowo. Korba wodząca jak w dziale 77 mm. Kliny tego systemu były zastosowane w działach kalibru do 15 cm i w małokalibrowych szybkostrzelnych działach fortecznych, służących do obrony rowów.

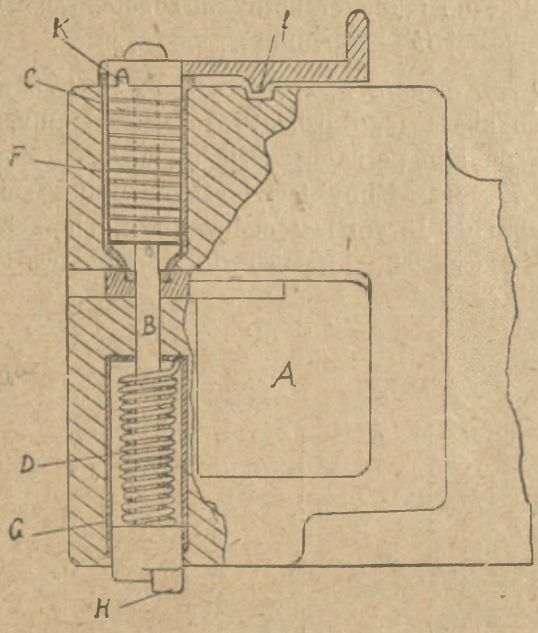


Rys. 62.

W działach większych kalibrów system ten miał usunąć tarcie między dolną powierzchnią klina a łożyskiem, co utrudnia otwieranie i zamykanie; w działach małego kalibru chodziło o wykorzystanie miejsca w ciasnej kazamacie lub wieży pancernej.

Ze względu na ciężar klina, który zbyt szybko spadałby na dół, posiada on sprężynę równoważącą *s*, która napina się w momencie otwarcia zamka i tem powstrzymuje go od szybkiego opadania i spuszcza w chwili zamykania, ułatwiając tę czynność. Ujemną stroną tego zamka jest częste pękanie sprężyny, co zmusiło do zarzucenia tego typu w większych kalibrach (*a* — wyrzutnik).

Przykład IV. *88 mm. przeciwlotnicza armata Kruppa K. Flak L./45* o zamku samoczynnym. Samoczynne działanie zamka polega na otwieraniu go, zamykaniu i wyrzucaniu łuski. Zamek otwiera się podczas powrotu lufy, zamyka po załadowaniu.

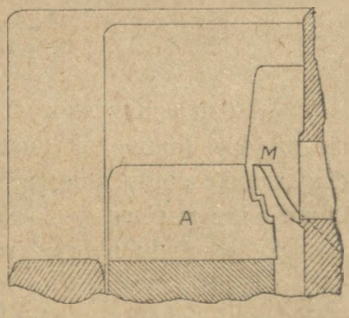


Rys. 63.

Zamek jest zwykłym klinem poziomym *A* (Rys. 63 i 64), wysuwanym zapomocą korby wodzącej.

Mechanizm samoczynny składa się z dwóch sprężyn osadzonych na wspólnej osi *B*. Górna sprężyna *C* jest odmykającą, dolna *D*—zamykającą. Korba jest połączona z ruchomą pochwą *F*. Pochwa dolnej sprężyny *G* jest nieruchoma.

Do mechanizmu samoczynnego należy jeszcze rura (na rysunku nie uwidoczniona), przymocowana do tylnej części kołyski; na rurze jest umieszczone wodzidło, na końcu którego znajduje się zapadka sprężynowa, służąca do kierowania osi sprężyny na pewien kąt, potrzebny do otwarcia zamka.



Rys. 64.

Mechanizm działa w sposób następujący: przy odrzucie wystający koniec *H* osi *B* uderza o zapadkę sprężynową na wodzidle, odchyla ją i cofa się nieco poza nią, po przejściu końca osi zapadka powraca do poprzedniego położenia. Powracając po ukończonym odrzucie, koniec osi ślizga się po zewnętrznej, wypukłej stronie zapadki, przekręcając się pod pewnym kątem i napinając sprężyny, przyczem występ *K*, ślizgając się w specjalnem wyżłobieniu, podnosi ramię korby i otwiera tem jej zatrzask.

Wskutek tego napięta sprężyna odmykająca obraca pochwę *F*, a więc i korbę, która, ślizgając się swoim występem *f* po wyżłobieniu na powierzchni klina, otwiera zamek. W tym czasie haczykowate wąsy wyrzutnika *M* zaskakują we głębienia na klinie i utrzymują go w pozycji otwartej.

Przy ładowaniu kryza łuski, uderzając o występy wyrzutnika, uwalnia zamek i klin wsuwa się pod działaniem rozkręcającej się sprężyny zamykającej, która jednocześnie z tem kieruje oś i pochwę sprężyny górnej do położenia zasadniczego. Dla uniknięcia zamknięcia zamka podczas ładowania, wyrzutnik składa się z 2 części ruchomych, osadzonych na wspólnej osi, które mogą obracać się pod pewnym, bardzo małym kątem. O ile nastąpi przedwczesne uderzenie o dolny lub o górny wąs wyrzutnika, zamek utrzymuje się zapomocą wąsa przeciwległego. Zamki tego typu spotykamy i w innych niemieckich działach przeciwlotniczych, tak zwanych „Flak“ kalibru 77 mm, 80 mm i 105 mm.

Podczas wojny były robione próby przystosowania podobnych zamków do dział polowych, lecz długa rura z wodzidłem stanowiła zbyt niedogodną część i wymagała przeróbki łoża, wobec tego ograniczono się do samoczynnego zamknięcia zamka po naładowaniu.

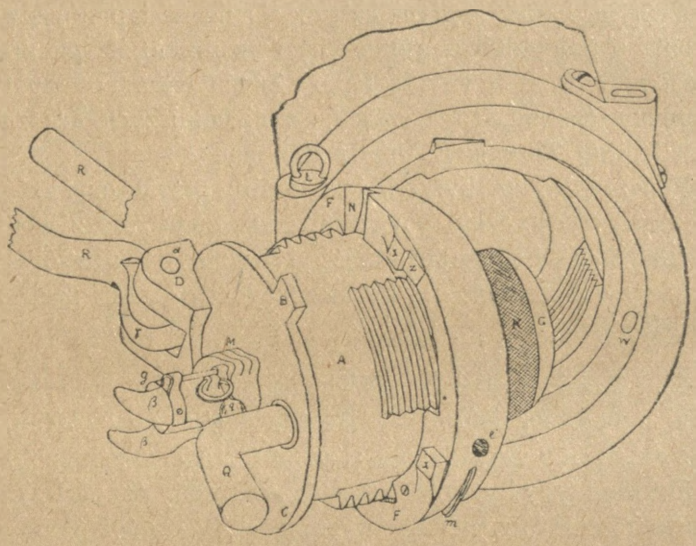
43. Zamki śrubowe. Wynalazcą zamków śrubowych jest kapitan francuskiej marynarki Treuille de Beaulieu (1859), który zastosował trzony z gładkiemi i gwintowanemi wycinkami.

Pierwsze typy zamków śrubowych otwierały się na trzy tempa: 1 — przekręcenie trzona, 2 — wysunięcie, 3 — odchylenie wbok.

Nowe typy otwierają się tylko jednym ruchem. Systemów zamków śrubowych istnieje bardzo dużo — w kilku typowych przykładach wykażemy najważniejsze i najbardziej rozpowszechnione systemy.

Przykład I. *Zamek śrubowy 3,42 cal. (86,7 mm) armaty polowej rosyjskiej.* Zamek typu starego, otwarcie na trzy tempa. (Rys. 65). Trzon zamka *A* z trzema wycinkami gwintów szerokości $^1/_6$ koła. Do tylnej części trzona są przymocowane rękojęści — ruchoma *R* i nieruchoma *Q*, służąca do obracania zamka i wyciągania go z łożyska. Uszczelniacz plastyczny *K* z głowicą *G*. Ogon głowicy posiada naśrubnicę *M* z różkami β, β, podtrzymującemi zapłonnik. Przewód zapałowy, współśrodkowy. Trzon jest wstawiony w ramę pierścieniową *F*, posiadającą dwa występy *xx*, służące do ograniczenia ruchu obrotowego zamka. Ząb *B* na tyl-

nem ścięciu zamka przylega do występu x, przy zamkniętym zamku przy obracaniu trzona ząb C opiera się o występ x. Rama pierścieniowa z zewnątrz ma powierzchnię kulistą, wewnątrz jest gwintowana, podobnie jak i trzon, i leży przy zamkniętym zamku w specjalnem łożysku, zczepiona zapomocą sprężynowej zapadki e' z lufą. Przy otwieraniu zamka trzon przekręcony o $^1/_6$ część koła i wysunięty opiera się o ramę i uwalnia ją od zczepienia z lufą. Rama zaczyna się obracać na swojej osi L i otwiera lufę. Trzon zczepia się z ramą zapomocą specjalnego występu na ramie, który ślizga się w wyżłobieniu na trzonie i nie pozwala trzonowi wysunąć się z ramy.



Rys. 65.

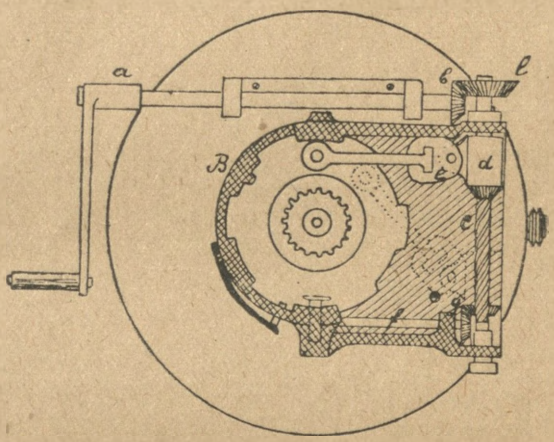
Ponieważ przy zamknięciu zamka trzon mógłby wysunąć się z ramy i nie wejść do łożyska, zczepia się go z ramą zapomocą sprężynowej zapadki m.

Dla zabezpieczenia się od otwarcia zamka pod ciśnieniem gazów prochowych, ruchoma rękojeść R posiada na swojej obsadzie występ okrągły γ — który wchodzi, po zamknięciu zamka i opuszczeniu rękojeści, w wycięcie D na ramie i związuje tem trzon z ramą.

Zamki analogicznego systemu były zastosowane w działach francuskich 90 mm, w niektórych działach rosyjskich 21 cm, haubicy niemieckiej i innych. Zamki te dzięki złożonej konstrukcji i powolnemu otwieraniu wyszły z użycia.

Przykład II. *Zamek śrubowy dla dział wielkich kalibrów.* (We Francji analogiczny system Manz). (Rys. 66).

Zamek składa się z trzona, posiadającego 6 gwintowanych i 6 gładkich wycinków, bronzowej ramy *B*, służącej do podtrzymania trzona przy otwartym zamku, i mechanizmu otwierającego. Dla otwarcia zamka obraca się korbę *a* mechanizmu otwierającego, która jest połączona kołami trybowemi *b* i *l* z pionową, gwintowaną osią mechanizmu *c*. Oś, obracając się, opuszcza mutrę *d*, połączoną ramieniem *e* z trzonem, i obraca ten trzon o $^1/_{12}$ część koła. Mutra wstrzymuje się od ruchu obrotowego przez specjalny występ w ramie. Przy podstawie osi pionowej mechanizmu obracającego jest umieszczona oś pozioma *f* z kołem trybowem *g*, z którem zczepia się mutra, gdy opuści się do podstawy i zejdzie z występu na ramie, który uniemożliwia jej ruch obrotowy.



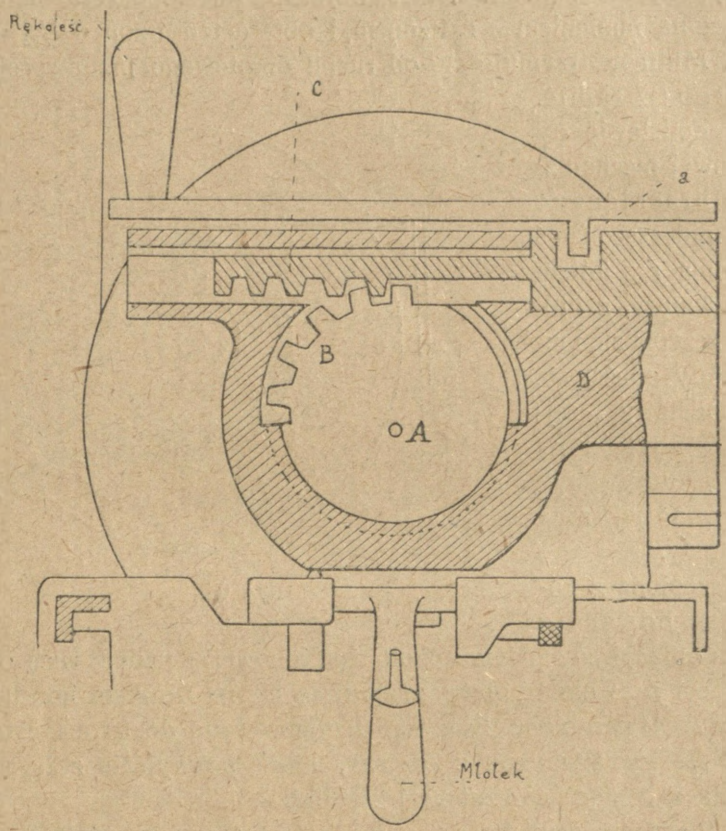
Rys. 66.

Zczepiona z kołem trybowem *g* mutra obracająca się teraz około osi pionowej *c* nadaje ruch obrotowy osi *f*. Koło trybowe, znajdujące się na drugiem końcu osi, wchodzi w nazębioną listewkę, przymocowaną do trzona, i obracając się wyciąga trzon z łożyska, który po wyjściu zczepia się z ramą zapomocą sprężynowej zapadki.

Po wysunięciu trzona obrót koła trybowego ustaje i rama, pod wpływem ruchu obrotowego mutry, obraca się około osi pionowej, otwierając lufę. Zamykanie zamka odbywa się przy obracaniu korby mechanizmu otwierającego w odwrotnym kierunku.

Przykład III. *Zamek typu Schneider.* Typ najbardziej rozpowszechniony we francuskiej artylerji ciężkiej (155 mm. mod. 1915 i 1917, M 220 mm. mod. 1916, L 220 mm. mod. 1917, M 280 mm. mod. 1916). Artylerja rosyjska posiadała również działa z zamkami typu Schneider (3 calowa armata polowa, 6 cal. haubica, 4 cal. armata ciężka). Zamek Schneider'a otwiera się

w jednem tempie. Zamek (Rys. 67) składa się z trzona *A* z wycinkami gładkiemi i ściętemi, ilość wycinków waha się, zależnie od kalibru działa i wymiarów trzona. Trzon jest osadzony swemi gwintami na obsadzie *D* i posiada w tylnej części gwinty podłużne *B*. Trzon obraca się zapomocą zębnicy *c*, związanej z korbą zapomocą występu *a* na korbie, poruszającej się w obsadzie. Otwieranie zamka odbywa się w sposób następujący: korba,



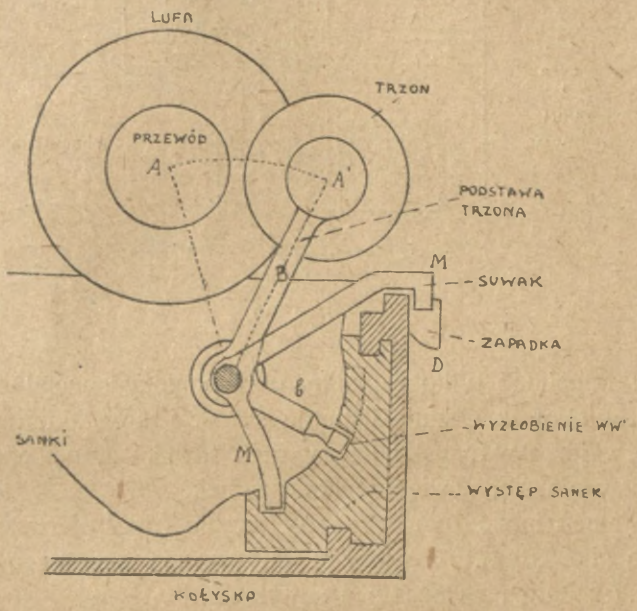
Rys. 67.

która swoim występem *a* leży w wycięciu zębnicy, ciągnie przy otwieraniu tę ostatnią—zębnica zczepiona zębami z trzonem obraca go aż do chwili, gdy zaczepi o zapadkę sprężynową, umieszczoną w obsadzie. Zapadka podnosząc się związuje zębnicę, a z nią i korbę z obsadą — nieruchomo. Po podniesieniu się zapadki zaczyna się wychodzenie trzona z łożyska. Przy zamykaniu zamka zapadka, po zetknięciu się obsady ze ścięciem komorowem lufy

wchodzi w swe gniazdo, uwalniając zębnicę, która następnie obraca trzon i zamyka zamek.

Dla uniknięcia otwarcia zamka pod wpływem gazów prochowych korba posiada zatrzask, którym zczepia się z obsadą.

Przykład IV. *Zamek samoczynny 293 mm. haubicy francuskiej* (Rys. 68 i 69). Zamek otwiera się i zamyka samoczynnie dzięki specjalnemu urządzeniu, umieszczonemu na sankach. Trzon zamka — systemu Welin'a z uszczelniaczem plastycznym. Każdy z wycinków gwintowanych jest zakreślony innym promieniem. Przedłużenie trzona stanowi ogon z gwintami o małem nachyleniu,

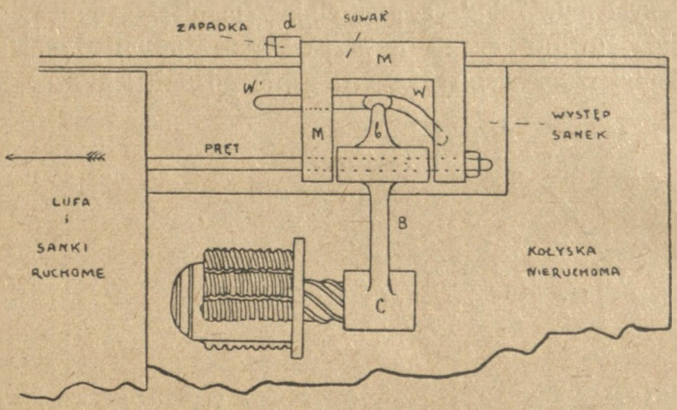


Rys. 68.

umieszczony w obsadzie *C* podstawy *B*, zakończonej poprzeczną rurką, ruchomą około pręta suwaka, który służy za oś obrotu. Pręt jest nieruchomo umocowany w suwaku, który może ślizgać się wzdłuż kołyski. Rurka podstawy posiada ząb *b* ślizgający się w wyżłobieniu *WW'*, zrobionem w występie sanek. Kształt wyżłobienia jest taki, że, jeśli ząb znajduje się około *W'* — wówczas zamek jest w pozycji *A*, jeśli ząb jest około *W*, wówczas zamek jest w pozycji *A'* i działo można ładować.

Kiedy strzał jest oddany, lufa, sanki i suwak cofają się wstecz, suwak wpycha zapadkę i przechodzi ponad nią.

Przy powrocie suwak jest zatrzymany przez zapadkę *d*, która już się podniosła. Suwak, a więc i podstawa *B* są zatrzymane, gdy lufa, sanki i zamek są jeszcze w ruchu. W tym momencie zamek zaczyna się wyśrubowywać dzięki małemu nachyleniu gwintów na ogonie i stopniowo przy dalszym ruchu wysuwa się z lufy; ząb *b*, ślizgając się w wyżłobieniu w stronę *W*, odchyla zamek do położenia *A'*. Celem samoczynnego zamknięcia zamka



Rys. 69.

należy wepchnąć tylko zapadkę przy pomocy specjalnej dźwigni, wówczas opornik ciągnie naprzód suwak i zamek, kierowany przez ząb *b*, wejdzie w łożysko; dalszy ruch suwaka zmusi ogon i trzon do obracania się, a więc zamknie zamek.

Zamek może być otwierany ręcznie (przy pierwszym strzale jest to niezbędne). Otwieranie odbywa się zapomocą specjalnej korby i zębnicy, związanej z suwakiem.

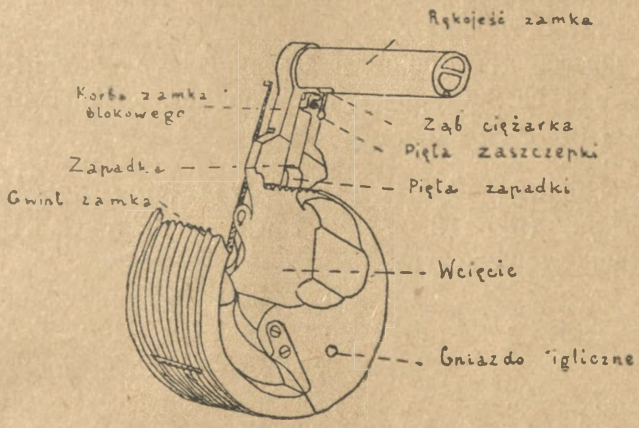
44. Zamki blokowe. Zamkiem blokowym nazywamy taki który, obracając się koło jednej osi, może przyjmować w jednem tempie dwa położenia przeciwne—przy otwarciu i przy zamknięciu.

System zamknięcia blokowy w niczem nie ustępuje innym, a pod względem zajmowanej przestrzeni jest dogodniejszy niż zamki, wychodzące z lufy przy otwarciu.

Ujemną jego stroną jest niezbędność uszczelniacza li tylko elastycznego—łuski, co przy zamkach sferycznych utrudnia fabrykację amunicji.

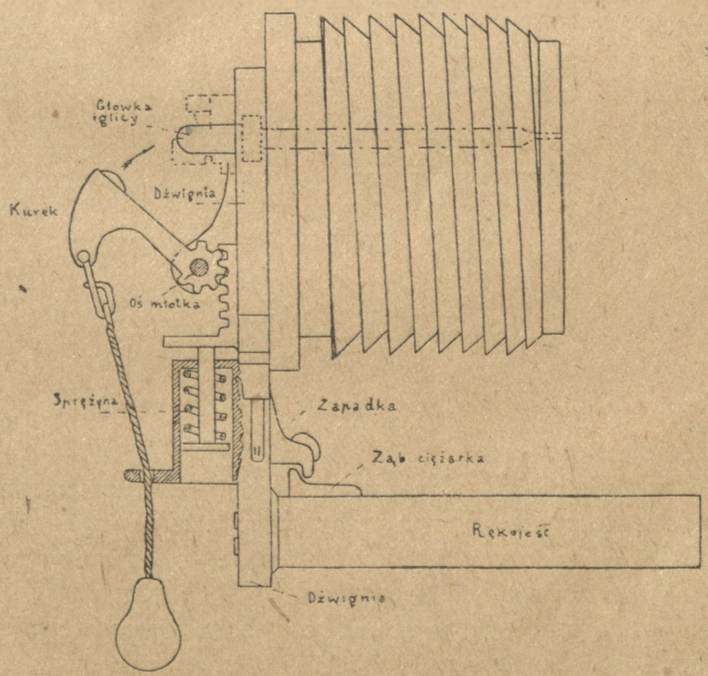
Przykład I. *Mimośrodowy zamek 75 mm. armaty francuskiej, wz. 1897 r.* (Rys. 70 i 71) *systemu Nordenfeldta.*

Zamek składa się z trzona mimośrodowego z ciągłemi gwintami, mającego ruch około swej osi figury (geometrycznej), rów-



Rys. 70.

noległej do osi przewodu lufy. Przy otwartym zamku wcięcie do ładowania stanowi przedłużenie przewodu lufy, przy zamkniętym— trzon stanowi dno przewodu lufy.

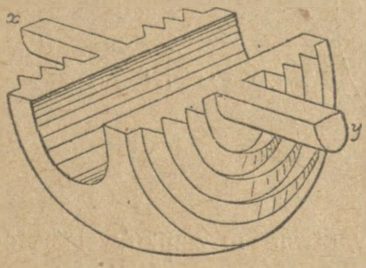


Rys. 71

Otwarcie i zamknięcie odbywa się w jednem tempie obrotem trzona o 180° zapomocą rękojeści. Ruch zamka w łożysku ograniczony jest przez oporę zamkową przy zamykaniu i przez skobel — przy otwieraniu.

Dla zabezpieczenia od otwarcia zamka pod wpływem ciśnienia gazów prochowych, łączy się zamek z obsadą zapomocą zapadki sprężynowej (Rys. 86 i 87).

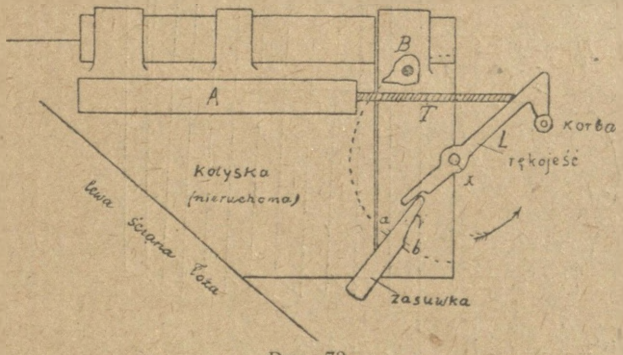
Przykład II. *Zamek sferyczny 240 mm. armaty francuskiej systemu Canet* (Rys. 72 i 73). Zamek sferyczny Canet należy do typu zamków blokowych.



Rys. 72.

Półkula, mająca środek na osi zamka i osi lufy, posiada na ściętych bokach gwinty współśrodowe, ślizgające się po odpowiednich gwintach łożyska. Blok leży swemi czopami *x*, *y* w otworach ścian lufy.

Obrotem bloku o 90 stopni otwiera się zamek — działający zresztą samoczynnie zapomocą przyrządu schematycznie uwidocznionego na rys. 73.

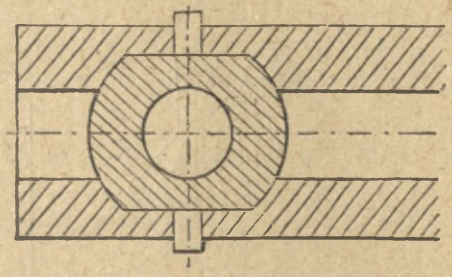


Rys. 73.

Pod wpływem swego ciężaru, zamek dąży do samoczynnego otwarcia się, lecz jest utrzymywany w położeniu zamkniętem przez drążek *T*, wsparty o sprężyny Bellevill'a — zawarte w cylindrze — *A* przymocowanym do kołyski.

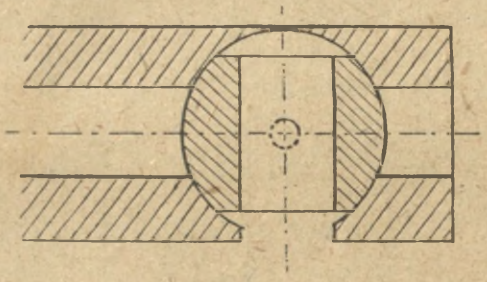
Podczas odrzutu lufy, zamek oswobodzony od ciśnienia drążka otwiera się samoczynnie. Podczas powrotu specjalny skobel *B* wpycha drążek *T* w cylinder, zasuwka *V*, ruchoma około osi

ab, uderzając o lewy bok łoża uwalnia rękojeść; przez powyższe dwa przesunięcia zapewnia się położenie otwarte zamka i wyrzucenie łuski. Jednocześnie wąsy wyrzutnika zaskakują i utrzymują zamek otwartym.



Rys. 74.

Przy ładowaniu, kiedy kryza łuski uderza o wyrzutnik, odchyla go (wyrzutnik) naprzód, tym ruchem wąsy wyrzutnika uwalniają zamek; do zamknięcia wystarcza tylko uwolnić drążek *T*, który naciskając na rękojeść zamknie zamek.



Rys. 75.

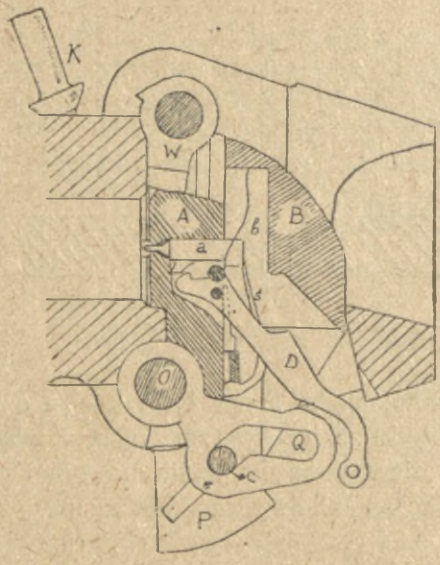
Podobny system ma w działach wielkich kalibrów zamek Charbonnier kształtu cylindra okrągłego z otworem do ładowania (Rys. 74 i 75).

Przykład III. *Zamek blokowy systemu Nordenfeldta dla małokalibrowych armatek szybkostrzelnych (37 mm, 47 mm, 57 mm).* (Rys. 76 i 77). Zamek składa się z dwóch części *A* i *B*, połączonych między sobą ruchomo i osadzonych na osi *O* rękojeści zamkowej *K*.

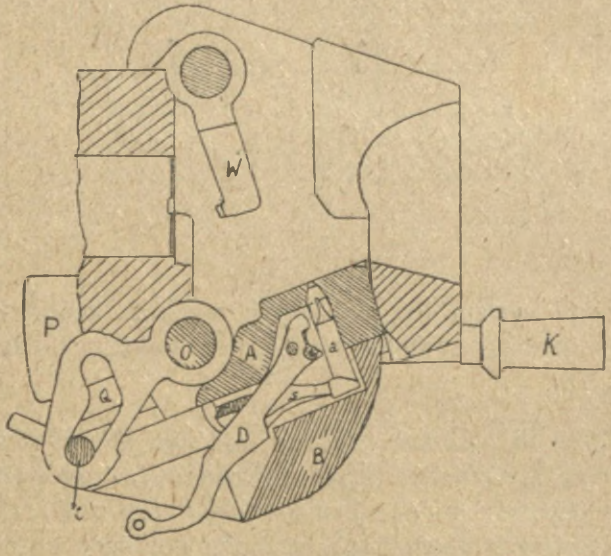
Część zamykająca *A* jest osadzona na osi korby, część zaryglowująca *B* znajduje się na czopie *c*, poruszającym się w wycięciu *Q* ramienia wodzącego.

Dla zrównoważenia zamka rękojeść posiada przeciwwagę *P*.

Przy ruchu rękojeści *K* wstecz czop *c* przechodzi w wycięciu *Q* w położenie wskazane na rys. 77, poczem zamek siłą cię-



Rys. 76.



Rys. 77.

żaru odchyla się, uwalniając wyrzutnik *W* i napinając jednocześnie sprężynę *S* iglicy.

Zamknięcie odbywa się w porządku odwrotnym.

ROZDZIAŁ III.

Mechanizm odpalający, wyrzutnik i bezpiecznik.

45. Mechanizm odpalający (kurkowy). Mechanizm odpalający służy do wzbudzenia płomienia w przyrządzie zapalającym ładunek prochu.

Każdy mechanizm odpalający powinien być:

a) szybkodziałający, t. j. pozwalać na oddanie strzału natychmiast po zamknięciu zamka i w razie niewypału na natychmiastowe powtórzenie uderzenia;

b) bezpieczny, t. j. nie powinien uderzać w spłonkę przy niedomkniętym zamku i

c) nie pozwalać na samoczynne oddanie strzału.

W niektórych systemach, zwłaszcza francuskich (75 mm., 155 *wz. 1917 S*), nie można oddać strzału, jeśli lufa nie jest połączona z opornikiem.

Wszystkie mechanizmy odpalające możemy podzielić na trzy grupy:

a) mechanizmy odpalające, napinające się przy otwieraniu zamka;

b) mechanizmy odpalające, napinające się przy odciąganiu kurka;

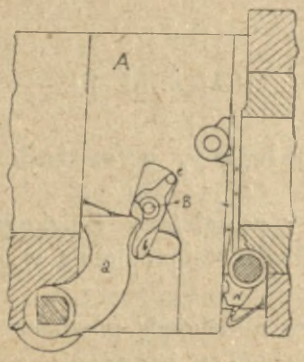
c) mechanizmy odpalające, młoteczkowe.

Przykład I. *10 cm. armata niemiecka* *). (Rys. 78, 79 i 80). Przy otwieraniu zamka występ prawego ramienia wodzącego *a* odciąga ramię *b* napinacza i napina w ten sposób sprężynę *S* iglicy. Dolny ząb napinacza zaskakuje w odpowiednie wgłębienie dźwigni spustowej *c* i utrzymuje sprężynę w położeniu napiętem. Przy odpalaniu kurek *d* ciągnie dźwignię spustową w kierunku strzałki, dźwignia spustowa oswabadza ząb napinacza *b* i uwalnia tem iglicę.

---

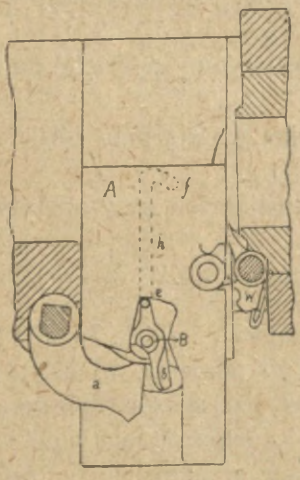
*) Starego wzoru. Wzór 04 ma mechanizm odpalający, napinający się przy odciąganiu kurka.

Zabezpieczenie od wystrzału podczas zamykania lub przy niedomkniętym zamku osiąga się przez to, że wystrzał może nastąpić tylko wtedy, gdy występ *e* napinacza wejdzie w zagięcie

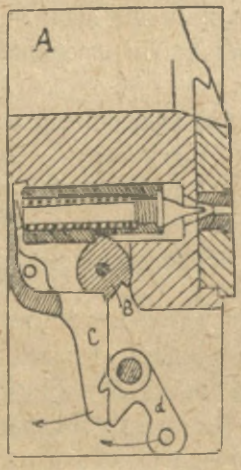


Rys. 78.

f ścieżki *h*, wyciętej w dolnej płaszczyźnie łożyska zamkowego, a więc przy zupełnie zamkniętym zamku. Przy zamku otwartym występ *e* znajduje się w ścieżce *h*, co unieruchamia cały mechanizm odpalający.



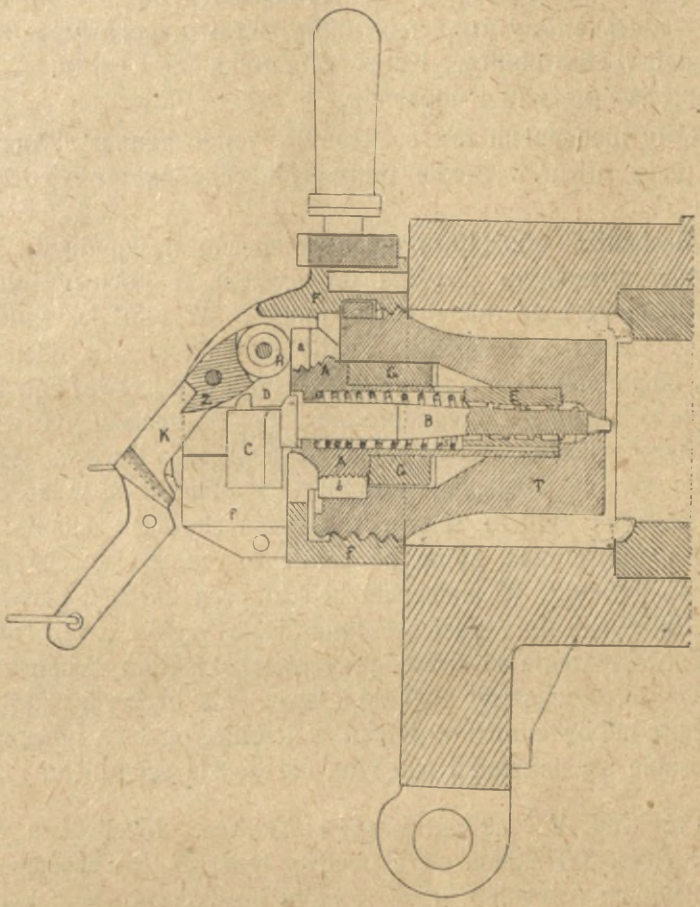
Rys. 79.



Rys. 80.

Przykład II. *Mechanizm odpalający w zamku blokowym Nordenfeldta dla szybkostrzelnych armatek małego kalibru* (37 mm., 47 mm. i 57 mm.). (Rys. 76 i 77). Sprężyna *S* iglicy *a*

napina się podczas otwierania zamka. Koniec iglicy posiada zgrubienie, którem iglica ślizga się po ścieżce *b*, zamykającej części klina. Przy otwieraniu część ruchoma, opuszczając się wdół, opusz-



Rys. 81.

cza iglicę i napina tem sprężynę. Strzał oddaje się po pociągnięciu za kurek *D*. Oprócz tego jest specjalny mechanizm, pozwalający na samoczynne odpalenie.

Przykład III. *3-calowa (76,2 mm.) armata rosyjska, wzór 1902 roku.* Mechanizm odpalający (Rys. 81) składa się z pochwy iglicznej *A*, iglicy *B* z bródką *C*, w której jest umieszczona za-

padka sprężynowa *D*. Na koniec gwintowany iglicy, z wielkiemi odstępami między gwintami (duży skok gwintu), nakłada się naśrubnicę *E* również o podobnych gwintach tak, że iglica może poruszać się w naśrubnicy, na odległość przestrzeni między sąsiedniemi gwintami. Na iglicę nakłada się sprężynę *S*, która opiera się z jednej strony o pierścieniowy występ pochwy iglicznej, z drugiej o naśrubnicę. Kurek *K* z rolką *H* i zębem *Z* służą do napięcia sprężyny i odpalenia.

Cały mechanizm jest osadzony w ramie zamka *F*, przechodząc przez otwór w czopie ramy *G* i wchodząc w wydrążenia trzona *T*.

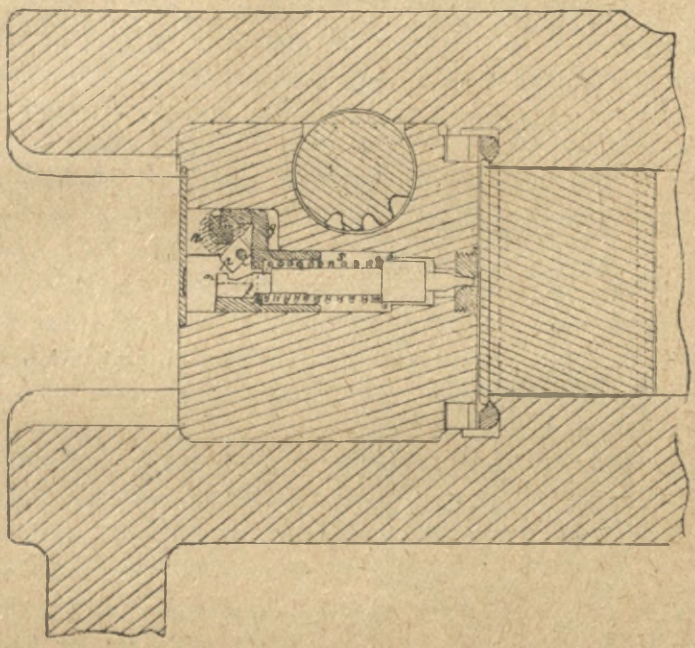
Mechanizm odpalający działa w sposób następujący: kurek w stanie normalnym przylega do występu *a* pochwy iglicznej swoją rolką *H* i do dolnej części ramy *F*. W tem położeniu ząb kurka *Z* zachodzi za zapadkę *D*; dla oddania strzału, odciągając kurek, odciągamy jednocześnie wstecz iglicę, ponieważ ząb kurka zaczepia o zapadkę *D*; jednocześnie rolka *H* naciska na występ *a* pochwy iglicznej, wypychając ją naprzód. Pochwa igliczna wchodzi swoim występem górnym *a* i dolnym *b* w specjalne wgłębienia na tylnem ścięciu trzona. Wskutek działania tych dwóch sił naśrubnica, którą pociągnie wstecz iglica, ściągnie jej sprężynę (iglicy). W momencie zejścia zęba kurka z główki zapadki, iglica uwalnia się i sprężyna z siłą wypycha ją naprzód.

Zabezpieczenie od strzału przy niedomkniętym zamku osiąga się przez to, że występy pochwy iglicznej nie będą się znajdowały naprzeciw odpowiednich wgłębień w trzonie, pochwa igliczna zaś nie posunie się naprzód i sprężyna nie będzie ściągnięta.

Przykład IV. *12 cm. haubica Kruppa.* Mechanizm odpalający. (Rys. 82) składa się z pochwy iglicznej *g* z występem *k*, zaczepiającym o występ iglicy *f*, która posiada ząb *m*, służący do zaczepienia o napinacz *p*. Napinacz ze swej strony jest zaczepiony o ząb na poziomym wale kurka *n*, łączącym się z wałem pionowym, a ten ostatni z kurkiem. Na iglicę jest nałożona sprężyna *s*, ściśnięta między pochwą iglicznią a zgrubieniem iglicy.

Przy pociągnięciu kurka wał pionowy obraca wał poziomy, ten ostatni jednym zębem naciska na pochwę iglicznią, drugim odciąga iglicę, ściągając sprężynę; w momencie zejścia zęba wału poziomego z zęba iglicy, iglicę uwolnioną sprężyna wypycha naprzód. Zabezpieczenie od strzału osiąga się przez to, że przy niedomkniętym zamku otwór iglicy nie znajdzie się przed spłonką.

Przykład V. *75 mm. armata francuska, wz. 1897.* Mechanizm odpalający (Rys. 83) składa się z iglicy, kurka (młotka) z piętą nazębioną i haczykiem do zaczepienia sznura kurkowego, zębnicy zczepionej swemi zębami z zębami pięty kurka, sprężyny kurkowej i pręcika z tłoczkiem. Przy pociągnięciu kurka za sznur kurkowy kurek, odchylając się wtył, obraca się około swojej osi i zębami pięty wyciąga zębnicę z jej gniazda; pręcik z tłoczkiem ściska sprężynę kurkową. Po puszczeniu sznura kurkowego sprężyna kurkowa ściąga zębnicę w położenie normalne, co powoduje uderzenie całą masą kurka (młotka) o iglicę.

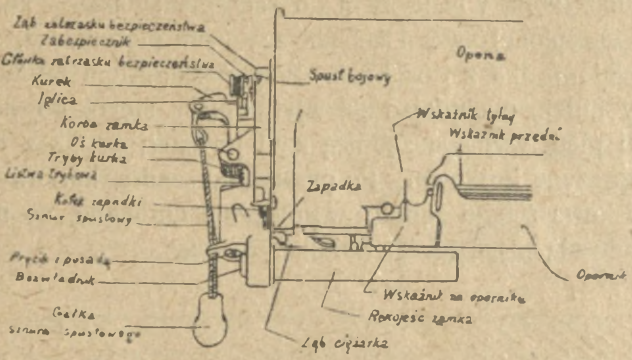


Rys. 82.

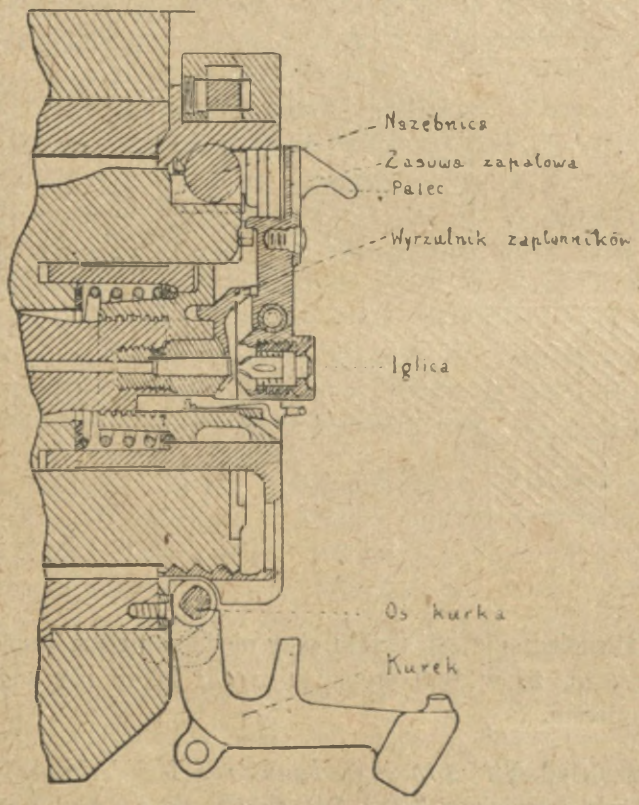
Zabezpieczenie od strzału przy niedomkniętym zamku osiąga się przez to, że w tym wypadku otwór iglicy nie znajdzie się przed spłonką.

Przykład VI. *155 mm. haubica Schneider'a. Wz. 1917.* Mechanizm odpalający (Rys. 84) składa się z zasuwy zapałowej, która samoczynnie przy otwieraniu zamka posuwa się ku górze; przy zamknięciu zamka korba zamkowa opuszcza zasuwę wdół, uderzając o jej palec.

W zasuwie zapałowej znajduje się gniazdo dla iglicy i jej sprężyny. Kurek (młotek) jest osadzony na osi, której prawy ko-



Rys. 83.



Rys. 84.

niec jest zakończony wąsem, o który uderza przyrząd spustowy, umieszczony na kołysce.

Przy pociągnięciu za sznur spustowy spust uderza w wąs osi kurka, ten ostatni zaś w iglicę.

Zabezpieczenie od strzału przy niedomkniętym zamku osiąga się przez to, że a) zasuwa zapałowa, a z nią i iglica, posunięte w górę przez dziób zasuwy, poruszający się po pochylni trzona, nie będą w położeniu bojowem, b) trzpień kurka uderza o trzon i zatrzymuje kurek; przy zamkniętym zamku trzpień wchodzi w swoje gniazdo.

Oprócz tego istnieje specjalny przyrząd, nie pozwalający oddać strzału, jeśli lufa nie jest połączona ze sankami.

46. Wyrzutniki. Wyrzutniki służą do samoczynnego wyrzucania łuski po otwarciu zamka. Wszystkie istniejące wyrzutniki są to zwykłe dźwignie osadzone na osi i działające pod wpływem uderzenia o ich piętę, czy ramy otwierającego się zamka (Schneider), czy klina (Zamki niemieckie klinowe), czy dźwigni trzona zamkowego (75 mm. wz. 1897), czy wreszcie specjalnego przyrządu (155 mm. haubica Schneider'a).

W zamku blokowym Nordenfeldta dla dział małych kalibrów spotykamy wyrzutnik sprężynowy.

Wyrzutniki przeważnie posiadają dwa wąsy wyrzucające, zaopatrzone w zaczepy naciskające na kryzę łuski; wąsy łączą się zapomocą pięty, która zależnie od systemu albo wystaje z łożyska (Schneider) lub też znajduje się w samem łożysku (75 mm., zamki klinowe).

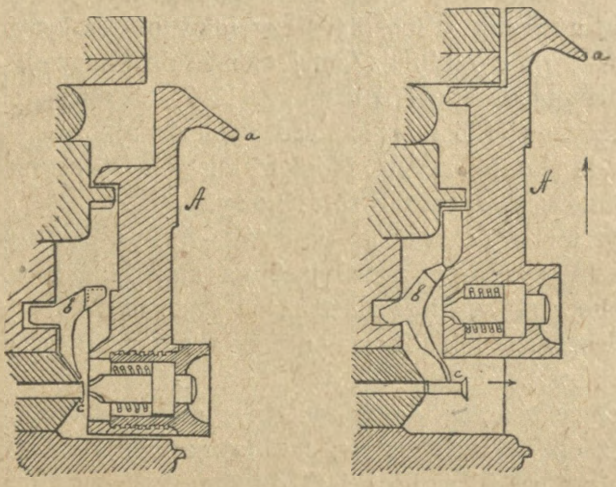
Niemcy podczas wojny zaczęli wyrabiać wyrzutniki składające się z oddzielnych wąsów; ma to na celu oszczędność, ponieważ przy uszkodzeniu jednego tylko wąsa nie potrzeba usuwać całego wyrzutnika lecz tylko połowę.

W zamkach samoczynnych klinowych, wyrzutnik składa się z dwóch oddzielnych wąsów, co jest konieczne ze względów uniknięcia przedwczesnego zamknięcia zamka w razie uderzenia o jeden z wąsów przy ładowaniu.

Działanie wyrzutnika jest nadzwyczaj proste, opisywać więc go nie będziemy. Nieco odmienny system wyrzutnika zapłonników był zastosowany w 155 mm. haubicy Schneider'a (Rys. 85). Zasuwa zapałowa *A*, przy zamknięciu zamka, pod ciśnieniem korby zamkowej na jej palec *a* zostaje przesunięta w położenie bojowe, jednocześnie z tem opuszcza się i wyrzutnik *b*. Przy energicznem podniesieniu zasuwy za palec wprowadza się w ruch wyrzutnik, posiadający chwyty do kryzy zapłonnika *c*, zapomocą rowka z pochylnią, co powoduje wyrzucenie zapłonnika.

47. Bezpieczniki. W działach spółczesnych spotykamy dwa rodzaje bezpieczników — bezpieczniki uniemożliwiające wogóle oddanie strzału i otwarcie zamka przy pewnem ustawieniu; bezpieczniki tego rodzaju posiada przeważnie artylerja niemiecka — są to zwykłe zasuwki nastawiające się na „Ogień“ (Feuer) lub „Bezpieczny“ (Sicher) i wyłączające lub włączające mechanizm odpalający. Do tego typu należy również bezpiecznik kurka w 75 mm. armacie francuskiej wz. 1897.

Innym typem bezpieczników są bezpieczniki samoczynne, działające na zasadzie bezwładności. Bezpieczniki te zapobiegają otwarciu zamka przy opóźnionym strzale, t. j. pozwalają otworzyć zamek tylko po oddanym strzale. Bezpieczniki samoczynne za-



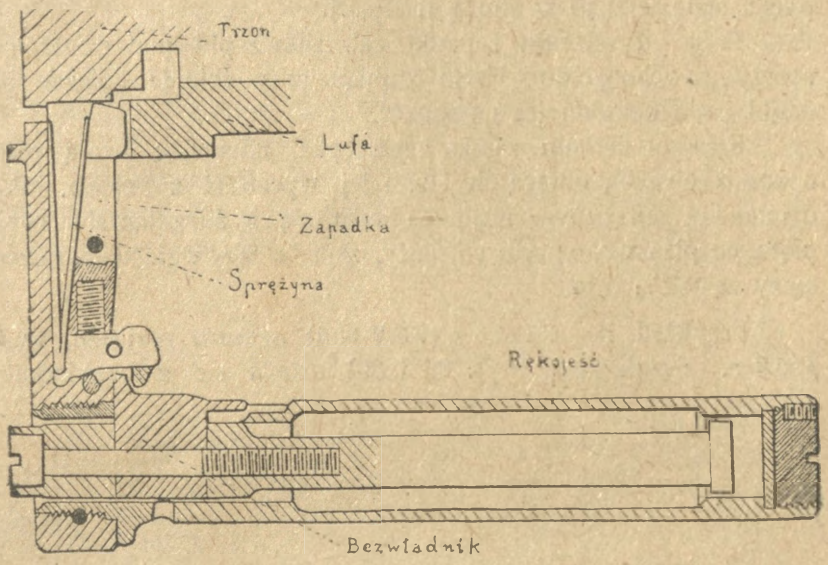
Rys. 85.

bezpieczają jeszcze od nadzwyczaj niebezpiecznego samootwierania się zamków pod wpływem ciśnienia gazów prochowych.

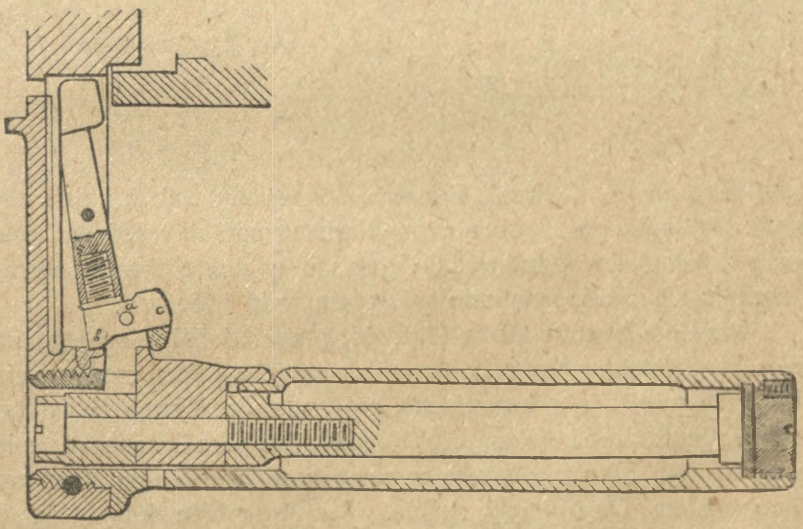
Bezpieczniki samoczynne są stosowane we wszystkich artylerjach oprócz niemieckiej, która poprzestaje na bezpiecznikach zasuwkowych, stosując samoczynne do niektórych tylko dział szybkostrzelnych o małym kalibrze.

Przykład I. *75 mm. armata francuska wzór 1897 r.* Bezpiecznik (Rys. 86 i 87) składa się z zapadki ze sprężyną i z ciężarka (bezwładnika) umieszczonego w rękojeści zamka. W położeniu przed strzałem (Rys. 86) ciężarek wysuwa się nieco z rękojeści; sprężyna zapadki odwiedziona przyciska piętę zapadki do wgłębienia na tylnym płasku obsady. Po oddaniu strzału, przy

odrzucie, bezwładnik dąży do zachowania swego pierwotnego położenia w przestrzeni i, w stosunku do lufy, przesuwa się ku przodowi, naciskając na ząb zapadki i wysuwając jej piętę z wgłę-



Rys. 86.



Rys. 87.

bienia — ściska przytem sprężynę. Zamek teraz można otworzyć. (Rys. 87).

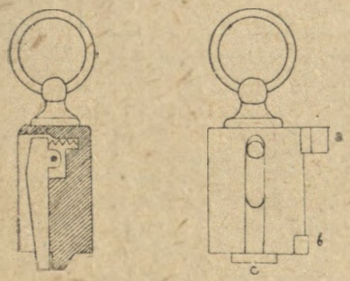
Do utrzymania zapadki w położeniu odwiedzionem służy zaszczepka (Rys. 87).

W zębie zapadki znajduje się otwór, w którym na osi jest osadzona mała dźwignia—zaszczepka *a*, której większe ramię zakończone jest zębem *b*, mniejsze piętą *c*; sprężyna zaszczepki *s* popycha stale jej ząb w stronę rękojęści.

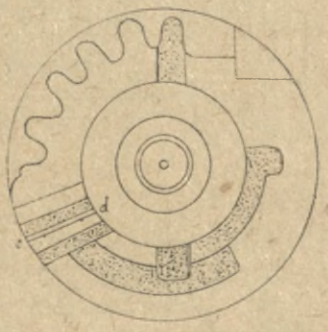
Przy odwodzeniu zapadki ząb zaszczepki pod działaniem sprężyny wchodzi do wcięcia zrobionego w ścianie gniazda zapadki i nie pozwala jej się zapaść.

Przy otwieraniu zamka zaszczepka, uderzając swoją piętą o oczko obsady, obraca się i ząb jej wychodzi z wcięcia. Pod działaniem sprężyny zapadka obraca się i, ślizgając się swoją piętą po płasku komorowym lufy, zapada we wgłębienie, czem łączy zamek z lufą.

Przykład II. *3-calowa (76,2 mm) armata rosyjska, wzór 1902 r.* Bezpiecznik (Rys. 88 i 89) składa się z bezwładnika



Rys. 88.



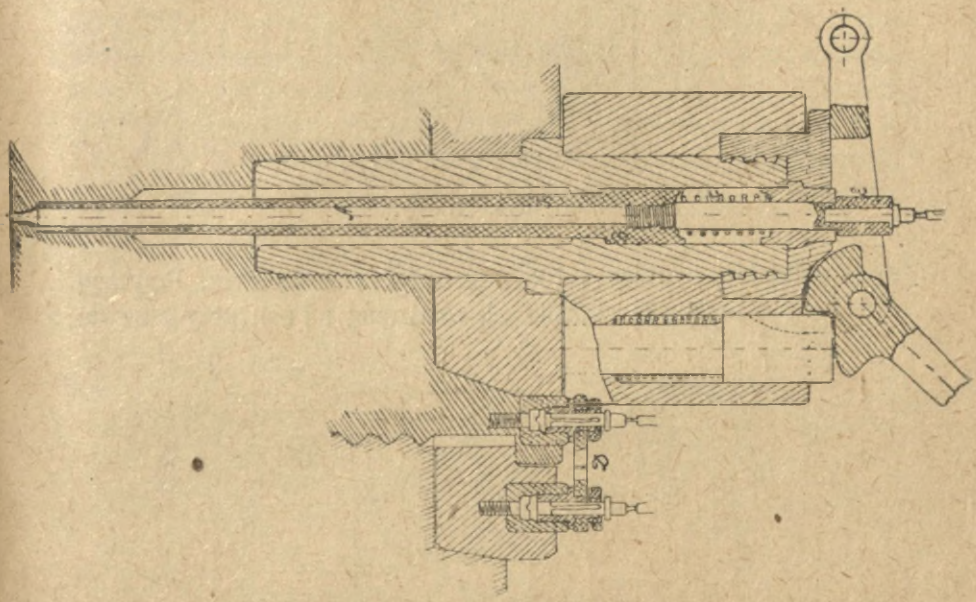
Rys. 89.

z zapadką na sprężynce. Bezwładnik posiada ząb *c* i dwa występy: występ *a* służy do utrzymania bezwładnika w jednem położeniu i wchodzi w odpowiednie gniazdo w ramie zamka, występ *b* zczepia się z odpowiednim występem rolki iglicowej.

Przy odciąganiu kurka (Art. 45, przykład III) rolka jego naciska na występ pochwy iglicowej i wypycha ją naprzód, ta ciągnie zczepiony z nią bezwładnik, który ujmuje występ *cd* na tylnem ścięciu trzona (Rys. 89) między zapadką i zębem i uniemożliwia tem otwarcie zamka w razie niawypału lub pośpiesznego otwarcia przy opóźnionym strzale. Przy powrocie lufy bezwładnik dąży do pozostania na miejscu i schodzi z występu *cd*, umożliwiając otwarcie zamka.

48. Mechanizmy specjalne. Są to różnorodne mechanizmy właściwe dla danego działa lub pewnego tylko typu dział. Zaznaczymy tylko niektóre, najczęściej spotykane.

a) *Przyrząd do zapalenia ładunku zapomocą prądu elektrycznego* 6-calowego morskiego działa systemu Canet (Rys. 90) składa się z mosiężnego przewodnika *A*, umieszczonego w zamku w kierunku osi lufy. Przewodnik na jednym końcu posiada zgrubienie, drugi koniec zaostrzony. Tuż za zgrubieniem przewodnik jest nagwintowany. Na przewodnik naśrubowuje się ebonitowy pokrowiec *B*. Na tylną część przewodnika nakłada się ebonitowy pierścień, między którym a pokrowcem jest ściśnięta sprężyna *C*, której przeznaczeniem jest stałe podtrzymywanie zaostrzonego końca przewodnika w położeniu nieco wysuniętem (1,5 mm.) poza ścięcie trzona zamkowego. W tylnej części przewodnika wywier-

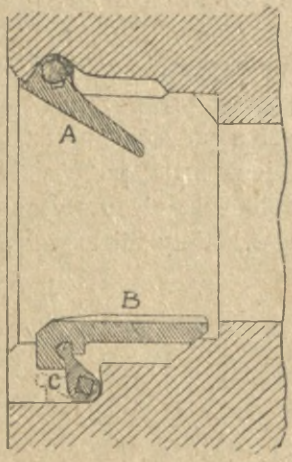


Rys. 90.

cony kanał służy do podtrzymania zacisku *E* dla drutu, który ma z drugiego końca drugi zacisk, idący potem do niklowej płytki *D*, znajdującej się z lewej strony zamka, gdzie w specjalne gniazdo wchodzi wspomniany zacisk drutu. Na ramie zamka jest druga płytka niklowana i podobne gniazdo dla wstawienia zacisku drutu, prowadzącego od baterji elektrycznej. Przy zupełnie zamkniętym zamku płytka niklowana zamku dotyka płytkę ramy, czem zamyka prąd.

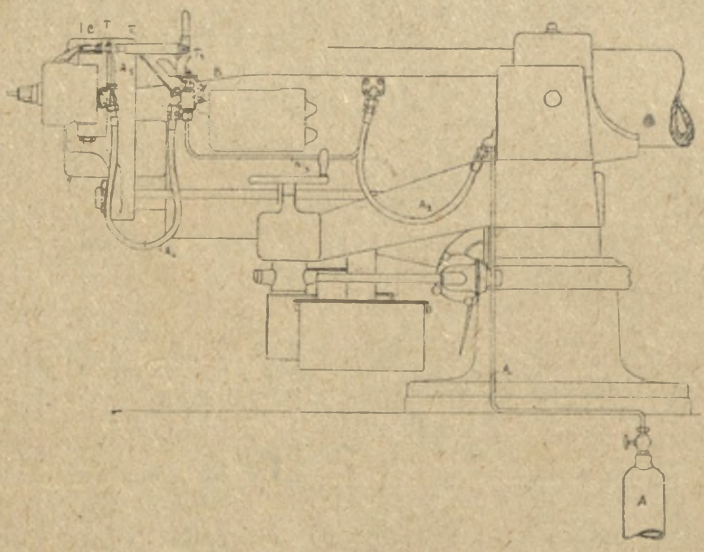
Przyrządy analogiczne istnieją prawie we wszystkich działach morskich i działach lądowych wielkich kalibrów.

b) *Przyrząd podtrzymujący łuskę podczas ładowania* przy wielkich kątach wzniesienia i *przyrząd zabezpieczający gwinty łożyska zamka od uszkodzenia przy ładowaniu* (Rys. 91) w 6-ca-



Rys. 91.

lowej rosyjskiej haubicy i 105 mm. armacie Schneidera. Przyrząd składa się z ruchomej zapadki *A*, osadzonej na osi; przy ładowa-



Rys. 92.

niu łuska podnosi zapadkę, która opada potem pod wpływem własnego ciężaru i nie pozwala łusce wysunąć się z komory ła-

dunkowej. Zapadka opada po otwarciu zamka, więc nie przeszkadza wyrzuceniu łuski.

Przyrząd zabezpieczający gwinty łożyska zamka od uszkodzenia składa się z płytki B osadzonej na ruchomej dźwigni C, związanej z osią ramy zamkowej. Przy zamkniętym zamku płytka zapada zupełnie w specjalne gniazdo, przy otwarciu zamka podnosi się automatycznie, a przy ładowaniu zapada tylko tak, że stanowi przedłużenie dolnej powierzchni komory ładunkowej (Rys. 91).

c) Niektóre działa większego kalibru posiadają specjalny *przyrząd do przedmuchiwania przewodu lufy celem usunięcia pozostających po strzale gazów* jeszcze przed otwarciem zamka.

Przyrząd jest urządzony w ogólnych zarysach jak następuje: (Rys. 92). Powietrze zgęszczone (około 150 atmosfer) z rezerwoaru A rurkami A_1, A_2 i A_3 dochodzi do klapy B, zamkniętej przy zamkniętym zamku. Przy otwarciu zamka występ C, umieszczony na obsadzie, naciska na rolkę T_1, która zapomocą pręta T i dźwigni T_2 otwiera klapę B, a wtedy powietrze przez rurki A_4 i A_5 i otwór w ścianie lufy przechodzi do komory ładunkowej.

DZIAŁ III.

Łoże.

ROZDZIAŁ I.

Łoże. Klasyfikacja. Budowa.

49. **Łoże. Klasyfikacja.** Łożem nazywa się podstawa lufy, zapomocą której możemy lufie nadać odpowiednie położenie celem oddania strzału.

Działem nazywamy całość — lufę i łoże.

Łoże służy:

a) do przewożenia lufy;

b) do umożliwienia dogodnego wykonania wszelkich czynności, związanych z celowaniem, ładowaniem i oddawaniem strzału — przy zachowaniu stateczności działa.

Do przewożenia lufy łoże posiada oś z kołami. Zależnie od systemu, oś z kołami bywa związana z łożem w jedną całość (działa polowe, lekkie i ciężkie) lub całe działo spoczywa na ruchomej podstawie, która zarazem służy jako środek transportowy (działa na torach kolejowych, na ciągnikach).

Zachowanie stateczności odgrywa nadzwyczaj ważną rolę, zwłaszcza przez wzgląd na szybkostrzelność i łatwość obsługiwania działa. Zachowanie po strzale niezmienionej linji celowania i zachowanie przez działo jednego i tego samego położenia ułatwia pracę obsługi i pozwala podnieść szybkostrzelność do większej wydajności.

Ułatwienie obsłudze czynności, związanych z celowaniem, ładowaniem i oddaniem strzału zależy od danych konstrukcyjnych

łoża, t. j. od dogodnego rozmieszczenia mechanizmów potrzebnych do wycelowania działa i oddania strzału i od urządzenia samych mechanizmów, pozwalających łatwo i szybko uskuteczniać nastawy (nastawienia).

Z punktu widzenia konstrukcji wszystkie łoża możemy podzielić na dwie grupy:

a) łoża sztywne,
b) łoża sprężyste.

Łoża sztywne dzielą się na:

a) łoża sztywne ruchome,
b) łoża z odrzutem wzdłuż ramy,
c) łoża sztywne nieruchome.

Łoża sprężyste dzielą się na:

a) łoża z odrzutem wzdłuż osi lufy,
b) łoża z odrzutem złożonym (wzdłuż osi lufy i wzdłuż ramy).

Łożem sztywnem nazywamy takie, przy którem lufa nie zmienia swego położenia względem łoża podczas strzału.

Łożem sprężystem nazywamy takie, przy którem lufa zmienia swe położenie względem łoża pod wpływem ciśnienia gazów prochowych.

Systemy łóż możemy klasyfikować z punktu widzenia pochłaniania siły odrzutu na:

1) łoża przeistaczające siłę odrzutu w ruch (łoża twarde ruchome i z odrzutem wzdłuż ramy);
2) łoża przeciwstawiające opór sile odrzutu.

Łoża pierwszego systemu zanikają stopniowo. Jedyną zaletą sztywnych łóż jest prostota konstrukcji, a więc i taniość, która jednak nie okupuje następujących braków:

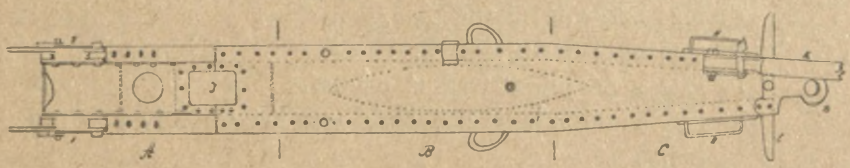
1) łoża sztywne są znacznie cięższe, niż łoża sprężyste (zwłaszcza przy średnich kalibrach);
2) obsługiwanie jest trudniejsze i męczące, ponieważ wymaga ciągłej pracy obsługi do nataczania działa po każdym strzale;
3) działo po odrzucie stacza się z miejsca i wymaga celowania po każdym strzale;
4) szybkostrzelność nadzwyczaj mała.

Przyczyny powyższe spowodowały całkowite usunięcie łóż sztywnych i zamianę ich na łoża sprężyste.

50. Łoże. Łoże składa się z czterech ścian, 2 bocznych, jednej górnej i jednej dolnej, stanowiących jakby długie, wąskie pudło. (Rys. 93).

Łoże dzieli się na trzy części: *A* — czelną, *B* — średnią, *C* — ogon.

Ściany łoża są połączone między sobą sponami, które służą do wzmocnienia łoża. Spony, zależnie od położenia, nazywają się: czelne, średnie i ogonowe. Oprócz spon, ściany umacnia się wzmocnieniami. Wzmocnienia umieszcza się zwykle w części czelnej dla wzmocnienia ścian, osłabionych przez wycięcie otworów dla osi, dla łożysk czopów i mechanizmów.



Rys. 93.

W części czelnej łoża znajdują się:

F — łożysko czopów z pokrywami,

I — otwór dla mechanizmu podniesień i otwór dla mechanizmu kierunkowego, przeważnie wspólny, z otworem dla osi. W części średniej łoża znajduje się czasami skrzynka na przyrządy celownicze i instrumenty (przeważnie przy ciężkich działach). Oprócz tego do ścian bocznych są przymocowane klamry, służące do przymocowania narzędzi, tyczek, wyciorów i t. p.

Do ogona łoża przytwierdza się:

D — zaczepę,

E — lemiesz — stały lub ruchomy, zależnie od konstrukcji działa,

K — drążek kierowniczy,

H — chwyty do przesuwania i podnoszenia ogona.

Do budowy łóż stosowano przy artylerji gładkiej wyłącznie drzewo, używając metalu tylko dla połączenia i wzmocnienia ścian łoża. Łoża drewniane były lekkie, tanie i wyrób ich nie przedstawiał trudności. Stroną ujemną było szybkie zużywanie się i trudność utrzymania.

Wobec ukazania się w 60-tych latach zeszłego stulecia dział z większemi szybkościami wylotowemi, łoża drewniane okazały

się zbyt słabe, by móc wytrzymać znaczne ciśnienia i z tego powodu wszystkie artylerje przeszły do łóż ze stali i żelaza.

Wszystkie łoża współczesne wyrabia się wyłącznie z blachy stalowej.

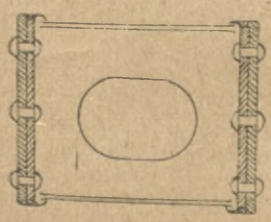
Łoża metalowe są ciężkie, drogie i trudniejsze do wytwarzania, niż łoża drewniane i choć utrzymanie ich wymaga częstych zabiegów, smarowania i malowania, to przewyższają one bez porównania łoża drewniane pod względem wytrzymałości.

51. Pojęcie o budowie łóż. Najważniejszą częścią łoża są ściany boczne, niosące łożyska czopów, które wytrzymują największe ciśnienie przy strzale.

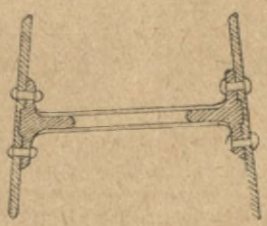
Ściany boczne, zależnie od systemu, są równoległe do osi lufy (120 mm działo francuskie, większość dział systemów 65—80 r.), lub równoległe tylko w czelnej i średniej części i zbieżne ku ogonowi (większa część łóż współczesnych), lub zbieżne od części czelnej do ogona.

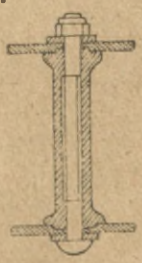
Kształt ścian jest zmienny, zależy zwłaszcza od położenia łożysk czopów, które mogą być przed, za i w jednej płaszczyźnie pionowej z osią kół.

Grubość ścian zależy od ciśnień, jakie łoże powinno wytrzymać i od wysokości łoża, waha się zwykle od 5 do 30 mm— zależnie od konstrukcji i kalibru działa. Części ścian, podlegające najbardziej silnym ciśnieniom, są wzmacniane dodatkowemi blachami stalowemi. Do wzmocnienia ścian bocznych celem zapobieżenia ich wygięciu używa się spon. Spony są to połączenia ścian bocznych w postaci płaszczyzn, kątowników (nakątników), poprzeczek lub rozpierających wstawek (Rys. 94 i 95).



Rys. 94.



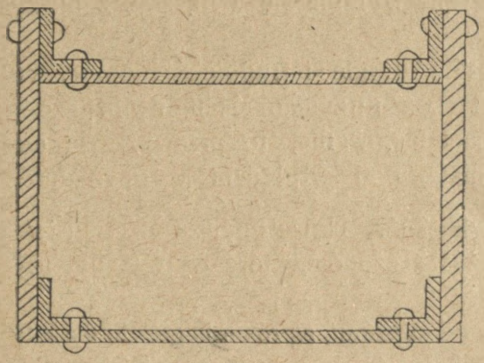


Rys. 95.

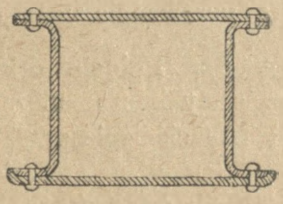
Górne i dolne ściany wiążą się z bocznemi zapomocą kątowników (Rys. 96) lub też zapomocą zagiętych pod kątem prostym ścian (Rys. 97).

Lemiesz przymocowuje się zapomocą kątowników do dolnej ściany łoża, zaczepę— do górnej i dolnej ściany jej własnemi łapami.

Oś powinna wytrzymać uderzenia, udzielane jej podczas jazdy przez koła, i ciśnienie łoża podczas strzelania. Osie są



Rys. 96.

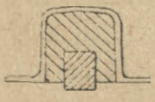


Rys. 97.

stalowe, prostokątne w przekroju, by mieć jednakową odporność we wszystkich kierunkach. Zwykle wzmacnia się osie nakładkami, które na siebie przyjmują całe ciśnienie (Rys. 98 i 99).



Rys. 98.



Rys. 99.

W niektórych działach są zastosowane osie okrągłe, drążone (75 mm francuska, 77 mm niemiecka).

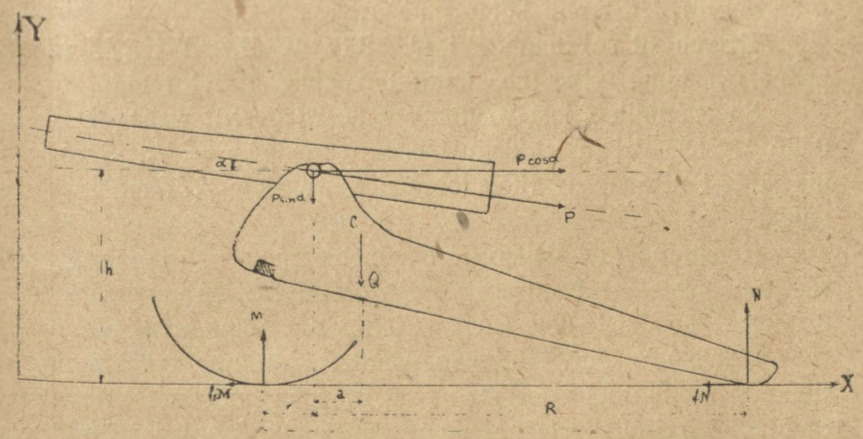
ROZDZIAŁ II.

Łoże sztywne pod wpływem siły ciśnienia gazów prochowych.

52. Siły działające na działo. Jednocześnie prawie z momentem strzału działo pod wpływem siły gazów prochowych gwałtownie zostaje odrzucone wstecz (odskok), po pierwszym okresie gwałtownego odskoku następuje okres odskoku wolniejszego pod wpływem siły bezwładności i wreszcie działo zatrzymuje się.

W rozważaniu przyjmiemy, że odskok odbywa się w płaszczyźnie poziomej i że środek ciężkości działa porusza się po prostej równoległej do podstawy poziomej.

Działo kołami i ogonem opiera się o podstawę, która nie pozwala działu poruszać się w dół, a więc ruch działa będzie ruchem nieswobodnym.



Rys. 100.

Określając reakcję oporu na ciało i wyrażając ją w postaci sił, możemy wówczas rozpatrywać ciało jako swobodne.

Przypuśćmy, że z działa (Rys. 100) pod kątem podniesienia α oddaliśmy strzał; na działo działają następujące siły:

1. Siła ciśnienia gazów prochowych P —przyłożona do dna lufy i skierowana wzdłuż osi lufy. Wielkość siły zmienia się zależnie od ruchu pocisku w lufie. Siła ta wynosi dla 75 mm armaty około 110 tysięcy kg, dla 155 mm haubicy około 415 tysięcy kg.

2. Ciężar działa Q—siła, w porównaniu z siłą P, nieznaczna (110 razy mniejsza), przyłożona do środka ciężkości działa i skierowana pionowo w dół. Wielkość siły podczas odrzutu pozostaje niezmienną.

3. Reakcja podstawy w punktach zetknięcia się z podstawą ogona i kół wyraża się przez siły N i M, skierowane pionowo do góry i przez tarcie w punktach stycznych — skierowane w kierunku odwrotnym do ruchu łoża.

Oznaczając spółczynniki tarcia: na ogonie przez f, na kołach przez f_1—wyrazimy siłę tarcia na ogonie przez fN, na kołach przez $f_1 M$.

Mamy więc następujące siły działajace na działo:

P — ciśnienie gazów prochowych,
Q — ciężar działa,
N — reakcja podstawy na ogon łoża,
M — reakcja podstawy na koła,
fN— tarcie ogona o podstawę,
$f_1 M$—tarcie kół o podstawę.

Z tych sił są znane P i Q. Siły N, M, fN i $f_1 M$ nie są znane, wiadome tylko ich kierunki i punkty przyłożenia.

Spółczynnik f jest wiadomy z doświadczeń, waha się on od 0 do 1. Dla działa lekkiego możemy przyjąć $f = {}^1/_2$. Spółczynnik f_1 jest nieznaczny (koła toczą się), więc siłę $f_1 M$ możemy odrzucić.

Konstrukcyjnie działo jest symetryczne względem płaszczyzny pionowej, przechodzącej przez oś lufy, więc wszystkie siły działające na działo uważamy za leżące w tej płaszczyźnie.

Działo uważamy za ciało twarde, które ma tylko ruch postępowy w kierunku poziomym, a więc na podstawie praw mechaniki jego środek ciężkości porusza się tak, jakby posiadał całą masę działa i jest pod wpływem wszystkich sił działających na działo, z których powinniśmy znaleźć N i M.

Z mechaniki mamy:

1. Iloczyn z masy na przyśpieszenie w kierunku dowolnym równa się sumie rzutów na ten kierunek wszystkich sił przyłożonych do środka ciężkości. Ponieważ wszystkie siły leżą w płasz-

czyźnie symetrji, a więc rzuty ich na kierunek prostopadły do tej płaszczyzny i przyśpieszenie punktu C w tym kierunku będzie zero, co znaczy, że punkt C porusza się w płaszczyźnie symetrji działa i, jak już było powiedziane, w kierunku poziomym, a więc rzut jego przyśpieszenia j na kierunek prostopadły do płaszczyzny symetrji działa będzie zero.

Na podstawie powyższego równania rzutów środka ciężkości na kierunek poziomy OX i na pionowy OY będą:

$$\frac{Q}{g} \cdot j = P\,Cos\,\alpha - fN \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (8)$$

$$M + N - P\,Sin\,\alpha = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (9)$$

2. Na podstawie równań równowagi swobodnego, twardego ciała, jeżeli wszystkie siły przyłożone do niego leżą w jednej płaszczyźnie, mamy, że algebraiczna suma momentów wszystkich sił względem dowolnego punktu w tej płaszczyźnie równa się zeru.

Biorąc momenty wszystkich sił względem punktu M — otrzymamy:

$$P\,Cos\,\alpha \cdot h + P\,Sin\,\alpha \cdot r + Q\,(a + r) - N\,(R + r) = 0$$

skąd: $$N = \frac{P\,(h\,Cos\,\alpha + r\,Sin\,\alpha) + Q\,(a + r)}{R + r} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (10)$$

Biorąc momenty wszystkich sił względem punktu N—otrzymamy:

$$P\,Cos\,\alpha \cdot h - P\,Cos\,\alpha \cdot R - Q\,(R - a) + M\,(R + r) = 0$$

skąd: $$M = \frac{P\,(R\,Sin\,\alpha - h\,Cos\,\alpha) + Q\,(R - a)}{(R + r)} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (11)$$

Rozpatrzmy teraz równania (10) i (11). Widzimy, że mianowniki w tych równaniach są jednakowe i stanowią zawsze wielkość dodatnią.

R — jest to odległość od punktu zetknięcia się ogona z podstawą do rzutu na tę podstawę osi czopów; r — jest to odległość od punktu rzutu osi czopów do punktu rzutu środka kół na podstawę.

R i r są danemi konstrukcyjnemi i ich wzajemny stosunek wpływa na działanie strzału na koła.

Wielkość r może być zależnie od konstrukcji:

$r > 0$, t. j. oś kół jest wysunięta przed oś czopów;

$r = 0$, t. j. oś kół jest w jednej płaszczyźnie prostopadłej do osi działa;

$r < 0$, t. j. oś kół jest między osią czopów a ogonem.

Zwykle większa część dział ma $r > O$; $r = O$ spotyka się bardzo rzadko, $r < O$ zachodzi w działach, strzelających pod małemi kątami podniesienia — do 20°.

Doświadczenia pokazują, że, im bliższy jest jedności stosunek r/R, tem jest mniejsze ciśnienie na koła.

Jak widzimy z wzoru (10), przy poziomem położeniu działa, t. j. przy $\alpha = O$, $N_{\alpha = o} = \frac{Ph + Q(a + r)}{R + r}$, z wzrostem kąta podniesienia zmniejsza się $Cos\,\alpha$, a zwiększa $Sin\,\alpha$. Przy małych kątach podniesienia, przy ich zwiększeniu Cosinus'y zmniejszają się powoli, a Sinus'y wzrastają szybko. To samo odnosi się i do iloczynów $h\,Cos\,\alpha$ i $r\,Sin\,\alpha$, więc mnożnik w nawiasach i razem z nim i siła N ze zwiększeniem α będą się zwiększać. Ograniczenie tego zwiększenia zależy od stosunku wielkości h i r. Swoje maksimum N osiągnie przy $tg\,\alpha = \frac{r}{h}$.

Biorąc pierwszą pochodną od N względem α i przyrównując ją do zera, otrzymamy:

$$\frac{dN}{d\alpha} = \frac{P(-h\,Sin\,\alpha + r\,Cos\,\alpha)}{R + r} = O$$

Skąd $tg\,\alpha = \frac{r}{h}$, przy którym więc N staje się największem, ponieważ druga pochodna: $\frac{d^2N}{d\alpha^2} = -h\,Cos\,\alpha - r\,Sin\,\alpha$ jest ujemną.

Przy dalszem zwiększeniu α siła N zaczyna się zmniejszać, ponieważ $Cos\,\alpha$ będzie dążył do O, a h jest zawsze większe od r.

Przy kątach zniżenia, t. j. przy ujemnem znaczeniu α, wyrażenie w nawiasach równania (10) przedstawi się:

$$h\,Cos\,\alpha - r\,Sin\,\alpha.$$

Wyrażenie to ze zwiększeniem bezwzględnej wartości α zmniejsza się, a więc zaczynając od $\alpha = O$ siła N zmniejsza się.

Konstrukcyjne znaczenie wpływu wielkości h, r i a na wielkość siły N otrzymamy, przedstawiając równanie (10) w postaci:

$$N = \frac{Pr\left(\frac{h}{r}\,Cos\,\alpha + Sin\,\alpha\right) + Qr\left(\frac{a}{r} + 1\right)}{R + r} \quad . \quad . \quad (12)$$

skąd widzimy, że im mniejsze jest h, t. j. im łoże jest niższe, a r większe, t. j. im łoże jest dłuższe, tem siła N jest mniejszą; zmniejsza się ona również przy zmniejszaniu a — odległości osi czopów od środka ciężkości.

Siła N jest zawsze przy wszystkich znaczeniach h, r, a i α dodatnią, t. j. skierowaną do góry, czyli że łoże zawsze przy strzale naciska ogonem na podstawę.

Rzeczywiście, mianownik $R + r$ jest zawsze dodatni, liczniki: P,h, Q i a są zawsze dodatnie, a i r mogą być i dodatnie i ujemne.

Przy $\alpha > 0$ i $r > 0$, $h\,Cos\,\alpha$ i $r\,Sin\,\alpha$ będą wielkościami dodatniemi; przy $\alpha > 0$ i $r < 0$ licznik będzie dodatni, ponieważ $h\,Cos\,\alpha$ będzie dodatnie, a $r\,Sin\,\alpha$ będzie bardzo małe, ponieważ $r < 0$ bywa tylko w działach strzelających pod małemi kątami podniesienia; przy $\alpha > 0$ i $r = 0$ licznik również będzie dodatni. Przy kątach zniżenia, gdy $\alpha < 0$, przy wszelkich znaczeniach r — siła N będzie dodatnią, ponieważ kąty zniżenia są nieznaczne (do 15°), zawsze więc dodatni $Cos\,\alpha$ będzie większy od ujemnego $Sin\,\alpha$.

Siła M przy poziomem położeniu działa $\alpha = 0$ będzie:

$$M_{\alpha = 0} = \frac{-Ph + Q(R - a)}{R + r}.$$

Ze zwiększeniem α siła M staje się dodatnią. Dla określenia siły M przy kątach zniżenia należy we wzorze (11) kąt α wziąć ze znakiem minus, wówczas mnożnik w nawiasach tego wzoru przedstawi się: $-R\,Sin\,\alpha - h\,Cos\,\alpha$; z tego wynika, że przy kątach zniżenia zwiększa się reakcja podstawy, zwiększenie to trwa do chwili, gdy $tg\,\alpha = \frac{R}{h}$, ponieważ przy tym kącie siła M osiąga swoje maksimum. Rzeczywiście, biorąc pierwszą pochodną od M względem α, licząc α, a więc i $Sin\,\alpha$ ze znakiem minus, i przyrównując tę pochodną do zera, otrzymamy:

$$\frac{dM}{d\alpha} = \frac{P(-R\,Cos\,\alpha + h\,Sin\,\alpha)}{R + r} = 0$$

Skąd $tg\,\alpha = \frac{R}{h}$; $\frac{d^2M}{d\alpha^2}$ wielkość ujemna.

Potem, ze zwiększeniem kąta zniżenia, M zmniejsza się.

Dla zbadania znaczenia konstrukcyjnych danych łoża na siłę M równanie, (11) przedstawimy w postaci:

$$M = \frac{Ph\left(\frac{R}{h}\,Sin\,\alpha - Cos\,\alpha\right) + Qa\left(\frac{R}{a} - 1\right)}{R + r} \quad . \quad . \quad . \quad (13)$$

skąd widzimy, że siła M jest tem mniejsza, im h i a są mniejsze

a R i r większe, t. j. im łoże jest niższe i dłuższe i im środek ciężkości jest bliżej osi czopów — czyli gdy zachodzą te same warunki, co i przy sile N.

Siła M zależnie od kąta podniesienia zmienia swój kierunek. Licznik we wzorze (11) przy małych kątach podniesienia będzie wielkością ujemną, siła M będzie skierowaną wdół, a więc koła nie będą naciskały na podstawę, lecz przeciwnie — podskakiwały; w danym wypadku trzeba więc przyłożyć siłę, która je utrzyma (np. w łożach większych kalibrów z odrzutem wzdłuż ramy robi się specjalne chwyty w czelnej części łoża, by zapobiec podskakiwaniu).

Przy zwiększeniu kąta podniesienia siła M staje się dodatnią, czyli skierowaną do góry, widzimy więc z tego, że powinien istnieć pewien średni kąt, przy którym siła M będzie zero.

By siła M równała się zeru, trzeba, by licznik we wzorze (11) równał się zeru. Wzór (11) przedstawimy, dzieląc mnożnik przy P przez $R\,Cos\,\alpha$:

$$M = \frac{P \,.\, R\,Cos\,\alpha \left(tg\,\alpha - \frac{h}{R}\right) + Q\,(R - a)}{R + r} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (14)$$

więc: $$P \,.\, R\,Cos\,\alpha \left(tg\,\alpha - \frac{h}{R}\right) + Q\,(R - a) = 0$$

skąd: $$tg\,\alpha = \frac{h}{R} - \frac{Q\,(R - a)}{P \,.\, R\,Cos\,\alpha} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (15)$$

drugi człon prawej części równania (15) jest w porównaniu z $\frac{h}{R}$ bardzo mały tak, że możemy go bez znacznej omyłki odrzucić. (Q—sto razy mniejsze od P). Wzór (15) przedstawi więc:

$$tg\,\alpha = \frac{h}{R} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (16)$$

czyli że graniczny kąt odrzutu działa, przy którem siła $M = O$, zależy tylko od konstrukcyjnych danych łoża.

53. Wnioski względem danych konstrukcyjnych, wypływające z badania sił N i M.

Jak już widzieliśmy z badania wzorów (10) i (11), najniebezpieczniejszą z sił działających na łoże jest siła M, działająca na koła i oś, które to części łoża są względnie słabsze od ścian i ogona. Ściany i ogon, mimo że zupełnie dobrze opierają się działaniu siły N, można łatwo w razie potrzeby wzmocnić,

natomiast znacznie gorzej sprawa przedstawia się z osią i kołami, przymocowanemi do łoża, które trzeba zabezpieczyć od uszkodzenia.

Siła M, działająca tylko na koła, może być — jak widzieliśmy — większa, równa i mniejsza od zera.

Zbadamy działanie siły M w dwóch wypadkach: $M > O$ i $M < O$. $M = O$ nie interesuje nas, ponieważ w tym wypadku jest ona nieszkodliwą.

1. $M > O$, t. j. siła M dodatnia, skierowana prostopadle do góry, ukazuje się przy wielkich kątach podniesienia. Przy $M > O$ koła naciskają na podstawę, z powodu czego koła mogą doznać uszkodzenia, a oś wygiąć się końcami do góry; jeśli pod działem jest ułożona platforma, może być ona również uszkodzoną *).

Z wzoru (11) $M = \frac{P\,(R\,Sin\,\alpha - h\,Cos\,\alpha) + Q\,(R - a)}{R + r}$

widzimy, jak znaczną jest siła M przy wielkich kątach podniesienia. Przy strzelaniu pod kątem około 40° z 6-cio calowego działa rosyjskiego zauważono wrzynanie się szprych kół w dzwona. W starych systemach dział były specjalne koła do marszu i specjalne, mocne koła do strzelania; godzą się jeszcze i teraz z niedogodnem umieszczeniem działa bez kół na platformie; oprócz tego dla niektórych typów dział były używane specjalne podpory, na których opierało się łoże przy strzale (8-calowy moździerz rosyjski wz. 1877 r.; 155 mm haubica francuska wz. 1890 r.).

Wzór (11) wskazuje również, że jedynym środkiem jest zwiększenie r bez zmiany R. Zwiększając lub zmniejszając R — pozostawilibyśmy wielkość M bez zmiany, ponieważ R wchodzi w licznik i mianownik.

Zwiększając r — t. j. odsuwając oś od czopów, zwiększamy ciężar łoża; uniknąć tego możemy, zwiększając r kosztem R tak, by suma $R + r$ pozostała bez zmiany; innym środkiem dla zmniejszenia M jest zmniejszenie wysokości czopów h — lecz ten sposób nie wpływa znacznie na zmniejszenie siły M, ponieważ $h\,Cos\,\alpha$ jest zbyt małe w porównaniu z $R + r$.

---

*) Z powyższego można się przekonać, jak niszczeje działo przez nadmierne i często bezużyteczne strzelanie z podkopanym ogonem na wielkie lub nawet na małe odległości, bez wytoczenia go z dołu wykopanego; działanie zaś siły M można bardzo łatwo stwierdzić: podłożona pod koła deska zaraz przy pierwszym strzale złamie się.

2. $M < 0$, t. j. siła M jest ujemną i działa prostopadle wdół, czyli że działo podskakuje swoją czelną częścią. W danym wypadku działania na koła niema, lecz jest działanie kół na oś nie z dołu do góry, jak przy $M > 0$, lecz wdół.

Przy podrzucie otrzymują koła pionowe przyśpieszenie j_1; by koło otrzymało przyśpieszenie j_1, należy przyłożyć do niego siłę $\frac{q}{g} j_1$, gdzie q — ciężar koła. Koła są podnoszone przez oś i nie poddane żadnym innym ciśnieniom, więc ciśnienie osi na koło będzie $\frac{q}{g} j_1 + q$.

Widzimy z tego, że działanie strzału na oś będzie tem większe, im większy jest ciężar koła i im więcej działo podskakuje.

Ponieważ M dodatnia osiąga swoje maksimum przy największym kącie podniesienia, ujemna przy największym kącie zniżenia, a przy pewnym średnim kącie jest zero, przeto przy konstruowaniu łoża dąży się do takiego obrania granicznego kąta podrzutu, by on był średnim między największemi kątami podniesienia i zniżenia, t. j. by te kąty nie odbiegały zbytnio od średniego. (155 mm haubica Schneider'a: 0^0 i 42^0 graniczny kąt podrzutu $42^0 - \frac{42^0}{2}$ 21^0; 75 mm armata francuska: $+ 18^0 - 11^0$ graniczny kąt podrzutu $18^0 - \frac{29^0}{2} = 3^0 30'$).

Oprócz ciśnienia kół na końce osi, które jest proporcjonalne do nadanego przyśpieszenia, jest jeszcze ruch kół w kierunku poziomym, nadawany przez oś, która ciągnie koła przy skoku wstecz z tem samem przyśpieszeniem j, które ma całe działo. Przyśpieszenie j określa się z wzoru (8):

$$j = \frac{g}{Q} (P \operatorname{Cos} \alpha - fN) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (17)$$

ciśnienie więc osi na koło będzie iloczynem z masy koła przez przyśpieszenie:

$$D = \frac{q}{g} \cdot j = \frac{q}{Q} (P \operatorname{Cos} \alpha - fN) \quad . \quad . \quad . \quad (18)$$

Dla małych kątów podniesienia bliskich zeru $\operatorname{Cos} \alpha = 1$, podstawiając zamiast N jego znaczenie przy $\alpha = 0$, otrzymamy:

$$D = \frac{q}{Q} \left(P - f \frac{Ph + Q(a + r)}{R + r}\right) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (19)$$

czyli: $$D = \frac{q}{Q} \cdot P \left(1 - f \frac{h + \frac{Q}{P}(a + r)}{R + r}\right) \quad . \quad . \quad . \quad (20)$$

wielkość $f \frac{h + \frac{Q}{P}(a + r)}{R + r}$ jest bardzo mała i wyrażenie w nawiasach jest bliskie jedności, możemy więc napisać:

$$D = \frac{q}{Q} P, \quad \text{czyli} \quad \frac{D}{P} = \frac{q}{Q} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (21)$$

t. j. że ciśnienie osi na koło i ciśnienie gazów prochowych są proporcjonalne do ciężaru koła i działa.

Dla osłabienia działania na oś używano w starych systemach różnych sposobów; najbardziej dowcipnem jest zastosowanie zderzaków (buforów) kauczukowych syst. Engelhardta w rosyjskiem dziale polowem wz. 1895. Zwykle umacnia się osie nakładkami lub zgrubia się je.

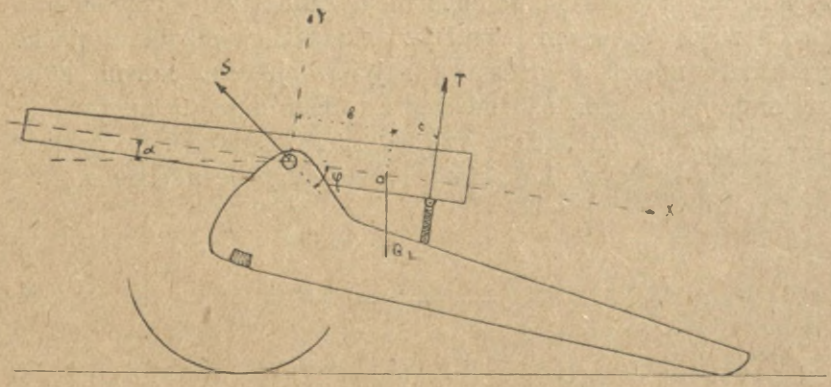
Oprócz sił powyższych ma pewien wpływ na koła i ruch obrotowy pocisku w lufie. Pocisk, poruszając się w lufie, ciśnie na ściany gwintów, wypadkowa tych ciśnień, normalna do osi lufy, dąży do obrócenia lufy około jej osi w kierunku przeciwnym do ruchu obrotowego pocisku. Przy podskakiwaniu łoża skutek tej wypadkowej wyraża się w nierównem ciśnieniu na łożyska czopów, a więc w pewnem przekrzywieniu działa, przyczem opadające działo uderza o podstawę najpierw jednem kołem, które przyjmuje na się całą siłę uderzenia, potem dopiero uderza drugiem kołem. W działach z gwintem prawym lewe koło opadnie pierwsze na podstawę i przyjmie na się całą siłę uderzenia.

ROZDZIAŁ III.

Wewnętrzne siły działające na działo. Energja i długość odrzutu.

54. Działanie siły gazów prochowych na mechanizm podniesień i łożyska czopów. Rozpatrzmy teraz wzajemne działanie na siebie łoża i lufy, czyli wewnętrzne siły działające na działo. Siłami działającemi na lufę są (Rys. 101):

1. siła ciśnienia gazów prochowych P;
2. ciężar lufy Q_1 (nieznaczna względem P);
3. ciśnienie łoża na czopy S — skierowane wzdłuż normali do stykających się powierzchni w punkcie styczności. Jeśli przyjmiemy, że ciśnienie na obydwa czopy jest jednakowe, wówczas wypadkowa S leży w płaszczyźnie symetrji działa i przechodzi przez oś czopów; przypuśćmy, że stanowi ona z osią lufy kąt φ;



Rys. 101.

4. ciśnienie śruby podniesień T na lufę, skierowane wzdłuż normali do dolnej tworzącej lufy — czyli że prostopadle do osi działa (dolna tworząca jest zwykle równoległa do osi działa).

Przypuszczamy, że lufa otrzymuje tylko ruch postępowy w kierunku poziomym wstecz razem z działem.

Na podstawie twierdzeń z mechaniki, jakie zastosowaliśmy powyżej (Art. 52), i przyjmując za osie spółrzędnych oś lufy i kierunek prostopadły do niej, przechodzący przez oś czopów, możemy napisać:

$$\frac{Q_1}{g} \cdot j \, Cos\,\alpha = P - S\,Cos\,\varphi \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (22)$$

$$\frac{Q_1}{g} \cdot j \, Sin\,\alpha = T + S\,Sin\,\varphi \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (23)$$

Algebraiczna suma momentów wszystkich sił względem środka ciężkości będzie:

$$T\,c - S\,b\,Sin\,\varphi = O \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (24)$$

gdzie b i c są to odległości od punktu przyłożenia ciężaru lufy do osi czopów i do punktu ciśnienia na głowicę śruby podniesień.

Z równań tych musimy znaleźć siły S i T, których kierunki i punkty przyłożenia są wiadome, i kąt φ.

Z równania (24) mamy: $S \cdot Sin\,\varphi = \frac{T \cdot c}{b} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (25)$

Podstawiając to znaczenie w równanie (23), otrzymamy:

$$T\left(1 + \frac{c}{b}\right) = \frac{Q_1}{g} \cdot j \, Sin\,\alpha \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (26)$$

skąd:

$$T = \frac{b}{b+c} \cdot \frac{Q_1}{g} \cdot j \cdot Sin\,\alpha \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (27)$$

Z równania (22):

$$S\,Cos\,\varphi = P - \frac{Q_1}{g} \cdot j \cdot Cos\,\alpha \quad . \quad . \quad . \quad (28)$$

Dzieląc równanie (25) przez (28) otrzymamy:

$$tg\,\varphi = \frac{T \cdot \frac{c}{b}}{P - \frac{Q_1}{g} \cdot j \cdot Cos\,\alpha} = \frac{c}{b+c} \cdot \frac{\frac{Q_1}{g} \cdot j \cdot Sin\,\alpha}{P - \frac{Q_1}{g} \cdot j \cdot Cos\,\alpha} \quad (29)$$

Z równania (28) otrzymamy dla S:

$$S = \frac{1}{Cos\,\varphi}\left(P - \frac{Q_1}{g} \cdot j \cdot Cos\,\alpha\right) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (30)$$

Dla z równania (8):

$$j = \frac{g}{Q}\,(P\,Cos\,\alpha - f\,N) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (31)$$

skąd na podstawie równania (10):

$$j = \frac{g}{Q}\left(P\,Cos\,\alpha - f\,\frac{P\,(h\,Cos\,\alpha + r\,Sin\,\alpha) + Q\,(a + r)}{R + r}\right) \quad (32)$$

Podstawiając wyrażenie (32) w równanie (30), otrzymamy ostateczny wzór dla siły S:

$$S = \frac{1}{Cos\,\varphi}\left[P - \frac{Q_1}{Q}\left(P\,Cos\,\alpha - f\,\frac{P\,(h\,Cos\,\alpha + r\,Sin\,\alpha) + Q\,(a + r)}{R + r}\right) . Cos\,\alpha\right] . \quad (33)$$

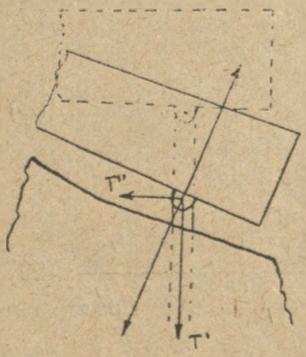
Rozpatrzmy teraz otrzymane wzory:

1. Ciśnienie na mechanizm podniesień:

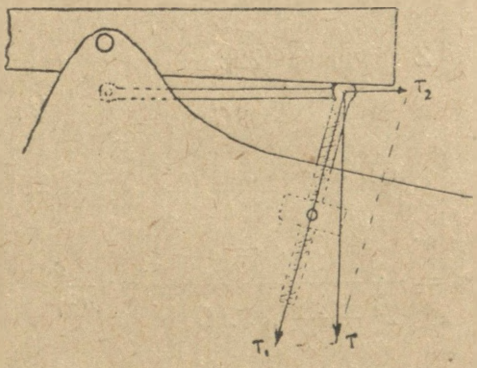
$$T = \frac{b}{b + c} \cdot \frac{Q_1}{g} . j . Sin\,\alpha$$

Z wzoru tego widzimy, że ciśnienie na mechanizm podniesień wzrasta proporcjonalnie do ciężaru lufy, do odległości środka ciężkości od osi czopów i do kąta podniesienia. Jeśli $b = O$, t. j. część zamkowa lufy nie przeważa, wówczas $T = O$ i ciśnienia na mechanizm podniesień niema, wobec czego trzeba związać lufę z mechanizmem zapomocą łuków zębatych.

Jeśli $b + c$ jest znaczne, t. j. odległość czopów od mechanizmu podniesień jest większa, tem mniejsze będzie ciśnienie. Ciśnienie T jest zawsze prostopadłe do osi działa, oś zaś śruby mechanizmu podniesień nie zawsze jest prostopadłą do osi lufy (Rys. 102).



Rys. 102.



Rys 103.

W tym wypadku powstaje siła T'' dążąca do zgięcia i złamania śruby. Zapobiega się temu przez zastosowanie ruchomej naśrubnicy (Rys 103) i przymocowanie do głowicy śruby i do ścian łoża ciągów; głowicę śruby wykreśla się promieniem długości od połączenia ciągów do dolnej tworzącej lufy. Przy

takiem urządzeniu głowica ślizga się po dolnej tworzącej lufy, ciśnienie zawsze jest wzdłuż normali do powierzchni głowicy. Powstające wówczas siły T_1 i T_2 nie są niebezpieczne, ponieważ anulują się przez opór samej śruby i opór ciągów.

2. Ciśnienie na łożyska czopów:

$$S = \frac{1}{Cos\,\varphi}\left[P - \frac{Q_1}{Q}\left(PCos\,\alpha - f\,\frac{P(h\,Cos\,\alpha + r\,Sin\,\alpha) + Q(a+r)}{R+r}\right)Cos\,\alpha\right];$$

$$tg\,\varphi = \frac{c}{b+c}\cdot\frac{\frac{Q_1}{g}\,.\,j\,.\,Sin\,\alpha}{P - \frac{Q_1}{g}\,.\,j\,.\,Cos\,\alpha}$$

Przy małych kątach podniesienia α — kąt φ zmniejsza się, zmniejsza się więc i siła S; przyjmując przy małych kątach $\alpha = o$ i $\varphi = o$ otrzymamy:

$$S = P - \frac{Q_1}{Q}\left(P - f\,\frac{Ph + Q(a+r)}{R+r}\right)$$

czyli: $$S = P - P\,\frac{Q_1}{Q}\left(1 - f\,\frac{h + \frac{Q}{P}(a+r)}{R+r}\right)$$

Wyrażenie w nawiasach jest bliskie jedności, ponieważ ułamek $f\,\frac{h + \frac{Q}{P}(a+r)}{R+r}$ jest bardzo mały — możemy więc napisać: $S = P\left(1 - \frac{Q_1}{Q}\right)$ . . . . . (34)

czyli że ciśnienie na łożyska czopów jest proporcjonalne do ciśnienia gazów prochowych i odwrotnie proporcjonalne do stosunku ciężaru lufy do ciężaru działa.

55. Odrzut pod wpływem siły bezwładności. (Drugi okres odrzutu). Wszystkie dotychczasowe rozważania dotyczyły pierwszego okresu odrzutu — pod wpływem siły ciśnienia gazów prochowych; obecnie rozpatrzymy drugi okres odrzutu — pod wpływem siły bezwładności, gdy działanie siły ciśnienia gazów prochowych ustanie.

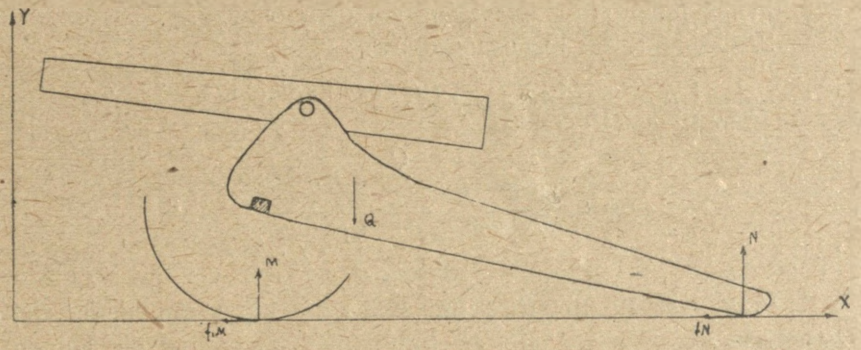
Na działo w drugim okresie odrzutu będą działały następujące siły:

1. ciężar działa Q,
2. opór podstawy na ogon łoża N,
3. opór podstawy na koła M,

Eigentum
Heeresarchiv - Zweigstelle
Danzig

4. tarcie o podstawę ogona fN i
5. tarcie o podstawę kół $f_1 M$ (opór przeciw toczeniu się).

Przyjmując za osie spółrzędnych X i Y (Rys. 104) ułożymy następujące równania rzutów ruchu środka ciężkości w kierunku poziomym i pionowym:



Rys. 104.

względem osi X:

$$\frac{Q}{g} \cdot f = -fN - f_1 M, \quad \ldots \quad (35)$$

względem osi Y:

$$N + M - Q = O \quad \ldots \quad (36)$$

Z równania (35) określimy f:

$$= -\frac{g}{Q}(fN + f_1 M) \quad \ldots \quad (37)$$

czyli że w drugim okresie odrzutu przyspieszenie jest ujemne.

Z równania (36) określamy Q:

$$Q = M + N \quad \ldots \quad 38)$$

czyli że w drugim okresie odrzutu siły M i N są dodatnie i zawsze skierowane do góry.

56. Energja i szybkość odrzutu (odskoku). Przy strzale działo otrzymuje ruch wstecz, początkowo pod wpływem siły ciśnienia gazów prochowych na dno przewodu lufy, potem pod wpływem bezwładności. W ten sposób działo otrzymuje pewną energję (żywą siłę) e, miarą której jest:

$$e = \frac{Q \cdot v^2}{2g}, \quad \ldots \quad (39)$$

gdzie Q — ciężar działa, v — największa szybkość odrzutu, $g = 9{,}81$ m/sek^2, przyspieszenie siły ciężkości.

Dla określenia pracy różnych oporów przy odrzucie należy mieć możność określenia wielkości v. Znajduje się ją już to przez bezpośrednie wymierzenie, mierząc zapomocą specjalnego przyrządu, welocymetru [1]), szybkość odrzutu na całej jego długości— już to oblicza się podług wzoru:

$$v = \frac{p + kw}{Q} V \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (40)$$

gdzie v i Q mają znaczenie jak wyżej, p—ciężar pocisku, w— ciężar ładunku prochu, k — stały spółczynnik, określany drogą doświadczalną i nazwany spółczynnikiem prochu, V — szybkość wylotowa pocisku. Doświadczenie pokazuje, że dla określenia największej szybkości odrzutu należy spółczynnik k we wzorze (40) przyjąć równym 1 — 2, przyczem k jest tem większe, im wolniej pali się proch, im krótsze działo i większy względny ładunek (dla dział polowych przy prochu dymnym gruboziarnistym $k = 1{,}1$, przy ładunku z prochu bezdymnego $k = 1{,}6$.

Podstawiając w wyrażenie (39) znaczenie v z wzoru (40), otrzymamy:

$$e = \frac{(p + kw)^2}{2g.Q} V^2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (41)$$

z którego widzimy, że energja odrzutu przy wszystkich innych jednakowych warunkach jest proporcjonalna do kwadratu szybkości i kwadratu ciężaru pocisku ze zwiększonym k razy ciężarem ładunku. A więc przy powiększaniu danych balistycznych dział, dla pochłonięcia energji odrzutu należy łoża robić znacznie mocniejsze i urządzać znacznie skuteczniejsze przyrządy przeciwdziałające odrzutowi.

Ponieważ ciężar Q działa wchodzi w mianownik wzoru (41), więc im waga tego systemu jest większa, tem energja odrzutu jest mniejsza.

---

[1]) Zasada urządzenia welocymetra polega na następującem: do działa, ew. do jednej z części ruchomych przy odrzucie, przymocowuje się kamerton z ostrzem na nóżce, zaopatrzony w wibrator elektromagnetyczny. Na nieruchomej podstawie, ew. części łoża, umocowuje się taśmę, na której podczas odrzutu ostrze kamertonu wykreśla falistą krzywą. Całkowita długość krzywej równa się długości odrzutu. Wiedząc, że kamerton robi w jednostce czasu n całkowitych drgań, znajdziemy czas T przechodzenia przez działo każdego odcinka prostej, dzielącej przez pół wszystkie amplitudy; mierząc długości, znajdziemy szybkość w punktach środkowych pojedyńczych fal, na podstawie czego możemy ułożyć krzywą szybkości odrzutu.

57. Długość odrzutu. Siły przeciwdziałające odrzutowi. Przy odrzucie działo cofa się na pewną długość, po odrzucie należy więc działo natoczyć znowu na miejsce dla oddania nowego strzału. Im odrzut jest większy, tem większej pracy wymaga się od obsługi; to pociąga za sobą większe zmęczenie i przez to następuje zmniejszenie szybkostrzelności. W interesie więc skuteczności i szybkostrzelności danego działa jest zmniejszenie długości odrzutu. Oznaczając długość odrzutu przez L, siłę tarcia na kołach przez $f_1 M$, na ogonie przez fN, otrzymamy, że siła pochłaniająca energję odrzutu będzie: $-(fN + f_1 M).L$.

Na podstawie prawa żywych sił: suma prac wszystkich zewnętrznych sił przy przesunięciu twardego ciała równa się różnicy jego żywych sił na początku i przy końcu ruchu:

$$\frac{Q v^2}{2g} = (fN + f_1 M) L \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (42)$$

skąd:

$$L = \frac{Q v^2}{2g} \cdot \frac{1}{fN + f_1 M} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (43)$$

We wzorze (43) f = około 1/2 a f_1 = około 1/20 — L zmniejsza się przez hamowanie kół, t. j. przez zwiększenie f_1 — jeśli koła zahamuje się zupełnie, wówczas (wypadek łoża leżącego wprost na podstawie):

$$L = \frac{Q}{2g} \cdot v^2 \cdot \frac{1}{f(N + M)} = \frac{Q}{2g} \cdot v^2 \cdot \frac{1}{fQ} = \frac{v^2}{2gf} \quad . \quad (44)$$

W działach o łożu sztywnem f jest bardzo małe i długość odrzutu jest dość znaczna. Zapobiega się temu przez stosowanie pochylni podstawionych pod koła, lecz i tu należy ograniczać wysokość pochylni, by nie spowodować przewrócenia się działa. Wysokość pochylni nie powinna przekraczać 1/4 ich długości.

Oprócz tego przy działach ustawionych w twierdzach, dla ograniczenia odrzutu stosowano opornik, przymocowywany do nieruchomej osi pionowej w podstawie i do łoża; rolę powrotnika wypełniały pochylnie.

Celem zastosowania starych typów dział o łożu sztywnem w wojnie polowej były używane pasy na koła, zaopatrzone w płaskie nakładki, które zwiększały znacznie tarcie na kołach i przy zastosowaniu pochylni i specjalnego podkładu pod ogon — znacznie zmniejszały odrzut.

ROZDZIAŁ IV.

Elementarna teorja oporników.

58. Wymagania, którym powinny odpowiadać oporniki. Podział oporników. Przyrząd przeznaczony do pochłaniania energji odrzutu przy strzale nazywamy opornikiem.

Każdy opornik powinien odpowiadać następującym wymaganiom:

1. działać stopniowo, t. j. jego opór nie powinien dawać gwałtownych zwyżek ciśnienia, w przeciwnym razie łoże przy odrzucie otrzyma uderzenia i wstrząśnienia;

2. działanie powinno być jednostajne, t. j. przy każdym strzale przy różnych kątach podniesienia powinien on dawać mo żliwie jednakową długość odrzutu;

3. opornik powinien być samoczynny, t. j. powinien być zawsze gotowy do działania, nie wymagając jakichkolwiek przygotowań przed i po strzale;

4. powinien stawiać jaknajmniejszy opór odrzutowi i nataczaniu działa bez strzału.

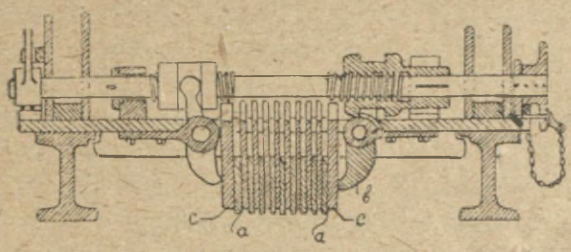
Co do sposobu pochłaniania energji oporniki dzielą się na dwa typy [1]: a) oporniki tarcia, w których energję odrzutu pochłania praca tarcia ruchomych części opornika o nieruchome i b) hydrauliczne, w których energję odrzutu pochłania nadanie energji cząsteczkom płynu znajdującego się w oporniku.

Współczesna artylerja zastosowuje tylko te dwa typy oporników: oporniki tarcia w działach wielkich kalibrów (320 mm na torze kolejowym), oporniki hydrauliczne we wszystkich innych działach od roku 1897.

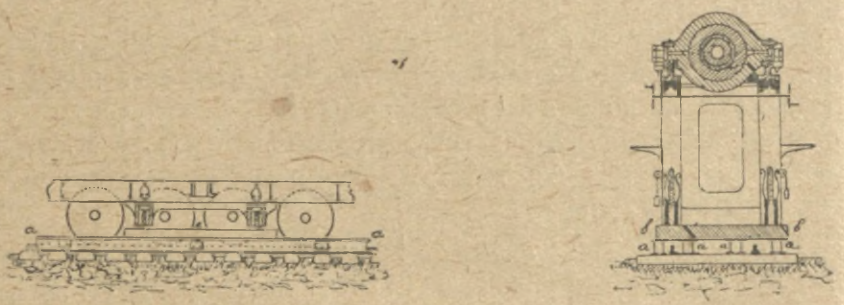
---

[1]) Do starych obecnie zarzuconych typów oporników możemy zaliczyć pochylnie, łańcuchy hamujące koła, specjalny hamulec kołowy (był początkowo w dziale niemieckiem wz. 96 r.), hamulec na sznurach (działo japońskie Arisaka), różne systemy lemieszy z buforami (dz. ros. polowe wz. 96 r.), lemiesze przymocowywane do osi i t. p. Opis tych przyrządów, dziś już zabytków przeszłości, obecnie nie jest wskazany.

59. Istota urządzenia oporników tarcia polega na tem, że do łoża przymocowuje się deski opornikowe *c* (Rys. 105), do podstawy (platformy) przymocowuje się nieruchome deski *a*, umieszczone parami z deskami ruchomemi. Zapomocą specjalnego przyrządu i dźwigni *b* ściska się deski, które dają przy odrzucie silny opór. Opornik działa 32 cm. na torze kolejowym jest urządzony na tej samej podstawie, różnica zachodzi tylko w urządzeniu. Opornik (Rys. 106) urządza się



Rys. 105.



Rys. 106.

w sposób następujący: po obydwu stronach każdej z szyn układa się podwójne belki żelazne *a*, *a*, przewyższające szyny i przymocowane do toru kolejowego. Rolę właściwego opornika spełnia sześć belek poprzecznych *b*, trących o belki podłużne. Pod tylnym wagonem łoża umieszcza się dwie belki *c*, trące o zewnętrzne belki podłużne. Po odrzucie (1 — 2 metry zależnie od kąta podniesienia) podnosi się zapomocą bloków belki poprzeczne i podłużne i natacza działo na miejsce. Dla określenia oporu, okazywanego przez oporniki tarcia, oznaczymy przez Q ciężar zespołu odrzutowego [1]), przez v—największą szybkość odrzutu, przez ρ — ciśnienie między deskami, przez n—ilość trących się powierzchni, przez l — długość odrzutu i przez f — spółczynnik tarcia; opór zaś znajdziemy, mając na względzie, że podług prawa żywych sił

[1]) Zespołem odrzutowym nazywamy części działa, zmieniające położenie pod wpływem ciśnienia gazów prochowych.

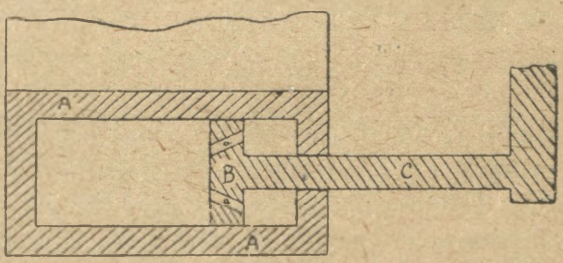
praca tarcia desek między sobą i zespołu o wierzch podstawy (platformy) powinna być równą energji odrzutu:

$$l\,(f\,.\,n\,.\,\rho + f\,.\,Q) = \frac{Q\,.\,v^2}{2\,g} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (45)$$

gdzie $f.\ n.\ \rho$ — opór opornika.

We wzorze (45) spółczynnik tarcia f zależy od ciśnienia ρ i stanu trących się powierzchni, a również, jak pokazało doświadczenie, od wielkości trących się powierzchni i od szybkości ruchu. Wszystkie te przyczyny, wpływając na f, dają oczywiście niejednostajnie działający opornik. Warunkowi stopniowości odrzutu opornik ten nie odpowiada, ponieważ przy poruszeniu działa odczuwa się wstrząśnienie powstające stąd, że działo zaczyna ruch tylko wtedy, gdy siła odrzutu stanie się większą od $f\,(n\rho + Q)$, przyczem to zjawisko komplikuje się, ponieważ f w stanie spokojnym jest większe niż przy ruchu. Tem mniej jest wypełniony w oporniku tym warunek samoczynności, ponieważ opornik trzeba ściskać przed strzałem i obluźniać po strzale dla natoczenia działa.

60. Istota urządzenia oporników hydraulicznych. W zarysach ogólnych oporniki hydrauliczne składają się z cylindra, przymocowanego do lufy lub do łoża i napełnionego płynem. W cylidrze A (Rys. 107) porusza się tłok B z otworami a, a, którego tłoczysko C jest przymocowane do łoża lub do lufy. W pierwszym więc wypadku opornik ma ruchomy cylinder i nieruchomy tłok, w drugim nieruchomy cylinder i ruchomy tłok. Ponieważ przy odrzucie lufy tłok przesuwa się w cylindrze, więc płyn powinien przechodzić przez otwory w tłoku z jednej części cylindra do drugiej. Ta żywa siła, którą należy nadać płynowi dla przejścia jego przez otwory w tłoku, pochłania energję odrzutu.



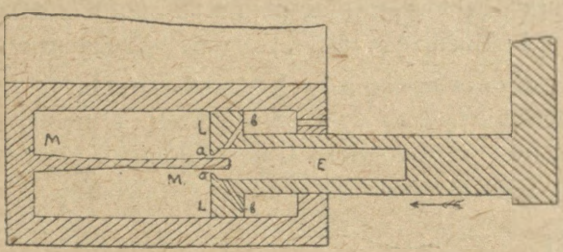
Rys. 107.

Jeżeli idzie o charakter ruchu tłoka, to oporniki mają wsuwany lub wysuwany tłok. W pierwszym wypadku objętość cylindra przeznaczona dla płynu stopniowo zmniejsza się przy odrzucie, a więc trzeba mieć opornik tak urządzony, by dawał możność zbytecznej ilości płynu wyjść z cylindra przy odrzucie, a przy powrocie znowu wrócić. Zależnie od systemu urządza się

specjalne rezerwoary, w które przelewa się płyn; w jednych systemach rezerwoary te, napełnione powietrzem, służą jako powietrzne powrotniki, w drugich zaś systemach wcale nie urządza się specjalnych rezerwoarów, lecz tylko dłuższy cylinder.

Przy wysuwanym tłoku objętość cylindra przeznaczona dla płynu przy odrzucie zwiększa się, przyczem płyn przelewa się ze specjalnego rezerwoaru w pustą przestrzeń; przy powrocie znowu powraca do rezerwoaru. W niektórych opornikach istnieje stała objętość cylindra, osiągnięta przez urządzenie dwustronnego tłoka: o ile zmniejszy się objętość cylindra z jednej strony, o tyle zwiększy się z drugiej.

Jak wskażemy dalej, dla prawidłowości funkcjonowania oporników hydraulicznych otwory w tłoku powinny w miarę odrzutu zmieniać swoje wymiary. Najczęściej osiąga się to w następujący sposób: w dnie opornika umieszcza się drążek *MM* (Rys. 108) zwany przeciwtłoczyskiem lub wrzecionem, o zmiennym przekroju poprzecznym. W tłoczysku jest przestrzeń *E*, w którą przy odrzucie działa wchodzi wrzeciono, tworząc między swoją powierzchnią i ścięciem *L*,*L* tłoka kanał pierścieniowy *aa*; przez ten kanał i przez otwory *bb* w tłoku przelewa się płyn z jednej części cylindra do drugiej. Dzięki różnym poprzecznym przekrojom wrzeciona zmienia się powierzchnia pieścieniowego kanału *aa*, zmienia się więc odpowiednio opór opornika.



Rys. 108.

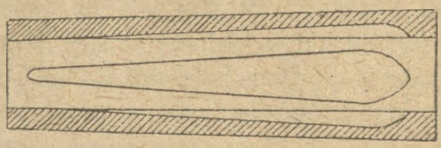
Zmienność powierzchni otworu w tłoku można osiągnąć również przez zastosowanie t. zw. listwy regulującej: w tłoku robi się prostokątne wycięcie *abcd* (Rys. 109), a w odpowiedniem miejscu wzdłuż tworzącej cylindra opornika umieszcza się listwę regulującą, której górna część posiada zmienną szerokość. Dwa otwory, znajdujące się między bocznemi ścianami wycięcia i bocznemi ścianami listwy, zmieniają się stopniowo podczas odrzutu przy przesunięciu tłoka w cylindrze.



Rys. 109.

Oprócz powyższych sposobów osiągnięcia zmiennej powierzchni otworów w tłoku są jeszcze następujące:

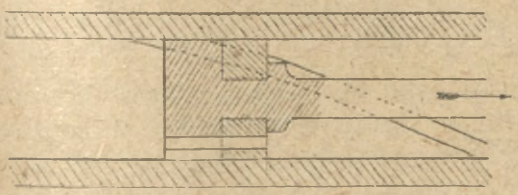
a) zapomocą wyżłobień w cylindrze (Rys. 110). Tłok przesuwający się w cylindrze, przechodząc od szerszych wyżłobień do węższych, będzie miał około swej powierzchni coraz mniejszy kanał pierścieniowy.



Rys. 110.

b) Tłok z ruchomym pierścieniem (Rys. 111). Przed tłokiem nakłada się na tłoczysko pierścień, który ma otwory, odpowiadające otworom w tłoku. Przy odrzucie, zapomocą specjalnego gwintu, pierścień przekręca się i stopniowo zwiększa otwory w tłoku.

c) Tłok z zamknięciem sprężynowem — na zewnętrznej stronie tłoka umieszcza się mały tłok na sprężynach Belleville'a. Na początku odrzutu płyn pod silnem ciśnieniem sam robi sobie większy otwór cisnąc na tłoczek; ze zmiejszeniem ciśnienia zmniejsza się i otwór, ponieważ sprężyny ciągle dążą do zamknięcia otworu.



Rys. 111.

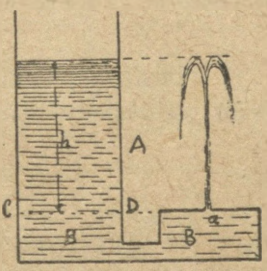
Płyn używany do napełniania oporników nie powinien: a) psuć się z biegiem czasu, b) wpływać szkodliwie na wewnętrzną powierzchnię opornika, c) zamarzać przy względnie niskich temperaturach i d) gęstnieć.

W tym celu używa się przeważnie gliceryny zmieszanej z wodą, oleonafty lub innych olei mineralnych.

61. Elementarna teorja oporników hydraulicznych. Z fizyki znane jest, że z naczynia BB (Rys. 112) przez otwór a wytryska płyn prawie na wysokość poziomu płynu w naczyniu, przyczem szybkość wypływania U — czyli szybkość ruchu cząsteczek płynu przy a będzie się równała $\sqrt{2.g.h}$, t. j.

$$U = \sqrt{2.g.h}, \quad . \quad . \quad . \quad (46)$$

gdzie g – przyspieszenie siły ciężkości i h – wysokość poziomu płynu nad otworem a.



Rys. 112.

Ponieważ wytrysk płynu odbywa się pod ciśnieniem słupa płynu wysokości h, więc ruch jego cząsteczek przy a w niczem się nie zmieni, jeśli w naczyniu BB wyobrazimy sobie tłok CD na wysokości otworu a i działanie słupa płynu na ten tłok zamienimy odpowiedniem ciśnieniem F. W danym wypadku, nazywając powierzchnię tłoka CD —A i ciężar jednostki objętości płynu—δ, otrzymujemy:

$$F = A \,.\, h \,.\, \delta, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (47)$$

skąd:

$$h = \frac{F}{A \,.\, \delta} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (48)$$

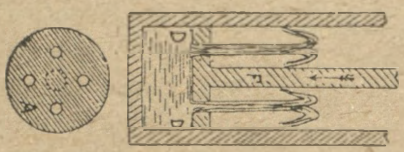
Podstawiając wyrażenie dla h do wzoru (46) otrzymamy:

$$U = \sqrt{\frac{2g \,.\, F_1}{A \,.\, \delta}} \quad \ldots\ldots \quad (49)$$

czyli:

$$F = \frac{A \,.\, \delta \,.\, U^2}{2g} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (50)$$

Jeśli zastosujemy ten wzór dla opornika hydraulicznego (Rys. 113), wówczas F przedstawi ciśnienie płynu na tłok opornika czyli opór opornika, A — czynną powierzchnię tłoka, t. j. powierzchnię tłoka mniej sumę powierzchni otworów, U—szybkość przepływania płynu przez otwory.



Rys. 113.

Jeśli szybkość odrzutu działa, czyli szybkość ruchu tłoka w oporniku hydraulicznym w jakimkolwiek momencie odrzutu, oznaczymy przez V i ogólną powierzchnię otworów w tłoku przez a, to objętość płynu, przepływającego przez otwory, powinna być równą objętości płynu wyciśnionego przez tłok, a więc:

$$a \,.\, U = A \,.\, v \quad \ldots\ldots\ldots \quad (51)$$

skąd:

$$U = \frac{A}{a} \,.\, v \quad \ldots\ldots\ldots \quad (52)$$

Podstawiając do wzoru (50) znaczenie dla U, znajdziemy wzór wyrażający opór opornika:

$$F = \frac{A^3 \,.\, \delta}{2g} \cdot \frac{v^2}{a^2} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (53)$$

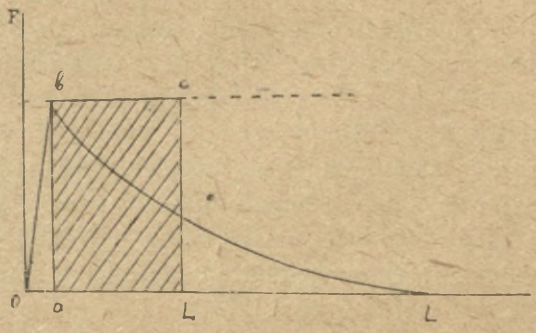
czyli że opór opornika zmienia się proporcjonalnie do kwadratu szybkości odrzutu i odwrotnie proporcjonalnie do kwadratu po-

wierzchni otworów w tłoku. Do zmierzenia wielkości ciśnień w oporniku podczas odrzutu służy przyrząd Goslena. Składa się on z cylindrycznego pudełka wśrubowanego w ścianę cylindra opornika. Ciśnienie udziela się tłoczkowi przyrządu, do którego jest przymocowany wskaźnik z ostrzem, opierający się o sprężynę. Pod ostrzem tłoczka przebiega taśma lakierowana, na której ostrze kreśli krzywą ciśnień; dołączając do przyrządu welocymetr możemy otrzymać te ciśnienia w funkcji szybkości.

Szybkość v odrzutu lufy przy strzale początkowo prędko osiąga swoje maksimum, a potem względnie powolnie zmniejsza się do zera. Wobec tego, jeśli powierzchnia otworów w tłoku opornika podczas całego odrzutu pozostaje stałą, to opór F opornika, zmieniając się odpowiednio do wzoru (53) — proporcjonalnie do kwadratu szybkości v odrzutu, będzie ze swojej strony szybko wzrastał, a potem, przy dalszym odrzucie, względnie wolniej ubywał; podobna nierównomierność oporu opornika pociągnęłaby za sobą silne wstrząśnienia szkodliwie oddziałujące na cały system działa.

Lecz znając prawo zmiany szybkości ruchu lufy podczas odrzutu, możemy nadać częściom opornika regulującym powierzchnię otworów, przez które przepływa płyn, takie poprzeczne wymiary, by ta powierzchnia zmieniała się proporcjonalnie do szybkości odrzutu, t. j. aby we wzorze (53) stosunek $\frac{v^2}{a^2} = \frac{v}{a}$ był wielkością stałą, a więc aby i opór F opornika na całej długości odrzutu był również stałym; takie oporniki ze zmienną powierzchnią otworów, przy stałym oporze, nazywają się opornikami ze stałym oporem.

Z rysunku 114 widzimy, że przy stałem F — równoległem do OL — potrzebna jest mniejsza długość odrzutu OL (pow. $abc\,L_1$ — praca oporu opornika); przy F zmiennem jego praca wyrazi się powierzchnią ObL — zawartą między krzywą ciśnień a osią OL przy długości odrzutu OL. Widzimy więc z tego, o ile korzystniejszem jest zastosowanie oporników o stałym oporze.



Rys. 114.

Ponieważ opór stawiany odrzutowi lufy składa się nie tylko z oporu opornika, lecz również i z oporu sił tarcia i oporu powrotnika, z których pierwszą możemy uważać jako stałą, a drugą jako zwiększającą się w miarę odrzutu, więc, aby wypadkowa wszystkich sił opierających się odrzutowi była możliwie stałą na całej długości odrzutu, nadaje się częściom regulującym powierzchnię otworów takie przekroje, przy których opór opornika w miarę odrzutu zmniejsza się w takim stopniu, w jakim wzrasta opór powrotnika.

Jak widzimy z wzoru (53), opór F—hydraulicznych oporników jest nieznaczny przy bardzo małych szybkościach. Wobec tego oporniki tego rodzaju prawie zupełnie nie przeszkadzają odciąganiu lufy wręcz i nataczaniu po strzale.

62. Istota urządzenia powrotników. Ponieważ po każdym strzale z działa trzeba działo natoczyć ponownie na miejsce, przeto do wykonania tej pracy wykorzystuje się część energji odrzutu, zbierając ją w specjalnych akumulatorach, zwanych powrotnikami.

Zależnie od urządzenia powrotniki dzielą się na dwa typy: powietrzne i sprężynowe. Powietrzny powrotnik—w ogólnych zarysach — składa się z cylindra, przymocowanego do łoża i napełnionego powietrzem do pewnego ciśnienia. W cylindrze porusza się tłok, tłoczysko którego jest związane z lufą lub z łożem. Przy odrzuceniu działa tłok ściska znajdujące się tam powietrze, które po odrzucie, dążąc do zajęcia poprzedniej objętości, wysuwa z powrotem tłok, nataczając tem lufę na miejsce.

W innych systemach wcale niema tłoku: płyn sam ciśnie bezpośrednio na powietrze lub jest oddzielony od powietrza ruchomą przegródką poprzeczną (przeponą).

Urządzenie powrotników sprężynowych polega na tem, że na cylindrze opornika lub zewnątrz opornika przymocowuje się do łoża silne sprężyny, które przy odrzucie ściśnięte zbierają w ten sposób część energji odrzutu. Po ukończeniu odrzutu sprężyny dążąc do swych poprzednich wymiarów, t. j. dążąc do rozszerzenia, nataczają lufę na miejsce. Sprężyny powrotników bywają systemu Belleville'a lub spiralne, pojedyńcze lub podwójne.

Początkowe ciśnienie na powrotniki jest zawsze takie, by przy największych kątach podniesienia zespół odrzutowy nie mógł się sam cofać wstecz.

Powrotniki stanowią jużto jeden wspólny mechanizm z hy-

draulicznym opornikiem (oporo-powrotnik—większa część powrotników powietrznych), jużto zupełnie niezależny (oporniki sprężynowe).

Porównując powrotniki powietrzne i sprężynowe widzimy:

1. Działanie jednego i drugiego typu jest zupełnie zadawalniające i pod tym względem trudno uważać jeden od drugiego za lepszy.

2. Ciężar sprężyn i ciężar cylindrów zawierających powietrze jest prawie jednakowy.

3. Ciśnienie w powrotnikach powietrznych jest mniejsze niż w sprężynowych.

Z doświadczenia wynika, że powrotniki powietrzne najlepiej nadają się w działach strzelających pod małemi kątami podniesienia i w działach szybkostrzelnych z długim odrzutem.

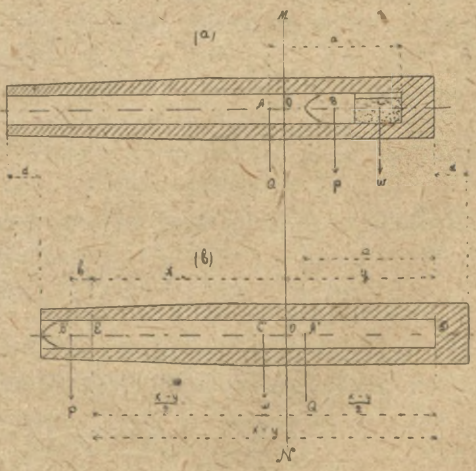
Powrotniki sprężynowe więcej nadają się do dział z krótkim odrzutem.

63. Szybkość i energja odrzutu lufy przy strzale. W art. 56 podaliśmy ogólny wzór szybkości odrzutu:

$$v = \frac{p + kw}{Q} V$$

teraz podamy w jaki sposób wyprowadzić ten wzór przy uwzględnieniu systemu łoża z opornikiem.

Przypuśćmy, że zespół odrzutowy (lufa z częściami opornika) przedstawia ciało swobodne. Przed zapaleniem ładunku położenie środka ciężkości systemu odrzutowego będzie w A (Rys. 115), środka ciężkości pocisku w B, środka ciężkości ładunku w C i ogólnego środka ciężkości całego działa, ładunku i pocisku w O. Przy strzale, gdy działo wskutek ciśnienia gazów prochowych będzie się odrzucało wstecz, punkt O pozostanie nieruchomym w przestrzeni, ponieważ ciśnienia gazów prochowych przedstawiają siły wewnętrzne; podług prawa mecha-



Rys. 115.

niki przy działaniu jednych tylko sił wewnętrznych na jakikolwiek swobodny zespół, środek ciężkości tegoż położenia swego w przestrzeni nie zmienia. Przez punkt O przeprowadzimy płaszczyznę MN, którą jako ruchomą w przestrzeni przyjmiemy za płaszczyznę momentów równoległych ze sobą sił: ciężaru zespołu Q_1, ciężaru ładunku w i ciężaru pocisku p. Przypuśćmy, że w pewnym przeciągu czasu t po zapaleniu ładunku zespół odrzutowy przeszedł przestrzeń d, przyczem środek ciężkości A zespołu przeszedł w A', pocisk w tym samym czasie przesunął się w B' tak, że jego dno będzie w odległości $OE' = x$ od płaszczyzny momentów, a środek ciężkości w odległości $OB' = x + b$ od tejże płaszczyzny. Co do ładunku przyjmiemy, że spalenie jego odbywa się momentalnie i że podczas ruchu pocisku w przewodzie lufy działa ścisłość gazów prochowych w każdym momencie wyrównuje się za dnem pocisku. W takim wypadku środek ciężkości gazów prochowych będzie w C', w środku między dnem D przewodu lufy i dnem E pocisku. Na podstawie prawa mechaniki, że algebraiczna suma momentów składowych równoległych sił względem jakiejkolwiek płaszczyzny równa się momentowi ich wypadkowej, otrzymamy:

$$Q_1 \cdot OA' - p \cdot BO' - w \cdot OC' = O \quad . \quad . \quad . \quad (54)$$

Druga część tego równania równa się zeru, ponieważ ramię wypadkowej siły, czyli ramię ciężaru całego systemu, równa się zeru. Lecz $OA' = OD - A'D = y - a$, gdzie a równa się odległości środka ciężkości systemu odrzutowego do dna przewodu lufy, $OB' = x + b$; $OC' = C'D - OD$, lecz $C'D$ podług warunku równa się

$$^1/_2 ED = \frac{x+y}{2} \text{ i } OD = y; \text{ więc } OC' = \frac{x+y}{2} - y = \frac{x-y}{2}.$$

Podstawiając te znaczenia w równanie (54) otrzymamy:

$$Q_1 (y - a) - p (x + b) - w \left(\frac{x-y}{2}\right) = O \quad . \quad . \quad (55)$$

gdzie x i y, wielkości zmienne, zależne są od czasu t.

Biorąc pierwszą pochodną równania względem t znajdziemy:

$$Q_1 \frac{dy}{dt} - p \frac{dx}{dt} - \frac{w}{2}\left(\frac{dx}{dt} - \frac{dy}{dt}\right) = O$$

$$\left(Q_1 + \frac{w}{2}\right)\frac{dy}{dt} = \left(p + \frac{w}{2}\right)\frac{dx}{dt} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (56)$$

Odrzucając połowę ciężaru ładunku w porównaniu do ciężaru zespołu odrzutowego, t. j. $\frac{w}{2}$ w stosunku do Q_1 i odnosząc to równanie do momentu wylotu pocisku z lufy (wówczas $\frac{dy}{dt}$ przedstawi maksymalną szybkość v odrzutu lufy, a $\frac{dx}{dt}$ — szybkość wylotową pocisku V), otrzymamy:

$$Q_1 \cdot v = (p + 0{,}5\, w) V \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (57)$$

skąd:

$$v = \frac{p + 0{,}5\, w}{Q_1} V \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (58)$$

Wzór ten niezupełnie zgadza się z rezultatami doświadczeń, ponieważ dopuszczenia przyjęte przy jego wyprowadzaniu odbiegają od rzeczywistości, a mianowicie: w rzeczywistości ładunek prochu nie spala się momentalnie w przewodzie lufy działa, ścisłość gazów prochowych w każdym momencie nie wyrównuje się w całym przewodzie i, oprócz tego, po wylocie pocisku z lufy gazy prochowe, rozszerzając się, działają na dno przewodu lufy jeszcze przez pewien okres czasu, zwiększając tem szybkość odrzutu. Wobec tego dla otrzymania rzeczywistej szybkości odrzutu należy współczynnik przy w wziąć większy, niż 0,5 — wynosi on 2,5).

Jeśli obydwie części równania (57) podzielimy przez przyspieszenie siły ciężkości g, wówczas lewa jego część przedstawi ilość ruchu

$$\frac{Q_1}{g} \cdot v = \frac{p + 0{,}5\, w}{g} V \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (59)$$

zespołu odrzutowego, a prawa — ilość ruchu pocisku z połową ładunku, a więc *przy odrzucie ilość ruchu zespołu odrzutowego równa sie ilości ruchu pocisku z połową ładunku.*

Z wzoru (41) wiemy, że ponieważ ciężar Q_1 zespołu odrzutowego wchodzi w mianownik wzoru (41):

$$e = \frac{(p + kw)^2}{2\, g\, Q_1} V,$$

więc im ciężar tego zespołu jest większy, tem mniejszą jest energja odrzutu, a więc przy wszystkich innych jednakowych warunkach im zespół odrzutowy jest cięższy, tem mniej niszczący jest wpływ strzału na łoże.

Dla określenia stosunku między wylotową energją pocisku, czyli dodatnią pracą gazów prochowych na całej długości prze-

wodu lufy działa, i energją odrzutu zespołu odrzutowego, przedstawiającego element ujemny, mamy—nazywając wylotową energję pocisku przez E:

$$E = \frac{p V^2}{2 g} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (60)$$

Dzieląc równanie (41) przez (60) otrzymamy:

$$\frac{e}{E} = \frac{(p + kw)^2}{p \cdot Q_1} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (61)$$

Przyjmując dla współczynnika k jego przeciętną wielkość, a więc 1,4—i mając na uwadze, że względny ciężar ładunku równa się około 0,4, t. j. $\frac{w}{p} = 0{,}4$ otrzymamy:

$$\frac{e}{E} = 2{,}56 \frac{p}{Q_1} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (62)$$

t. j. *energja odrzutu zespołu odrzutowego prawie tyle razy jes mniejsza od wylotowej energji pocisku, ile razy ciężar tego zespołu jest większy od ciężaru pocisku zwiększonego dwa i pół razy.*

Żywa siła odrzutu, udzielona płynowi w oporniku, pobudza ten płyn do szybkiego przebryzgiwania się przez otwory tłoka z szybkością zmienną od 150 do 200 metrów na sekundę. Żywa siła płynu, zużywająca się na tarcie o ściany opornika i na przebryzgiwanie, przeistacza się w ciepło, co powoduje rozszerzenie się objętości płynu.

Opornik jest więc transformatorem energji odrzutu.

64. Siły przeciwdziałające odrzutowi zespołu odrzutowego przy strzale. W praktyce nadzwyczaj ważne jest osiągnięcie możliwie małych odrzutów. Dla określenia wielkości tej stałej siły F, którą trzeba przeciwstawić ruchowi odrzucającego się przy strzale działa, przy wykonaniu warunku, by długość odrzutu równała się określonej wielkości l, należy zastosować prawo żywej siły t. j.:

$$F \cdot l = \frac{Q_1 \cdot v^2}{2 g} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (63)$$

skąd:

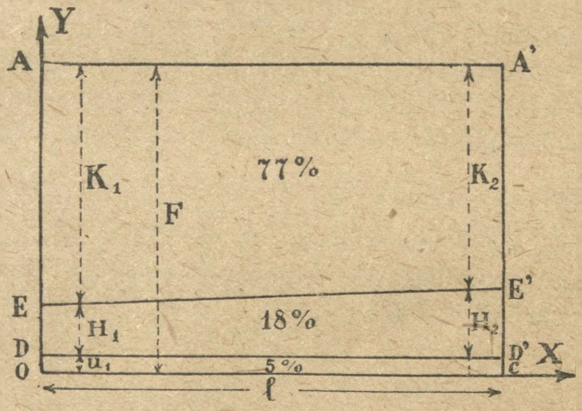
$$F = \frac{Q_1 \cdot v^2}{2 g l} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (64)$$

Podstawiając w równanie (64) znaczenie dla v z równania (40) otrzymamy:

$$F = \frac{(p + kw)^2}{2 g \cdot l \cdot Q_1} V^2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (65)$$

Jeśliby łoże było tak urządzone, że działo po strzale nie mogłoby wcale odrzucić się, wówczas na łoże działałaby cała siła ciśnienia gazów prochowych na dno przewodu lufy. Ta siła spowodowałaby w łożu sprężyste i pozostające odkształcenia, przyczem te ostatnie byłyby tak znaczne, że trzeba byłoby budować niezmiernie wielkie i ciężkie łoża, tem bardziej, że siła ciśnienia gazów prochowych w przewodzie lufy wzrasta nadzwyczaj szybko, działając jak uderzenie. W oporniku zaś ciśnienie wzrasta względnie powolnie, dlatego i działanie tego ciśnienia, nawet równającego się poprzedniej sile, byłoby znacznie mniej niszczącem.

Odejmując od siły F siłę tarcia U, przyjętą jako stałą na całej długości odrzutu, otrzymujemy wielkość tego oporu ruchowi odrzutu, który powinien dawać opornik razem z powrotnikiem, ponieważ ten ostatni, będąc właściwie przyrządem dla samonataczania się lufy po strzale, przeciwdziała również i odrzutowi przy strzale.



Rys. 116.

Nadzwyczaj ważnem jest dla prawidłowego działania różnych części łoża, by siła F była stałą. Ponieważ oporniki przy odrzucie dają opór zmienny, zwiększający się w miarę odrzutu, więc dla osiągnięcia potrzebnego oporu należy urządzać oporniki tak, by wypadkowa oporu K opornika i oporu H powrotnika była wielkością stałą, co oczywista będzie osiągnięte, jeśli w miarę zwiększenia oporu powrotnika opór opornika będzie stopniowo zmniejszał się, a więc $F = K + H + U$ będzie wielkością stałą.

Wzajemny stosunek wszystkich trzech sił, opierających się odrzutowi, i ich pracę pochłaniającą energję odrzutu możemy przedstawić obrazowo wykresem, w następujący sposób (Rys. 116).

Wzdłuż osi OX będziemy odmierzali wielkości, które przebywa zespół odrzutowy podczas odrzutu, wzdłuż osi OY — wielkości oporów odrzutowi.

Przypuśćmy, że $OC = l$ przedstawiają całą długość odrzutu. Przyjmując, że wypadkowa F wszystkich oporów odrzutowi jest wielkością stałą, odmierzymy ją na osi OY, od punktu O do punktu A, i przeprowadzimy linję AA', równoległą do osi OX; ta linja wyrazi wykres oporu F w zależności od wielkości drogi, którą przejdzie zespół odrzutowy przy odrzucie, a powierzchnia $OAA'C$—iloczyn z siły F i długości l—przedstawi pracę wszystkich sił przeciwdziałających odrzutowi, równą energji e odrzutu. Odkładając wzdłuż osi OY siłę tarcia $U = OD$, przyjętą jako stałą i kreśląc prostą DD', równoległą do osi OX, otrzymamy powierzchnię $ODD'C$, przedstawiającą pracę tarcia. Odkładając na tejże osi OY początkowe ciśnienie $H_1 = DE$—opornika i wzdłuż linji CA' równoległej do niej od punktu D' ciśnienie opornika w końcu odrzutu, równe $H_2 = D'E'$, i przyjmując, że ciśnienie opornika zwiększa się proporcjonalnie do drogi odrzutu, otrzymamy, że prosta EE' będzie przedstawiała wykres oporu powrotnika, a powierzchnia $DEE'D'$ — przedstawi pracę oporu powrotnika podczas odrzutu. Przeciętne ciśnienie powrotnika będzie $H = \frac{H_1 + H_2}{2}$.

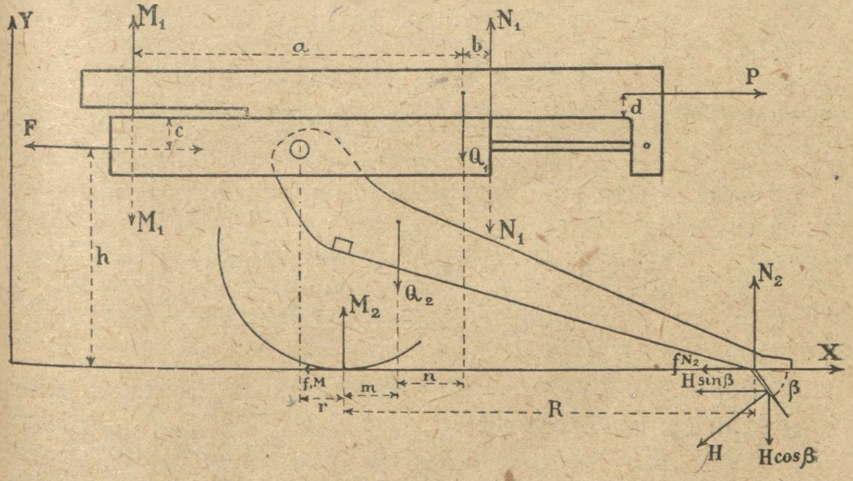
Oczywista, że w takim wypadku powierzchnia $EAA'E'$ przedstawi pracę oporu opornika, przyczem początkowy jego opór odrzutowi powinien być równym $EA = K_1 = F - (U + H_1)$, a końcowy $E'A' = K_2 = F - (U + H_2)$, przeciętne zaś ciśnienie opornika będzie $K = \frac{K_1 + K_2}{2}$.

ROZDZIAŁ V.

Łoże z odrzutem wzdłuż osi lufy pod wpływem siły ciśnienia gazów prochowych.

65. Siły działające na działo. Przy strzale w łożu sprężystem z odrzutem wzdłuż osi lufy odrzuca się wstecz lufa z pewnemi częściami opornika (zespół odrzutowy), pozostała część łoża (dolna) jest nieruchoma.

Wszystkie nasze wywody będą zupełnie analogiczne z wywodami o działaniu sił na łoże sztywne. Chodzi tu tylko o zbadanie warunków, przy których dolna część łoża pozostanie nieruchomą przy odrzucie. Odrzut będziemy rozpatrywali — jak i dla łóż sztywnych — w dwóch okresach: w pierwszym — pod wpływem gazów prochowych i drugim — pod wpływem bezwładności.



Rys. 117.

Dla uproszczenia przypuszczamy, że działo stoi na podstawie poziomej i lufa jest pozioma.

Siły działające na zespół odrzutowy są następujące (Rys. 117):

1) ciśnienie gazów prochowych P — skierowane wzdłuż osi działa w kierunku ruchu i przyłożone do środka dna przewodu lufy;

2) ciężar zespołu odrzutowego Q_1—przyłożony do środka ciężkości zespołu i skierowany pionowo wdół;
3) opór opornika i powrotnika F, skierowany wzdłuż osi opornika w kierunku odwrotnym do kierunku ruchu
4) i opór podstawy M_1 i N_1, czyli opór wodzideł, sprowadzający się do ciśnienia i tarcia.

Wskutek samej budowy wodzideł, przy której dąży się do zmniejszenia tarcia, a oprócz tego wskutek stałego tłuszczenia wodzideł powstaje tak nikły współczynnik tarcia (0,02), że w porównaniu z innemi siłami siłę tarcia możemy odrzucić.

Siły M_1 i N_1 są przyłożone do przedniego i tylnego skraju wodzideł i skierowane pionowo do góry, jako wypadkowe wszystkich równoległych sił we wszystkich punktach styczności wodzideł z sankami. Przyjmujemy, że wszystkie siły wskutek symetryczności działa leżą w płaszczyźnie jego symetrji. Wszystkie siły oprócz siły M_1 i N_1 są nam wiadome. Znajdziemy więc M_1 i N_1. Z tego, że na podstawie równowagi swobodnego ciała, u którego wszystkie siły leżą w jednej płaszczyźnie, równą jest zeru algebraiczna suma momentów wszystkich sił względem jakiegokolwiek punktu w tej samej płaszczyźnie, mamy, biorąc momenty wszystkich sił względem punktu przyłożenia siły M_1:

$$Pd + Fc + Q_1 a - N_1(a + b) = O$$

skąd:

$$N_1 = \frac{Pd + Fc + Q_1 a}{a + b} \quad \ldots\ldots \quad (66)$$

Suma momentów wszystkich sił względem punktu przyłożenia siły N_1:

$$Pd + Fc - Q_1 b + M_1(a + b) = O$$

skąd:

$$M_1 = \frac{Q_1 b - Pd - Fc}{a + b} \quad \ldots\ldots \quad (67)$$

Napiszemy teraz równania rzutów ruchu środka ciężkości względem osi spółrzędnych:

$$\frac{Q_1}{g} \cdot j = P - F \quad \ldots\ldots \quad (68)$$

$$N_1 + M_1 - Q_1 = O$$

czyli:

$$N_1 + M_1 = Q_1 \quad \ldots\ldots \quad (69)$$

W równaniach widzimy zupełną analogję z równaniami otrzymanemi przy badaniu wpływu siły gazów prochowych na łoże sztywne.

Rzeczywiście równania (66) i (67) są zupełnie podobne do równań (10) i (11). Wpływ siły N_1 jest zupełnie taki sam jak i siły N w równaniu (11); jest ona zawsze dodatnia, skierowana prostopadle do góry. Siła M_1 przy małych kątach podniesienia jest ujemną, czyli że lufa dąży do podniesienia się częścią wylotową do góry; odwrotnie przy wielkich kątach podniesienia: siła M_1 jest wtedy dodatnią i lufa naciska na wodzidła. W jednym i drugim wypadku ruch lufy jest ograniczony i zanulowany przez wzajemne zczepienie się wodzideł i sanek.

Rozpatrzmy teraz siły działające na dolną, nieruchomą część łoża.

1) Siła F opornika, równa i przeciwległa co do działania siły F na działo.
2) Siły N_1 i M_1 równe i przeciwległe takimże siłom działającym na wodzidła.
3) Ciężar nieruchomej części łoża Q_2 przyłożony w środku ciężkości łoża i skierowany pionowo w dół.
4) Opór podstawy na koła M_2 wraz z tarciem kół o powierzchnię podstawy $f_1 M_2$. Siła M_2 skierowana pionowo do góry, siła $f_1 M_2$ skierowana w stronę przeciwną do kierunku ruchu. Obydwie siły przyłożone w punkcie styczności koła z podstawą.
5) Opór podstawy na ogon N_2 wraz z tarciem ogona o powierzchnię podstawy fN_2. Siła N_2 skierowana pionowo do góry, siła fN_2 skierowana w stronę przeciwną do kierunku ruchu. Obydwie siły przyłożone w punkcie styczności ogona z podstawą.
6) Siła oporu gruntu na lemiesz H, prostopadła do płaszczyzny lemiesza i przyłożona w środku jego ciężkości. Kąt płaszczyzny lemiesza z poziomem β.

Siły fN_2 i $f_1 M_2$ są bardzo małe, ponieważ przesunięcia łoża wcale niema, więc siły te w porównaniu z siłą H możemy odrzucić.

Łoże jest nieruchome, więc przyspieszenie jego środka ciężkości jest zero.

Wszystkie siły ciężkości leżą w płaszczyźnie symetrji działa.

Równania rzutów ruchu środka ciężkości łoża:

$$F - H\,Sin\,\beta = O,$$

$$F = H\,Sin\,\beta \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (70)$$

$$N_2 + M_2 - Q_2 - N_1 - M_1 - H\,Cos\,\beta = O$$

czyli:

$$N_2 + M_2 = N_1 + M_1 + Q_2 + H\,Cos\,\beta \quad . \quad . \quad . \quad (71)$$

Łoże jest w równowadze, a więc algebraiczna suma momentów względem punktu przyłożenia siły M_2 będzie:

$$Fh + Q_2 m - N_2 R - M_1 (a - m - n) + N_1 (b + n + m) + H \cos\beta\, R = 0$$

skąd:

$$N_2 = \frac{Fh + Q_2 m - M_1 (a - m - n) + N_1 (b + n + m) + H \cos\beta\, R}{R} \quad . \quad (72)$$

Przeistoczmy licznik wzoru (72) zapomocą równań (66) i (67)

$$N_1 (b + m + n) - M_1 (a - m - n) = (b + m + n) \frac{Fc + Q_1 a + Pd}{a + b} -$$

$$- (a - m - n) \frac{Q_1 b - Fc - Pd}{a + b} = Fc + Pd + Q_1 (m + n)$$

Podstawiając to znaczenie do wzoru (72) otrzymamy ostatecznie:

$$N_2 = \frac{F (h + c) + Pd + Qm + Q_1 n + H \cos\beta\, R}{R} \quad . \quad . \quad (73)$$

gdzie $Q = Q_1 + Q_2$.

Weźmy teraz algebraiczną sumę momentów względem punktu przyłożenia siły N_2:

$$Fh - Q_2 (R - m) + M_2 R - M_1 (R + a - m - n) -$$

$$- N_1 (R - b - m - n) = 0$$

$$M_2 = \frac{Q_2 (R - m) - Fh + M_1 (R + a - m - n) + N_1 (R - b - m - n)}{R} \quad . \quad (74)$$

Przeistoczmy podobnie jak poprzednio licznik wzoru (74):

$$M_1 (R + a - m - n) + N_1 (R - b - m - n) = (R + a - m - n)$$

$$\frac{Q_1 b - Fc - Pd}{a + b} + (R - b - m - n) \frac{Q_1 a + Fc + Pd}{a + b} =$$

$$= Q_1 (R - m - n) - Fc - Pd.$$

Podstawiając to znaczenie do wzoru (74) otrzymamy ostatecznie:

$$M_2 = \frac{Q (R - m) - Q_1 n - F (h + c) - Pd}{R} \quad . \quad . \quad . \quad (75)$$

gdzie: $Q = Q_1 + Q_2$.

66. Wnioski co do danych konstrukcyjnych łoża. Dla wyciągnięcia wniosków co do danych konstrukcyjnych łoża zbadamy otrzymane wzory.

Z wzoru (70) $F = H\,Sin\,\beta$ widzimy, że pozioma składowa ciśnienia gruntu na lemiesz równa się oporowi opornika i powrotnika.

Grunt rozwija opór na całą powierzchnię lemiesza. Wielkość ciśnienia na jednostkę powierzchni lemiesza zależy od rodzaju gruntu (im grunt ściślejszy, tem większy opór), wobec tego powierzchnia lemiesza powinna być dostosowana do gruntu. W działach małych kalibrów lemiesze są większe, obliczone na najsłabszy grunt-piasek, w działach większych kalibrów lemiesze są podwójne—opuszczane—jeden większy, drugi mniejszy, przyczem każdy można zastosować zależnie od gruntu zmieniając kąt nachylenia.

Z równania (71): $N_2 + M_2 = N_1 + M_1 + Q_2 + H\,Cos\,\beta$, podstawiając $N_1 + M_1 = Q_1$ z równania (69), poczem podstawiając $Q_1 + Q_2 = Q$ otrzymamy: $N_2 + M_2 = Q + H\,Cos\,\beta$, czyli, że pionowa składowa ciśnienia gruntu na lemiesz zwiększa ciśnienia ogona i zabezpiecza wrzynanie się lemiesza w grunt. Ciśnienie lemiesza na grunt może łatwiej poruszyć ziemię przy ciśnieniu w kierunku pionowym niż poziomym i wobec tego zmniejsza opór gruntu na jednostkę powierzchni lemiesza. Z tej przyczyny kąt β robią około 80°—90°, $Sin\,\beta$ przy tym kącie jest bliski jedności, $Cos\,\beta$ bliski zera, wobec czego równanie (70) przedstawi się:

$$F = H \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (76)$$

Równanie zaś (73) po podstawieniu znaczenia $F=H$ i $Cos\,\beta=0$:

$$N_2 = \frac{F(h+c) + Qm + Q_1 n + Pd}{R} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (77)$$

Zestawiając z wzorem (77) wzór (75):

$$M_2 = \frac{Q(R-m) - Q_1 n - F(h+c) - Pd}{R}$$

widzimy, że mianowniki w obydwóch wzorach są jednakowe i stanowią wielkość dodatnią. Siły N_2 i M_2 są tem mniejsze, im łoże jest dłuższe. Siła N_2—jak i w łożu twardem, jest zawsze dodatnia i skierowana prostopadle do góry, co znaczy, że ogon ciśnie na podstawę — w danym wypadku zabezpiecza to wrzynanie się lemiesza w grunt. Siła M_2 jest niebezpieczniejsza dla stateczności łoża, ponieważ, gdy ona jest ujemną, łoże podskakuje czelną częścią do góry. Dla uniknięcia tego jedynem wyjściem, jak widzimy z wzoru, będzie obniżenie wysokości działa (kolankowe osie).

Aby łoże nie podskakiwało, powinno być $M_2 \geqq 0$ czyli:

$$Q(R-m) - Q_1 n - F(h+c) - Fd \geqq 0 \quad . \quad . \quad (78)$$

skąd ciśnienie opornika:

$$F \geqq \frac{Q(R-m) - Q_1 n - Pd}{h+c} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (79)$$

67. Drugi okres odrzutu pod wpływem bezwładności. W drugim okresie odrzutu wszystkie siły oprócz siły gazów prochowych działają na działo i zachowują swoje punkty przyłożenia i kierunki, a więc przy $P = O$ otrzymujemy jako warunek stateczności łoża:

$$Q(R-m) - Q_1 n - F(h+c) \geqq 0 \quad . \quad . \quad . \quad (80)$$

skąd ciśnienie opornika:

$$F \leqq \frac{Q(R-m) - Q_1 n}{h+c} = \frac{Q_1(R-m) + Q_2(R-m) - Q_1 n}{h+c} =$$

$$= \frac{Q_1(R-m-n) + Q_2(R-m)}{h+c} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (81)$$

Stąd widzimy, że dla stateczności łoża ciśnienie gruntu na lemiesz powinno równać się oporowi opornika i powrotnika i że moment oporu opornika i powrotnika względem punktu przyłożenia siły N_2 nie powinien być większym od momentu ciężaru łoża i zespołu odrzutowego względem tegoż punktu.

68. Łoża sztywne z odrzutem wzdłuż ramy i łoża z odrzutem złożonym. Rozkład sił w obydwóch systemach łoż jest zupełnie jednakowy i analogiczny z rozkładem sił, czy to w łożu sztywnem, czy w łożu sprężystem.

Łoże z odrzutem wzdłuż ramy możemy uważać jako łoże sztywne — rozkład sił pozostanie bez zmian, w grę wejdzie tylko kąt nachylenia powierzchni ramy, wzdłuż której odbywa się odrzut.

Łoże z odrzutem złożonym możemy rozpatrywać jako łoże sprężyste, część górną, i jako łoże sztywne z odrzutem wzdłuż ramy, część dolną. Wpływ sił na łoże i wnioski co do danych konstrukcyjnych pozostają niezmienne przy każdym z systemów.

Dalej w opisie poszczególnych typów łóż będziemy wskazywali, opierając się na wnioskach wyprowadzonych przy badaniach wzorów sił, na charakterystyczne szczegóły konstrukcji, wypływające z działania poszczególnych sił na łoże.

ROZDZIAŁ VI.

Łoże. — Opis[1]).

69. Łoże sztywne. Łożem sztywnem nazywamy łoże związane z lufą zapomocą czopów w jeden miezmienny zespół, który całkowicie przyjmuje udział w odskoku. Do łóż sztywnych we właściwem znaczeniu zaliczamy jeszcze i łoża z odrzutem wzdłuż ramy, ponieważ zespół łoże i lufa są niezmienne podczas odrzutu, przesuwa się on tylko wstecz po wodzidłach ramy.

Łoża sztywne powinny być odporne na gwałtowne wstrząśnienia, które przyjmują na siebie podczas strzału, a więc mocne, co osiąga się przez wzmocnienie ścian łoża. Wzmacnianie łoża pociąga za sobą zwiększenie jego ciężaru, a to ze swojej strony zwiększa ciśnienie na łożyska czopów (art. 54); oprócz tego zwiększenie ciężaru łoża zmniejsza ruchliwość działa i zwiększa pracę przy nataczaniu, czem męczy obsługę i powoduje obniżenie szybkostrzelności.

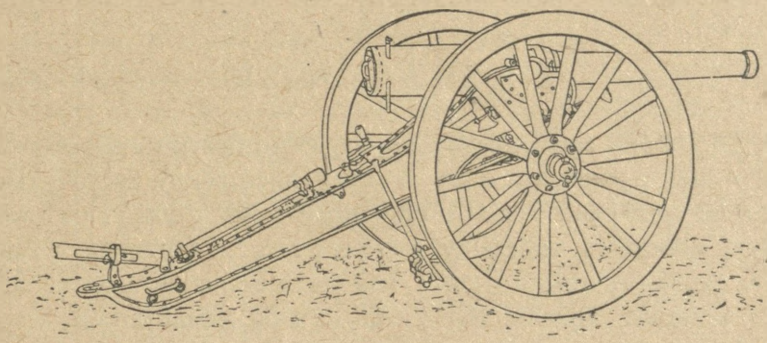
Łoża sztywne z powodu swej ciężkości i trudności obsługiwania są obecnie wycofane z użycia. Zachowały się jeszcze łoża z odrzutem wzdłuż ramy, które jednak zapewniają samoczynny powrót na miejsce po odrzucie i pozwalają na mechaniczne celowanie w kierunku, obracając ramę około sworznia, czego niema w łożach sztywnych, ruchomych. Bardzo ważną i ujemną stroną łóż z odrzutem wzdłuż ramy jest znaczny ciężar i trudność transportu, wobec czego można ich używać w wojnie polowej tylko na torach kolejowych.

Jako przykład łoża sztywnego ruchomego może służyć *łoże armaty francuskiej 90 mm. wz. 1877 roku.* (Rys. 118).

Łoże składa się ze ścian bocznych, wzmocnionych w czelnej części około łożysk czopów wzmocnieniami; na ścianach bocznych znajdują się na ogonie chwyty, dolna ściana zagina się, tworząc podeszwę ogona z zaczepą, ściana górna z wycięciem w części

[1]) Szczegółowe opisy łóż są zawarte w odnośnych regulaminach.

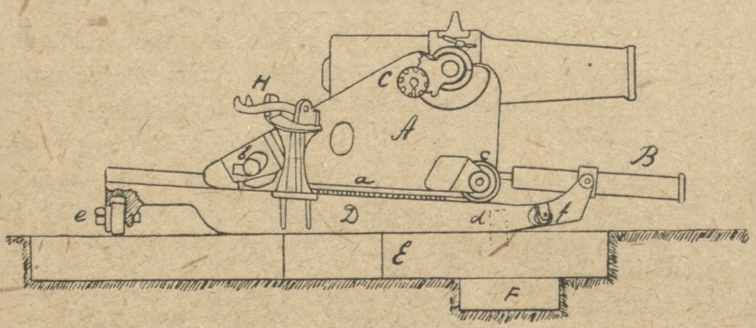
czelnej dla ułatwienia nadawania kątów podniesienia i z pierścieniami na ogonie dla wstawienia drążka kierowniczego. Ściany są połączone między sobą zapomocą zagięć. Ściany boczne i górne są połączone sponami. Oś czworokątna, prosta, jest umieszczona w specjalnem wycięciu w bocznych ścianach łoża i podtrzymywana zapomocą podwiązek.



Rys. 118.

Przykład II. *220 mm. moździerz na łożu z odrzutem wzdłuż ramy, wzór 1891.* (Rys. 119).

Łoże *A* składa się z dwóch ścian bocznych, połączonych między sobą sponami; jedna ze spon przednich służy do zaczepienia opornika *B*, do jednej z tylnych jest przymocowana podpora zamka. Do prawej ściany przymocowany jest mechanizm podniesień *C*.

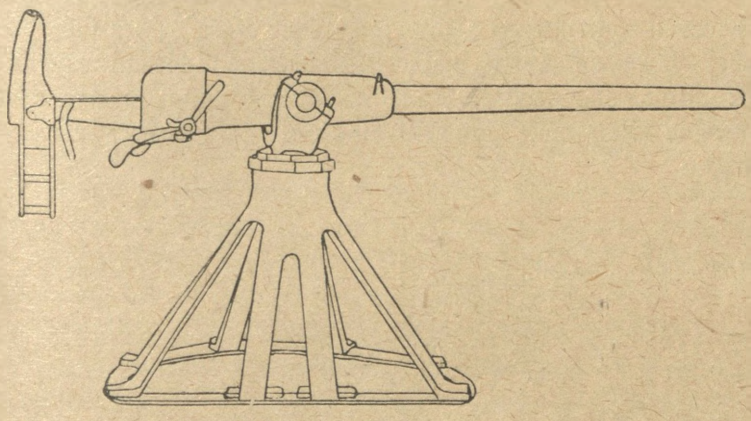


Rys. 119.

Łoże spoczywa na ramie *D* swemi płozami (podeszwami) *a* i ślizga się po jej wodzidłach. Dla zapobieżenia podskakiwaniu łoża w czelnej części i na ogonie znajdują się chwyty, które obejmują wodzidła.

W czelnej części i w ogonie łoża są umieszczone rolki. Tylne rolki *b* są mimośrodowe. Jeśli po odrzucie łoże nie natoczy się samo na miejsce, wówczas zapomocą dźwigni stawia się łoże na rolki mimośrodowe tylne i przez ten ruch łoże oprze się o rolki przednie *c* i stoczy wzdłuż ramy na miejsce.

Rama składa się z dwóch szyn podwójnych z wystającemi wodzidłami. Nachylenie ramy 4°. Szyny są połączone kilkoma sponami. Przednia spona posiada zaczepę dla sworznia *d* podstawy. W tylnej części ramy jest umieszczona rolka, w przedniej zaś części ramy dwie rolki *f*. Dla wycelowania w kierunku podnosi się dźwignią tylko rolkę tylną *e* w mimośrodowej obsadzie, wobec czego przednia część ramy opuszcza się na rolki i łatwo jest wówczas nadać kierunek — tocząc działo na rolkach. Podstawa *E* metalowa, zwężająca się ku przodowi, w postaci skrzyni

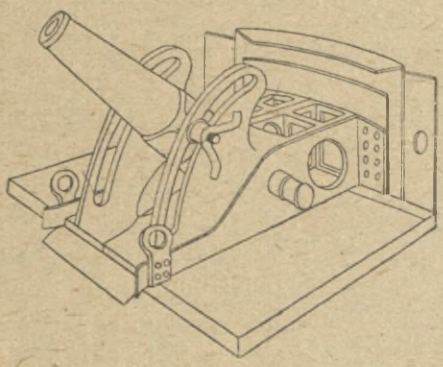


Rys. 120.

wzmocnionej sponami. W przedniej części podstawy mieści się sworzeń pionowy *d*. Dla zapewnienia należytego oparcia części przedniej i zabezpieczenia podstawy (Siła *M*) kładzie się pod podstawę w części czelnej podkład w kształcie skrzyni metalowej *F*, wzmocnionej sponami, który jest związany z podstawą zapomocą trzpienia i nitów. Do prawej szyny ramy jest przytwierdzony przyrząd pomocniczy *H* do ładowania, składający się z kolumny i ruchomego ramienia ładującego.

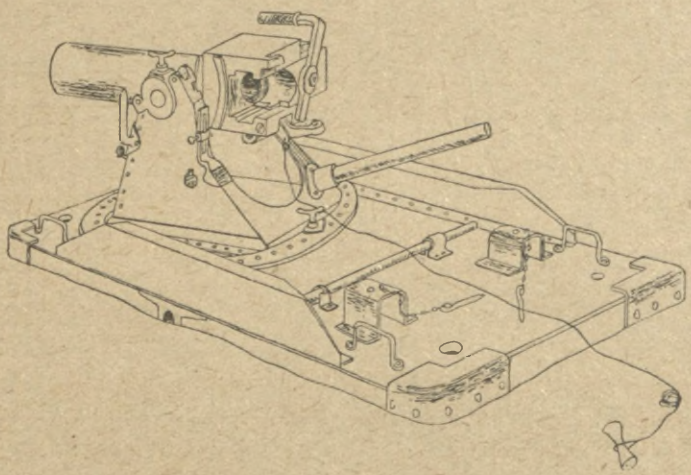
Przykład III. Przykładem łóż sztywnych nieruchomych może być *armatka szybkostrzelna 47 mm. systemu Hotchkiss'a*, (Rys. 120). Łoże stożkowe nieruchome posiada u szczytu widełki z łożyskami czopów, Mały względny ciężar pocisku w stosunku do lufy pozwala na odrzucenie opornika. Na takich łożach są umiesz-

czane małokalibrowe działa morskie i działa do obrony rowów fortecznych. Nieco odmienny typ łóż z bocznemi ścianami, sztywnych, nieruchomych, znalazł szerokie zastosowanie w artylerji okopowej. Np. 58 mm. moździerz № 2 (Rys. 121), 75 mm. moździerz wz, 1915 typ *A*. (Rys. 122).



Rys. 121

70. Łoże sprężyste z odrzutem wzdłuż osi lufy. Łożem sprężystem nazywamy łoże, w którem pewna część działa pod wpływem ciśnienia gazów prochowych odrzuca się, gdy pozostałe części pozostają nieruchome. Łoża sprężyste mają wyższość nad łożami sztywnemi przez swoją stateczność, możność zastosowania mechanicznego nadawania kierunku, szybkostrzelność i zmniejszenie zmęczenia obsługi.



Rys. 122.

Do zachowania stateczności (zapobieżenie podskakiwaniu) i zmniejszania niszczącego działania strzału na łoże służy opornik, który powoduje, że zamiast silnego i gwałtownego uderzenia przy strzale, do działa przykłada się stopniowo znacznie zmniejszona siła, nie działająca tak niszcząco na łoże. Powrót lufy na miejsce odbywa się samoczynnie zapomocą powrotnika. Dla zmniejszenia

podskakiwania obniża się oś czopów, a zwiększa długość łoża (większe ramię siły ciężkości przeciwdziałające podskakiwaniu).

Przykład I. *75 mm. armata francuska wz. 1897 roku.* Łoże składa się z dwóch ścian bocznych, połączonych ścianą górną. W części czelnej łoża przez obydwie ściany boczne przechodzi spona—pochwa osiowa; z przodu wzmacnia ją przednia ściana łoża (spona czelna). Łożyska czopów łoża umieszczone w części czelnej są wyniesione przed oś. Z lewej strony są umieszczone przyrządy celownicze, lewa pochwa osiowa, lewa tarcza oraz koło mechanizmu podniesień i mechanizmu kierunkowego z pudłami śrub transmisyjnych; z prawej strony łoża—prawa pochwa osiowa i prawa tarcza.

Średnia część łoża jest wzmocniona sponami; do jednej ze spon jest przymocowany suwak z dźwignią wahadłową hamulca pochodowego.

Do ogona są przymocowane: ruchoma zaczepa, dwa chwyty boczne i lemiesz; ogon jest wzmocniony przez sponę ogonową.

W 75 mm. dziale zespół odrzutowy składa się z lufy i tłoka opornika.

Podczas odrzutu lufa toczy się swemi rolkami po wodzidłach kołyski, czem zmniejsza się tarcie. Przednie rolki na części wylotowej lufy, tocząc się po specjalnych ścieżkach, służą do zapobieżenia przekrzywieniu się lufy podczas odrzutu.

Opornik i powrotnik są zamknięte w kołysce, która na swojej górnej powierzchni posiada wodzidła dla chwytów i rolek lufy, na powierzchniach bocznych — czopy; kołyska przez całą jej długość jest przewiercona dwoma cylindrycznemi kanałami, których osie są równoległe do wodzideł rolek.

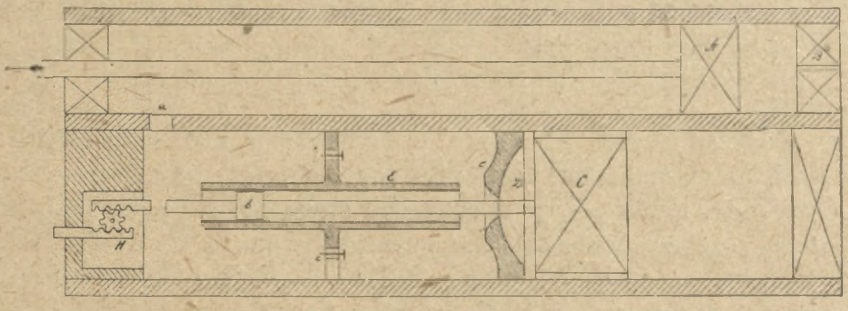
W górnym kanale porusza się tłok *A* z tłoczyskiem związanem z lufą (opornik). Przedni wylot kanału jest zamknięty korkiem *B*. Górny kanał łączy się z dolnym (Rys. 123) otworem łącznikowym *a*. W dolnym kanale (powrotnik) porusza się swobodnie tłoczysko z tłokiem *C*, który oddziela płyn od powietrza. Ruch tłoka jest ograniczony przez przegrodę *D*. Tłoczysko o przekroju zmiennym w swojej tylnej części posiada głowicę *b*, która ślizga się w środkowej rurce *E*, posiadającej wewnątrz podłużne rowki o zmiennym przekroju. Obsada rurki posiada cztery otwory *cc*, które są zamykane przez klapki na sprężynach. Bezpośrednio do przegrody ograniczającej ruch tłoka przylega pierścień *F*.

Kanały górny i dolny są napełnione płynem do przegrody, ograniczającej ruch tłoka swobodnego.

Przy strzale zespół odrzutowy odtaczając się wstecz wypycha płyn z górnego cylindra w dolny przez otwór łącznikowy. Płyn gwałtownie pchnięty do dolnego kanału naciska na klapki na obsadzie rurki, podnosi je i przechodząc przez otwór w pierścieniu pcha przegrodę i tłok naprzód, ściskając powietrze; tłok posuwając się ciągnie za sobą tłoczysko, które przechodząc przez pierścień reguluje przepływanie płynu przez otwór pierścieniowy.

Po odrzucie powietrze rozszerzając się odpycha tłok na miejsce, a z nim i płyn, który nie znajdując teraz wyjścia przez otwory zamknięte klapkami przepływa przez rowki w rurce środkowej.

W oporniku 75 mm. działa część płynu zawarta między przegrodą a pierścieniem służy jako rezerwa płynu celem zapobieżenia szybkiej jego utracie; rezerwa ta służy właściwie do oddalenia przegrody od pierścienia. Do określenia ilości płynu w oporniku jest specjalny wskaźnik *H*, który składa się z dwóch zębnic

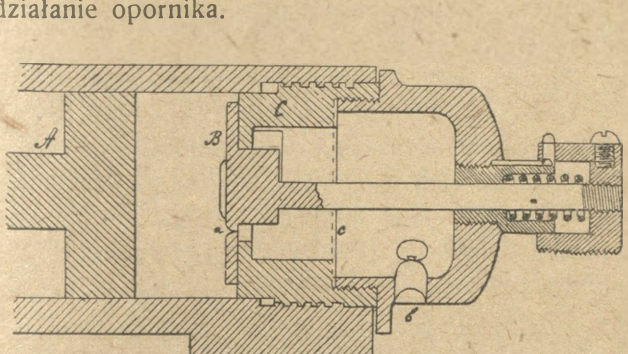


Rys. 123.

zaczepionych o kółko zębate i skierowanych w przeciwne strony. Dolna zębnica wychodzi nazewnątrz przez specjalny otwór. Jeśli płynu jest mało, wówczas przegroda znajduje się przy pierścieniu i tłoczysko, naciskając na górną zębnicę, zmusi dolną wciągnąć się do wnętrza; odwrotnie, gdy płynu jest dużo, tłoczysko nie naciska na zębnicę wyższą i ciśnienie w oporniku zmusza wskaźnik do wysunięcia się nazewnątrz.

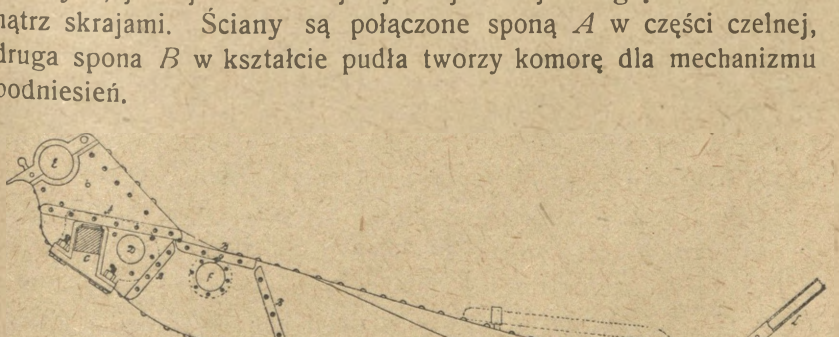
Do uregulowania powrotu zespołu odrzutowego na miejsce przy rozgrzanym oporniku podczas strzelania pod wielkiemi kątami podniesienia lub w razie niejednostajnego powrotu w dziale 75 mm. jest urządzony specjalny mechanizm—dławik wśrubowany w przedni korek górnego kanału (Rys. 124). Główka *C* dławika posiada kilka otworów, tylne otwory główki zamykają się przegrodą *B*, która zapomocą sprężynki jest zawsze przyciśnięta do ścięcia główki. Przegroda posiada kilka małych otworów *a*. Przy odrzucie, gdy

tłok cofa się, powietrze przez specjalny otwór *b* w dławiku dąży do wnętrza opornika, przechodzi przez siatkę metalową *c*, odpycha przegrodę i napełnia część opornika do tłoka *A*. Po odrzucie sprężyna znowu przyciska przegrodę do ścięcia główki; tłok opornika wracając na swoje miejsce wypycha powietrze, które przeciskając się przez małe otwory w przegrodzie zwalnia szybkość powrotu zespołu odrzutowego. Przestawiając główkę dławika odpowiednio, podług kresek, możemy dowolnie regulować jego działanie i działanie opornika.



Rys. 124.

Przykład II. *3-calowa (76,2 mm) armata rosyjska wzór 1902 roku.* Łoże składa się z czterech ścian (Rys. 125): dwóch bocznych, jednej wierzchniej i jednej dolnej z zagiętemi na zewnątrz skrajami. Ściany są połączone sponą *A* w części czelnej, druga spona *B* w kształcie pudła tworzy komorę dla mechanizmu podniesień.



Rys. 125.

W ścianach bocznych są wycięte otwory dla osi *C*, mechanizmu kierunkowego *D*, łożysk czopów *E* i mechanizmu podniesień *F*; wszystkie otwory są wzmocnione nakładkami.

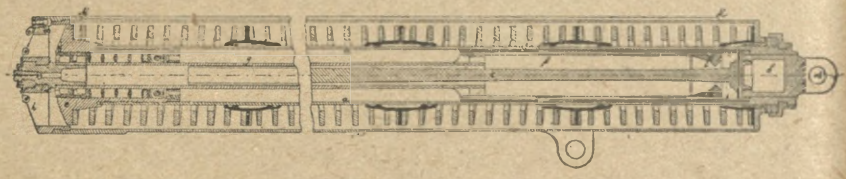
Wierzchnia ściana posiada wgłębienie *H*, w które wchodzi zespół odrzutowy przy odrzucie pod większemi kątami podniesienia.

Ogon łoża jest wzmocniony chwytami *a* zaczepy *I*, oprócz tego są tam przytwierdzone: lemiesz *K* wzmocniony podpórkami *b*, chwyty ogonowe i drążek kierowniczy *L*.

W 3-calowej armacie zespół odrzutowy stanowi lufa z cylindrem opornika i wrzecionem.

Przy odrzucie lufa ślizga się swemi chwytami po wodzidłach *MM* kołyski. Opornik i powrotnik są zamknięte w kołysce, której czopy leżą w łożyskach czopowych łoża.

Opornik (Rys. 126) składa się z cylindra *a*, zamkniętego korkiem tylnym *b*, w którego głowicę wkręcone jest wrzeciono *c*. Głowica posiada ucho *d*, które wchodzi w brodę lufy. Przedni otwór cylindra opornika jest zamknięty korkiem uszczelniającym *e*.



Rys. 126.

Wewnątrz cylindra jest tłok *f* z tłoczyskiem *g*, przechodzącem przez korek uszczelniający i umocowanem w pokrywie kołyski *h*. W tłoczysko wydrążone wchodzi wrzeciono o zmiennym przekroju. Tłok posiada osiem otworów dla przepływania płynu i pierścień regulujący przepływ. Powrotnik składa się z 6 sprężyn stalowych (3 prawych i 3 lewych), oddzielonych od siebie przegrodami. Sprężyny są nałożone na cylinder opornika między występem korka uszczelniającego a tylną ścianą kołyski.

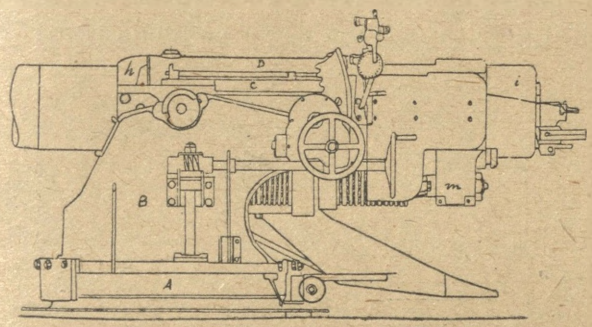
Przy strzale zespół odrzutowy odrzucając się wstecz przepycha płyn z części opornika między korkiem uszczelniającym a tłokiem do części między tłokiem a korkiem tylnym cylindra. Płyn, przechodząc przez otwory w tłoku i przez szczelinę między wrzecionem a pierścieniem regulującym, okazuje opór szybkiemu przelewaniu się i tem hamuje odrzut.

W miarę wyjścia tłoczyska z cylindra tworzy się wewnątrz cylindra próżnia, równa objętości tej części tłoczyska, która wyszła z cylindra.

W miarę odrzutu sprężyny ściskają się, po ukończeniu odrzutu następuje powrót: sprężyny cisną na występ korka uszczelniającego i sprowadzają zespół odrzutowy na miejsce. Hamuje powrót płyn, który przelewa się z tłoczyska do cylindra przez wąskie szczeliny między ścianami tłoczyska a wrzecionem. W ostatnim momencie powrotu specjalny regulator *k* powrotu nasuwa się na pierścień regulujący i wypiera płyn między tłokiem a ścianami cylindra.

Płyn przeciskając się przez nadzwyczaj wąską szczelinę między regulatorem a pierścieniem regulującym okazuje silny opór, dzięki czemu zespół odrzutowy spokojnie, bez uderzenia, dochodzi na miejsce.

Przykład III. *6-calowa armata morska syst. Canet* (Rys. 127). Łoże armaty obraca się około podstawy sworzniowej *A*,



Rys. 127.

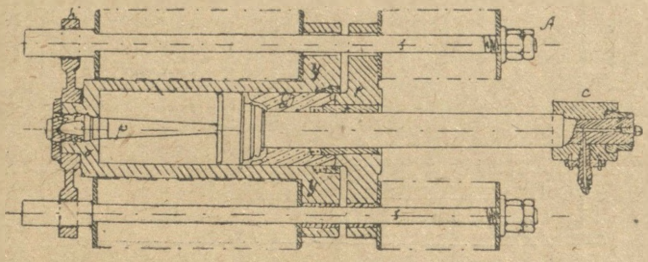
przymocowanej do pokładu; dla ułatwienia ruchu łoże spoczywa na kulach stalowych. Łoże *B* składa się z dwóch bocznych ścian, połączonych od przodu sponą przednią i od dołu sponą dolną. W sponie dolnej jest pusty czop, którym łoże nakłada się na sworzeń. Ściany boczne posiadają łożyska czopów, otwory dla umieszczenia mechanizmów i umocowania tarczy.

Rama wahadłowa *C* składa się z dwóch stalowych listew, połączonych między sobą pierścieniami *h* i *i*; po bokach rama posiada czopy leżące w łożyskach czopowych łoża. Przedni pierścień *h* ramy posiada występy, o które opierają się bufory obsady; tylny pierścień *i* posiada występ, do którego przymocowuje się tłoczysko opornika *m*.

Obsada *D* z lanej stali łączy się zapomocą zębów nieruchomo z lufą armaty; obsada stanowi jedną całość z cylindrem opornika, który leży pod nią. Na swych bokach obsada posiada wy-

stępy, któremi łączy się z górną i dolną listwą ramy wahadłowej, w swojej przedniej części cztery występy z gniazdami, w których mieszczą się bufory.

Zespół odrzutowy stanowią: lufa, obsada i cylinder opornika. Opornik (Rys. 128) składa się z cylindra *Y*, stanowiącego całość z obsadą *D*; przedni otwór cylindra zamyka się korkiem *o*, przytrzymującym wrzeciono zmiennego przekroju. Do szyjki cylindra przymocowana poprzecznica jako kierownica prętów *SS* powrotnika. Tylny otwór cylindra zamyka się ruchomem dnem, w którem jest otwór dla tłoczyska. Nieruchomy tłok z tłoczyskiem jest przymocowany do tylnego pierścienia ramy. Powrotnik składa się z dwóch kolumn sprężyn Belleville'a, nałożonych na pręty umocowane w występach cylindra opornika i poprzecznic: przedniej i tylnej. Każda kolumna sprężyn dzieli się na dwie części: przednią — między główką pręta i występem cylindra opornika, i tylną—między tylną poprzecznicą a naśrubnicą przytrzymującą.



Rys. 128.

Przy strzale działo razem z obsadą *D* i cylindrem opornika *Y* cofa się wstecz, płyn z przedniej części opornika gwałtownie przelewa się w kanał tłoczyska i w tylną część opornika; wskutek wchodzenia tłoczyska do cylindra zbyteczny płyn wypycha ruchome dno, które, cisnąc na tylną poprzecznicę, ściska tylne sprężyny powrotnika i odciąga pręty wstecz, wskutek czego ściskają się i przednie sprężyny.

Po ukończonym odrzucie pod wpływem sprężyn ruchome dno ruszy naprzód i zmusi płyn do przejścia przez tłok, do naciśnięcia na przednią ścianę cylindra opornika i do posunięcia przez to zespołu odrzutowego na miejsce.

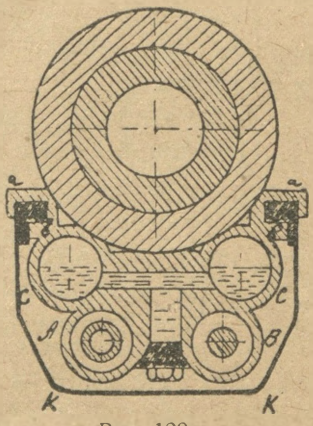
Przykład IV. *155 mm. haubica Schneider'a wz. 1917 r.* Łoże składa się z czterech ścian: dwóch bocznych, górnej i dolnej; ściany są połączone sponami.

W części czelnej łoża przez obydwie jej ściany boczne przechodzi spona — pochwa osiowa, oprócz tego część czelna jest wzmocniona przez sponę czelną z przodu łoża; na sponie tej znajduje się opora do kołyski. Łożyska czopów, umieszczone w ścianach bocznych części czelnej, wyniesione są przed oś; w ścianach bocznych części czelnej są otwory dla mechanizmu kierunkowego.

W części średniej znajduje się schowek i podstawki dla noszy pociskowych podczas ładowania i podczas pochodu.

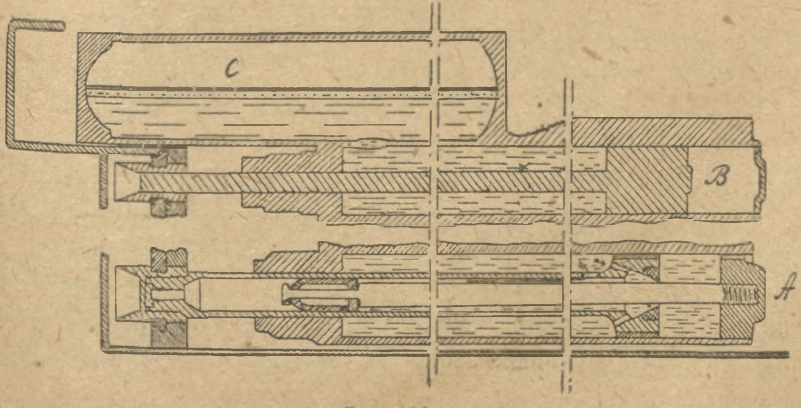
Do ogona łoża jest przymocowany stały lemiesz, lemiesz ruchomy i zaczepa. Ogon jest wzmocniony dwoma sponami: przednią i środkową. Drążek kierowniczy jest przymocowany do ogona na osi poprzecznej, wskutek czego może być dowolnie podnoszony dla wykonania przesunięcia ogona lub opuszczony w czasie marszu.

Zespół odrzutowy składa się z lufy i sanek. Sanki (Rys. 129) zawierają w sobie opornik *A*, powrotnik *B* i dwa zbiorniki *C* z gazem ścieśnionym (Rys. 130). W systemie tym zespół odrzutowy jest znacznie powiększony przez dodanie na lufie przeciwwagi celem zmniejszenia żywej siły odrzutu. (Art. 63). Przy odrzucie sanki ślizgają się swemi płozami *a* wzdłuż wodzideł *b* kołyski *K*. Do przedniej spony kołyski są przymocowane tłoczyska opornika i powrotnika.



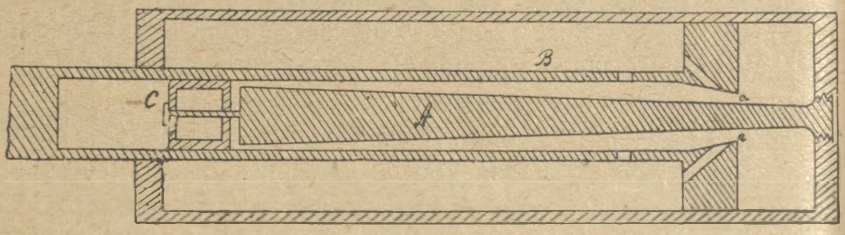
Rys. 129.

Opornik i powrotnik są zupełnie rozdzielone, opornik powrotu i opornik odrzutu są połączone w jednym cylindrze. Kołyska swemi czopami leży w łożyskach czopowych łoża.



Rys. 130.

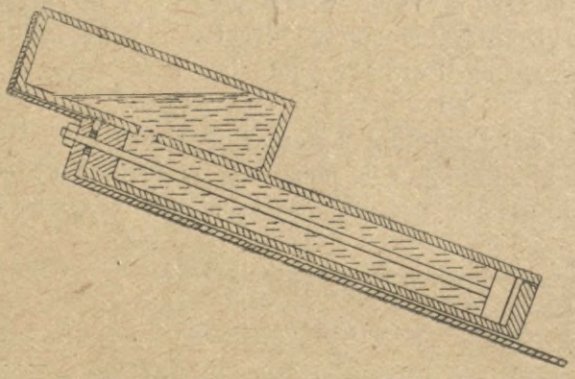
Opornik (Rys. 131) systemu wrzecionowego. Wrzeciono *A* w wydrążonem tłoczysku *B* przy odrzucie przechodzi przez otwór *a* w tłoku i wskutek zmienności swojego przekroju reguluje przepływ płynu i siłę oporu.



Rys. 131.

Jeden koniec wrzeciona jest umocowany w tylnej pokrywie opornika, drugi—posiada opornik powrotu *C*, składający się z cylindra z otworami.

Podczas odrzutu płyn przepływa przez otwory w tłoku, przez otwór regulujący i przez otwory specjalne w tłoczysku, służące do napełnienia w tłoczysku pustej przestrzeni, która tworzy się przy wyjściu wrzeciona. Przy powrocie zaczyna działać opornik powrotu, który, opierając się o wrzeciono, pozostawia wąską przestrzeń pierścieniową wokoło cylindra dla przepływania płynu, czem hamuje powrót systemu odrzutowego na miejsce.



Rys. 132.

Powrotnik (Rys. 132) działa prężnością gazu (azotu). Gaz jest zawarty w dwóch większych i jednym małym zbiorniku. W cylindrze powrotnika tłok z tłoczyskiem, przymocowanem do spony przedniej kołyski. Otwory łączące zbiorniki gazu z cylindrem opornika są umieszczone w przedniej części zbiorników.

Przy odrzucie płyn przechodzi do zbiorników pod wpływem ciśnienia tłoku, płyn ściska gaz, który po ukończonym odrzucie rozpręża się i wypiera płyn z powrotem do cylindra. Płyn cisnąc na tłok wywołuje ruch powrotny zespołu odrzutowego i sprowadza go na miejsce.

71. Łoża specjalnej konstrukcji celem zwiększenia pola ostrzału pionowego i poziomego. Celem osiągnięcia wielkiego pola ostrzału pionowego konstruktorzy byli zmuszeni zwrócić swoją uwagę na odrzut pod wielkiemi kątami podniesienia, dla osiągnięcia zaś wielkiego pola ostrzału poziomego zmienili konstrukcję łoża, dążąc do nadania łożu stateczności nie tylko w kierunku płaszczyzny środkowej, lecz i w kierunkach bocznych.

Dążenie do zwiększenia pola ostrzału pionowego i poziomego było wywołane potrzebami walki, wymagającej strzelania na dalekie odległości, ukazaniem się celów powietrznych i dążeniem do osiągnięcia większej giętkości ognia przy strzelaniu w kierunku.

Łoża dział strzelających pod wielkiemi kątami podniesienia są dwóch typów: a) łoża z otworem dla przejścia komorowej części lufy przy odrzucie (155 mm. Schneider) i b) łoża rozstawne (155 mm. armata o wielkiej donośności).

Łoża pierwszego typu są cięższe, ponieważ otwór osłabia łoże, co wymaga znacznego wzmocnienia ścian. Łoża drugiego typu są równie ciężkie jak i łoża zwykłe, lecz mają tę niezaprzeczoną wyższość, że pozwalają przy wielkich kątach podniesienia na nadawanie znacznych kątów w kierunku bez zmiany położenia całego działa.

Rozpatrzmy kilka charakterystycznych przykładów dział pod względem zastosowania ich konstrukcji do wielkiego pola ostrzału pionowego i poziomego.

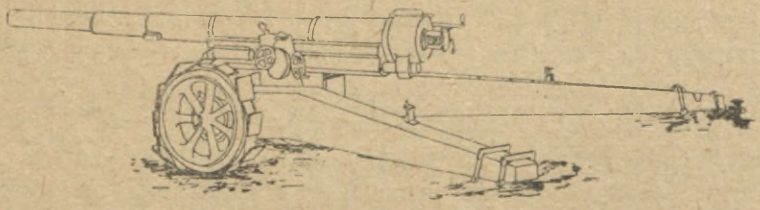
Przykład I. *65 mm. armata górska wz. 1906 r.* Ponieważ armata górska powinna strzelać pod wielkiemi kątami podniesienia, a przy przenoszeniu na jukach powinna być lżejsza, wskutek tego jest zwykle bardzo niska. Niskie położenie lufy przy strzelaniu pod wielkiemi kątami podniesienia wymaga zabezpieczenia części komorowej lufy od uderzenia o ziemię przy odrzucie. W armacie 65 mm. osiągnięto to w sposób następujący: opornik nie posiada opornika powrotu, przez co powrotnik nadaje lufie znaczną szybkość przy powrocie; to wykorzystuje się, oddając w chwili powrotu strzał, przez co żywa siła odrzutu, a więc i dłu-

gość odrzutu, zmniejsza się znacznie $\left[\frac{Q_1}{2g}\right.$ (szybkość odrzutu — szybkość powrotu)$^2\left.\right]$. Dla oddania pierwszego strzału zapomocą specjalnego przyrządu odciąga się lufę wstecz; przy całkowitym odrzucie zaskakuje samoczynnie zasuwa, która utrzymuje w tem położeniu lufę; po załadowaniu lufę uwalnia się. Lufa rzucona z siłą naprzód zaczepia po drodze kurkiem o specjalny występ na kołysce i powoduje strzał, przyczem natychmiast następuje odrzut znacznie zmniejszony przez przeciwdziałanie siły powrotnika.

Przykład II. *Przeniesienie czopów wtył.* Podobne umieszczenie czopów pozwala zmniejszyć wysokość łoża i łatwiej nadawać wielkie kąty podniesienia, lecz ponieważ oś czopów nie przechodzi przez środek ciężkości lufy i opornika, przeto nadawanie kątów jest nadzwyczaj utrudnione, wobec czego działa podobnego systemu zaopatruje się w sprężyny, które podtrzymują część wylotową równoważąc tem lufę. (Działa: 75 mm. przeciwlotnicze, 77 mm. armata wz. 1916 r., 105 mm. haubica wz. 1898, austr. haubica 10 cm. W. 14, 48 linjowa haubica wz. 1904). Zamiast sprężyn stosuje się w działach Schneider'a zwiększenie ciężaru tylnej części lufy i kołyski, umieszczając w części komorowej przeciwwagę i przedłużając kołyskę. Osiąga to cel podwójny, ponieważ, zwiększając ciężar zespołu odrzutowego, zmniejsza się długość odrzutu i ułatwia się nadawanie kątów podniesienia.

Z tych dwóch sposobów dogodniejszem jest zastosowanie sprężyn, ponieważ działo wówczas nie zwiększa swego ciężaru, lecz zepsucie sprężyn robi działo nie do użytku. Drugi sposób zwiększenia ciężaru zwiększa ciężar bezużyteczny działa, lecz jednak daje pewność działania.

Przykład III. *155 mm. armata o wielkiej donośności* (syst. Filloux). (Rys. 133). Działo to przedstawia wzór połączenia pola ostrzału pionowego i poziomego. Ponieważ dla stateczności działa przy strzelaniu pod małemi kątami podniesienia długość odrzutu powinna być większa, a pod wielkiemi kątami mniejsza, przeto

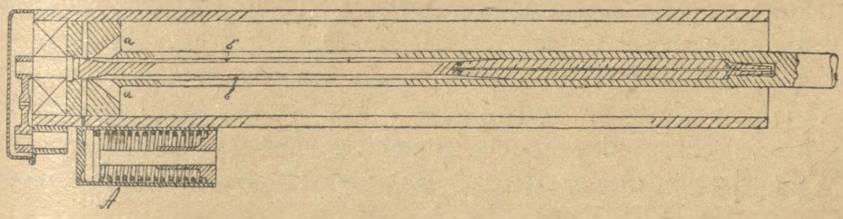


Rys. 133.

zmienność odrzutu osiągnięto przez powiększenie oporu opornika przy wielkich kątach podniesienia, t. j. przez samoczynne zmniejszenie wielkości otworów w tłoku.

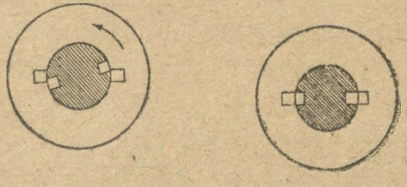
Zespół odrzutowy składa się z lufy i tłoków opornika i powrotnika. Przy odrzucie lufa ślizga się po wodzidłach kołyski. Opornik i powrotnik są rozdzielone. Opornik powrotnika jest w powrotniku.

Długość odrzutu przy kątach podniesienia od 0° do 10° — 1.80 m, przy kątach podniesienia powyżej 28° — 1,1 m.



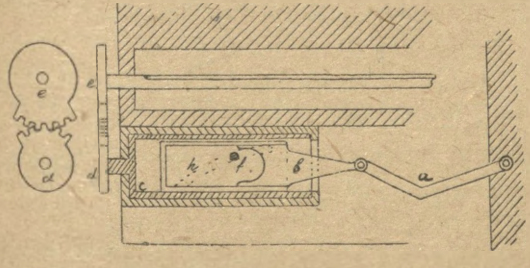
Rys. 134.

Opornik (Rys. 134) systemu wrzecionowego. Tłok opornika posiada szereg otworów *a* dla przepływania płynu. Wrzeciono posiada wyżłobione, podłużne brózdy *b* zmiennej głębokości. Przy odrzucie pod małemi kątami podniesienia opornik działa zupełnie normalnie. Przy zwiększeniu kąta podniesienia wrzeciono samoczynnie przekręca się i otwory zmniejszają się (Rys. 135), a więc zwiększa się opór opornika i zmniejsza długość odrzutu.



Rys. 135.

Obracanie wrzeciona osiąga się w następujący sposób (Rys. 136): dźwignia *a*, przymocowana do łoża, drugim końcem jest połączona z tłokiem *b*, umieszczonym w cylindrze *c* i związaną zapomocą zębnicy *d* z zębnicą *e* wrzeciona. Tłok posiada występ *f*, który ślizga się w specjalnem wyżłobieniu *h* w ścianie cylindra. Przy zmianie kątów podniesienia cylinder, ześlizgując się po występie tłoka, przekręca tem zębnicę cylindra, a ta zębnicę wrzeciona.



Rys. 136.

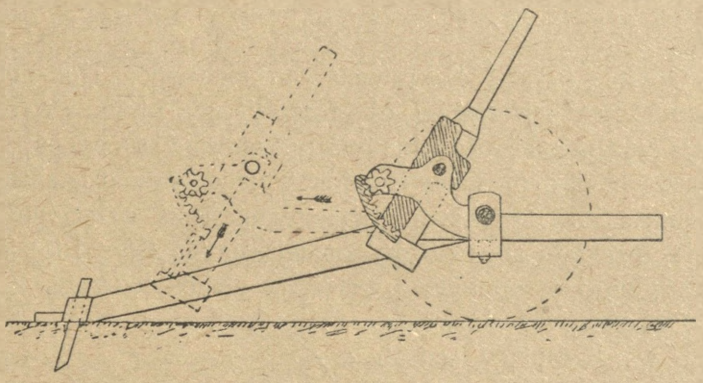
W oporniku tym jest zastosowany samo-

czynny napełniacz *A*, służący zarazem jako wskaźnik ilości płynu w oporniku (Rys. 134). Przyrząd ten zabezpiecza stałe napełnienie opornika płynem.

Powrotnik jest zwykłym powrotnikiem powietrznym.

Poziome pole ostrzału (60°) jest osiągnięte przez umieszczenie kołyski na małem łożu, które spoczywa na podstawie na łożu głównem i łączy się z łożem zapomocą sworznia na sprężynie; podstawa opiera się o łoże rozstawne, złożone z dwóch części, które możemy rozstawiać na dowolne rozwarcie w celu zwiększenia stateczności działa.

Przykład IV. *75 mm. armata systemu pułkownika Deport (armata włoska wz. 1911 r.)* (Rys. 137). Działo to służy jako przykład osiągnięcia wielkiego pola ostrzału pionowego i poziomego przy zmniejszeniu długości odrzutu przez zastosowanie odrzutu złożonego.



Rys. 137.

Dla osiągnięcia pionowego pola ostrzału umieszczono kołyskę, w której odbywa się odrzut lufy, na sankach, które mogą same odrzucać się w kierunku poziomym wzdłuż kołyski łoża. Wskutek umieszczenia lufy na oddzielnej kołysce można nadawać jej kąty podniesienia do 70° stopni.

Poziome pole ostrzału jest osiągnięte przez umieszczenie kołyski łoża na sworzniu pionowym, co pozwala na powiększenie pola ostrzału do 60°. Rozstawne łoże zabezpiecza stateczność działa. Oporniki lufy i sanek—hydrauliczne, długość odrzutu lufy 36 cm., sanek—1 m. Powrotniki sprężynowe.

W położeniu poziomem odrzut lufy osiąga 1,36 metra, przy przy zwiększaniu kąta podniesienia odrzut lufy jest zawsze 36 cm. i niema obawy, by część komorowa uderzyła o ziemię.

Obydwa oporniki samoczynnie dostosowują swoje działanie przy wszelkich kątach podniesienia.

ROZDZIAŁ VII.

Mechanizm podniesień.

72. Mechanizm podniesień. Rodzaje mechanizmów. Mechanizm podniesień służy do nadawania lufie działa potrzebnego podniesienia, wymaganego warunkami strzału.

Wobec tego mechanizm podniesień powinien:

a) nadawać kąty dokładnie,

b) posiadać ciągłość, prostotę i szybkość działania,

c) skutecznie opierać się złamaniu i samoczynnej zmianie kąta podniesienia pod wpływem sił działających na mechanizm przy strzale i wreszcie

d) mechanizm podniesień powinien być tak związany z lufą, by ta zawsze postępowała za ruchem mechanizmu.

Dokładne nadawanie kątów przez mechanizm podniesień osiąga się przez odpowiednie wyrobienie gwintów śruby o małym skoku gwintu, przez co zyskuje się możność nadawania bardzo małych zmian kąta podniesienia.

Ciągłość i prostotę działania osiąga się przez takie urządzenie mechanizmu, aby przy nadawaniu kątów podniesienia ruch śruby odbywał się równomiernie, bez przerw, i aby czynności związane z nadawaniem kąta nie wymagały żadnych dodatkowych mechanizmów pomocniczych, jak również aby dały się wykonać swobodnie zapomocą najprostszych ruchów celowniczego.

Szybkość działania osiąga się przez zastosowanie systemu połączeń koła mechanizmu ze śrubą, wskutek czego otrzymuje się większą szybkość wyśrubowywania śruby z jej obsady.

Opór śruby przeciw złamaniu osiąga się nie przez zgrubienie samej śruby, lecz a) przez zastosowanie ruchomej obsady (Art. 54) na czopach, przez co oś śruby jest zawsze prostopadła do osi lufy i składowa ciśnienia na śrubę przechodzi zawsze wzdłuż śruby, czemu ona skutecznie się opiera i b) przez zastosowanie połączenia głowicy śruby z lufą lub łożem, dzięki czemu połączenie to przyjmuje na się opór składowej ciśnienia na śrubę, dążącej do zgięcia śruby, ewentualnie złamania.

Opór mechanizmu przeciw samoczynnej zmianie kąta osiąga się przez zastosowanie specjalnego hamulca, albo przez tarcie gwintów śruby o gwinty obsady, które jest tem większe przy ciśnieniu na śrubę, im mniejszy jest skok gwintu.

Związanie mechanizmu podniesień z lufą osiąga się a) przez nadanie przewagi części komorowej działa — wówczas ta, oparta o głowicę śruby, postępuje za jej ruchem, lub b) przez związanie mechanizmu z lufą, wówczas działo jest zrównoważone na czopach i postępuje za ruchem mechanizmu, udzielającym się lufie zapomocą wiązania.

Wszystkie mechanizmy podniesień możemy podzielić na cztery grupy:

a) klinowe,
b) śrubowe pojedyńcze,
c) śrubowe podwójne i
d) łukowe.

W artylerji morskiej i w działach umieszczonych w fortecznych wieżach pancernych zastosowuje się specjalne mechanizmy hydrauliczne, elektryczne i łańcuchowe; opisywać tych mechanizmów nie będziemy, zajmiemy się specjalnie mechanizmami, używanemi w artylerji polowej.

73. Mechanizmy podniesień klinowe i śrubowe pojedyńcze. Mechanizm klinowy jest najprostszy i najstarszy z istniejących. Podkłada się drewniany klin pod lufę działa lub pod podstawę i zależnie od zagłębienia klina otrzymuje się potrzebny kąt podniesienia. W niektórych systemach pierwszych dział okopowych, używanych w ostatniej wojnie, były stosowane kliny dla nadawania podniesień.

Najprostszy mechanizm podniesień śrubowy składa się z dwóch głównych części: obsady (naśrubnicy) i śruby.

Zależnie od względnych ruchów śruby i obsady rozróżnia się mechanizmy:

a) z nieruchomą obsadą,
b) z obsadą ruchomą około osi śruby i
c) z obsadą ruchomą wzdłuż osi śruby.

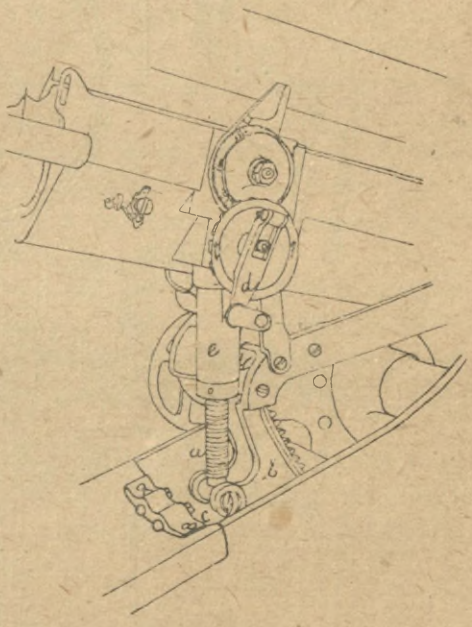
Mechanizm podniesień z nieruchomą obsadą jest najstarszym z mechanizmów śrubowych, lufa z przewagą części komorowej opiera się o głowicę śruby i postępuje za jej ruchem.

W dziale francuskiem 95 m/m wz. 1888 zrobiono obsadę ruchomą około osi śruby. Obsada, obracając się zapomocą śruby

bez końca, odśrubowuje lub wśrubowuje nieruchomą śrubę mechanizmu podniesień.

Obydwa te systemy mają jako jedyną zaletę prostotę urządzenia, przytem jednak śruby powinny być bardzo długie; nadawanie kątów z powodu małego skoku gwintu jest powolne i śruba, pozostając stale w jednym kierunku, może być zgięta lub złamana.

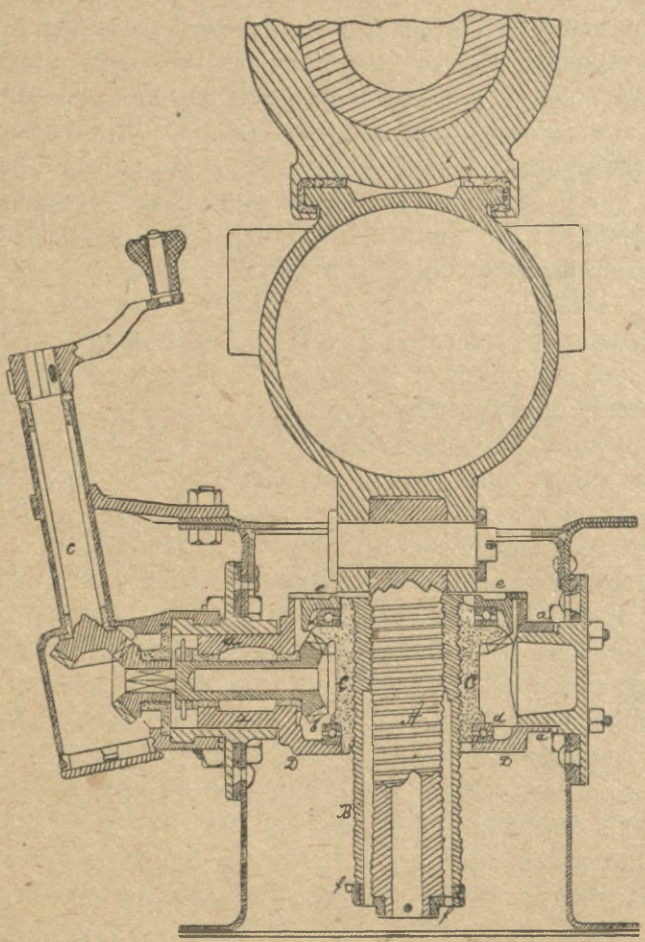
Trzeci system mechanizmu o śrubie pojedyńczej z ruchomą obsadą otrzymał większe zastosowanie — podobny system spotykamy w polowej armacie francuskiej 90 m/m wz. 1877 roku i w 75 m/m armacie francuskiej wz. 1897 r. W armacie 75 m/m śruba pojedyńcza stanowi część całego mechanizmu podniesień i służy do nadawania tylko kątów celownika. Mechanizm (Rys. 138) składa się ze śruby *a*, związanej z łukiem zębatym *b* właściwego mechanizmu podniesień (z łukiem dźwigara) zapomocą czopu *c*; drugi koniec śruby jest wśrubowany do ruchomej obsady, która łączy się zapomocą kół zębatych z korbą celownika *d*. Obsada jest zawarta w pochwie *e*, przymocowanej ruchomo do kołyski. Przy obracaniu korby celownika obsada obracając się podnosi się lub opuszcza wzdłuż nieruchomej śruby razem z pochwą — zmuszając kołyskę a z nią i lufę do postępowania za swoim ruchem.



Rys. 138.

74. Mechanizmy podniesień śrubowe podwójne. Istota urządzenia tego systemu mechanizmów polega na zastosowaniu dwóch śrub, z których jedna posiada ruch w kierunku swej osi i jest związana z kołyską jednym końcem, drugim zaś jest wśrubowana w drugą śrubę ruchomą, która ma ruch obrotowy także wzdłuż swojej osi; obydwie śruby są wśrubowane w obsadę, a ta ostatnia jest wstawiona w pudło, które swemi czopami wchodzi w boczne ściany łoża. Połączenia z kołem, wprowadzającem w ruch mechanizm, są zwykle umieszczane w pudle.

Przy obracaniu koła mechanizmu podniesień najpierw zaczyna obracać się obsada. Jeśli tarcie między obsadą a zewnętrzną śrubą jest większe od tarcia między zewnętrzną a wewnętrzną śrubą, wówczas zewnętrzna śruba zacznie zśrubowywać się z wewnętrznej i podnosić lufę i gdy zewnętrzna śruba ukończy ten ruch i unie-



Rys. 139.

ruchomi się, obsada zaczyna ześrubowywać się z tej, teraz już nieruchomej śruby, i powoduje dalsze podniesienie lufy. Jeśli tarcie między śrubami jest większe niż między zewnętrzną śrubą a obsadą, wówczas najpierw wyjdzie zewnętrzna śruba, potem wewnętrzna, czasami zależnie od zmiany tarcia śruby wychodzą naprzemian—to jedna, to druga. System podwójnej śruby skraca

znacznie długość śruby i przyspiesza czynności, ponieważ szybkość odśrubowywania równa się sumie skoku gwintów zewnętrznej i wewnętrznej śruby.

Mimo tych zalet system ten jest jednak ciężki, co wymaga zastosowania kulek dla ułatwienia obrotu obsady, i nadzwyczaj czuły na zanieczyszczenie.

Przykładem mechanizmu podniesień o podwójnej śrubie może służyć mechanizm 3-calowej (7,62 mm) rosyjskiej armaty polowej wz. 1902 r. (Rys. 139).

Mechanizm składa się z śruby wewnętrznej *A*, związanej z kołyską, śruby zewnętrznej *B*, wśrubowanej w obsadę *C*; wszystko jest zawarte w pudle *D*, które swemi czopami *aa* leży w otworach bocznych ścian łoża. Obsadę wprawia się w ruch zapomocą wałka poprzecznego z zębnicą *b* i wałka z rękojeścią *c*. Dla ułatwienia ruchu obsady spoczywa ona na pierścieniach *dd*, między któremi leżą kulki stalowe. Pokrywa pudła *e* również opiera się o obsadę za pośrednictwem kulek.

Ruchy śrub w kierunku swojej osi są ograniczone występami *ff*, umieszczonemi w dolnej części śrub. Działanie mechanizmu jest zrozumiałe z rysunku i z poprzedniego opisu ogólnego.

75. Mechanizmy podniesień łukowe. Istota urządzenia mechanizmów łukowych polega na zastosowaniu zamiast śruby łuku zębatego, wprowadzanego w ruch zapomocą zębatego koła, osadzonego na osi, prostopadłej do płaszczyzny łuku i zaopatrzonej w korbę lub koło.

W porównaniu z mechanizmami śrubowemi mechanizmy łukowe są prostsze, łatwe w użyciu i mniej czułe na zanieczyszczenie.

Istnieją trzy systemy mechanizmów łukowych, różniących się sposobem przymocowania łuku:

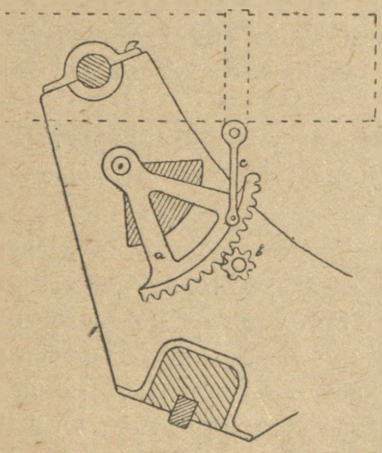
a) do łoża,

b) do lufy ewentualnie kołyski,

c) do części pośredniej między łożem a kołyską.

a) Przykładem mechanizmu o łuku przymocowanym do łoża może służyć mechanizm podniesień 120 mm. francuskiej armaty wz. 1878 r. (Rys. 140), który składa się z łuku zębatego *a*, umieszczonego w płaszczyźnie symetrji łoża i ruchomego około osi *o*, przechodzącej przez obydwie boczne ściany. Zęby łuku łączą się z zębami trybu *b* umieszczonego na osi prostopadłej do płaszczyzny łuku, przechodzącej również przez obydwie ściany i posiadającej na obydwóch końcach koła do nadawania kątów podniesienia.

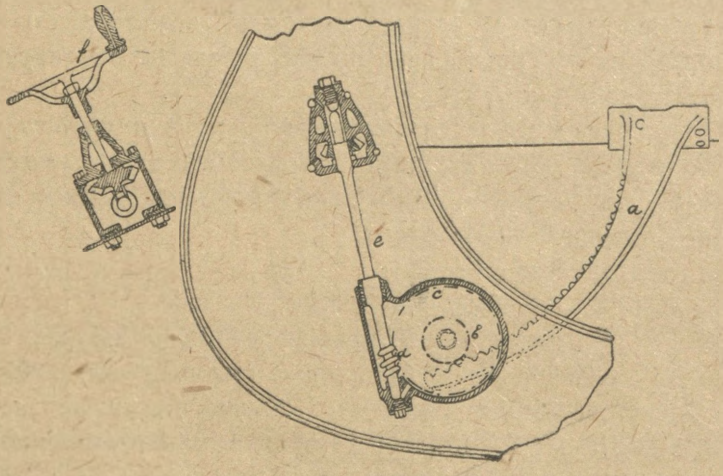
Łuk łączy się z lufą zapomocą łącznicy *c*, osadzonej na łuku i lufie ruchomo. Dla zabezpieczenia się od samoczynnej zmiany kąta podniesienia umieszczony jest z lewej strony łoża hamulec mechanizmu, składający się ze śruby, która naciska na metalową płytkę na łożu, czem unieruchamia mechanizm.



Rys. 140

b) Mechanizm podniesień 105 mm. armaty francuskiej wz. 1913 r. — przykład mechanizmu o łuku przytwierdzonym do kołyski (Rys. 141).

Mechanizm składa się z dwóch łuków zębatych *a*, których środek jest na osi czopów; na osi, przechodzącej przez boczne ściany łoża, są umieszczone dwa koła zębate *b*, zczepiające się z zębami łuków; na lewym końcu osi jest osadzona ślimacznica *c*, zczepiająca się ze ślimakiem *d*, osadzonym na pionowym wale *e*. Koło *f* z rączką, osadzone na wale, wprowadza w ruch mechanizm zapomocą połączeń trybowych.



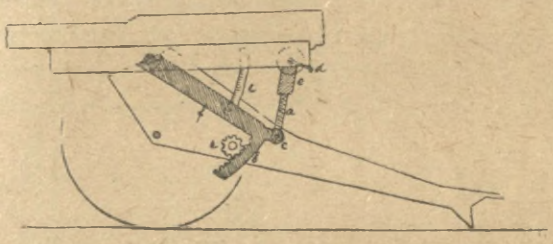
Rys. 141.

W niektórych działach łuki zębate są przymocowane do czopów, n. p. w 220 mm i 280 mm moździerzu Schneider'a.

c) Mechanizm podniesień 75 mm. armaty francuskiej wz. 1897 r., przykład zastosowania łuków zębatych, związanych pośrednio z łożem i kołyską (Rys. 142 i 138). Koło podniesień zapomocą połączeń trybowych udziela ruchu poziomej osi przechodzącej przez obydwie boczne ściany łoża; na osi znajduje się koło zębate *h* zaczepiające o zębaty łuk *b*, połączony z dźwigarem *f*, który składa się z dwóch ramion, przymocowanych z jednej strony do łuku, z drugiej zakończonych półczopami, w których leżą czopy kołyski.

Przez związanie pośrednie łuku z lufą osiąga się możność niezależnego nadawania kątów celownika (*i* — celownik) i kątów położenia.

76. Niezależna linja przezierania (celowania). Istota niezależnej linji celowania polega na zupełnem uniezależnieniu linji celowania od kątów celownika, t. j. że skierowanie działa



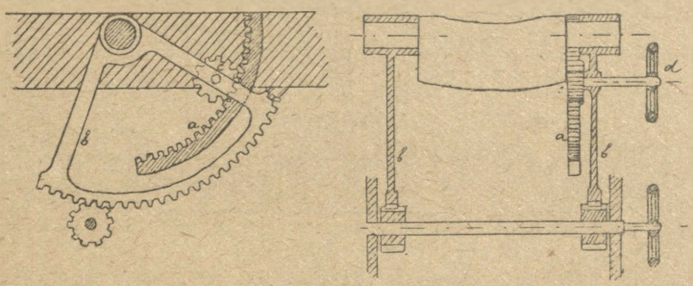
Rys. 142.

i nadanie kąta celownika można wykonać jednocześnie, niezależnie jedno od drugiego. Podobne urządzenie przyrządów celowniczych ułatwia czynności celowniczego i znacznie zwiększa szybkostrzelność.

75 mm. armata francuska wz. 1897 r. posiada niezależną linję celowania (określając inaczej, niezależny celownik-hausse independante). Oddzielenie kątomierza i poziomnicy od celownika jest osiągnięte przez wprowadzenie między łoże a kołyskę pośredniej części—dźwigara, do którego są przymocowane łuki mechanizmu podniesień celownika. Kątomierz jest połączony z dźwigarem; kąt położenia nadaje się tylko dźwigarowi, a więc połączone za pośrednictwem śruby celownika kołyska i lufa równocześnie otrzymują nadany kąt położenia. Nadając zatem kąt celownika kołysce i lufie, otrzymujemy nastawienie lufy na potrzebny kąt podniesienia, który stanowi sumę kątów celownika i położenia—nadanych jednocześnie. Niezależny celownik był zupełnie zadawa-

lajacy dla średnich odległości strzelania; ze zwiększeniem odległości trzeba się było liczyć z uzupełniającą poprawką kąta położenia, która osiąga czasami wielkość kilku stopni i jest funkcją kąta celownika, wobec czego kąt położenia i kąt celownika nie mogą być nadawane niezależnie jeden od drugiego. W najnowszych systemach niezależnej linji celowania niema, ponieważ przez wprowadzenie jej nie zyskuje się na czasie i nie unika się korzystania z tabel strzelniczych przy obliczeniu kąta podniesienia. Dla zaradzenia temu w niektórych działach, przeważnie niemieckich, są dodane specjalne dodatkowe poziomnice przy przyrządach celowniczych. Ostateczne rozwiązanie tego tak ważnego dla artylerji problemu jeszcze nie nastąpiło.

77. Mechanizm do szybkich podniesień. W wielkich kalibrach, gdzie ładowanie działa wymaga pewnego stałego położenia lufy, zwanego pozycją ładowania, ze względu na ciężar pocisku trzeba mieć pewien mechanizm, któryby szybko sprowadzał działo do



Rys. 143.

tego położenia i również szybko nadawał potrzebny kąt podniesienia załadowanemu działu. Użycie zwykłego mechanizmu podniesień byłoby zbyt długie i znacznie zwolniłoby tempo strzelania. Jako wzór podajemy system mechanizmu moździerza 280 mm. Schneider'a. (Rys. 143).

Mechanizm składa się z łuku zębatego *a*, umieszczonego między łukami *b* mechanizmu podniesień (przymocowanemi do czopów kołyski) i przymocowanego z prawej strony kołyski. Z łukiem zczepia się zębate koło *c*, na osi którego znajduje się koło podniesień *d*, które służy do szybkiego nadawania lufie położenia ładowania. Kołyska jest związana zasuwką z łukami mechanizmu podniesień. Działając na koło szybkich podniesień, odczepia się kołyskę od łuków i ustawia lufę w położeniu ładowania; działając na nie w kierunku odwrotnym, sprowadza się działo do położenia poprzedniego, gdzie samoczynnie zczepia się ono z łukami zapomocą zasuwki.

ROZDZIAŁ VIII.

Mechanizm kierunkowy.

78. Mechanizm kierunkowy. Rodzaje mechanizmów. Mechanizm kierunkowy służy do nadawania działu potrzebnego kierunku, wymaganego warunkami strzału.

Do nadawania kierunku zgrubsza służą drążki kierunkowe, ewentualnie chwyty ogona, zapomocą których przesuwa się ogon i ogólnie nadaje się działu potrzebny kierunek; drobne poprawki kierunku uskutecznia się zapomocą mechanizmu kierunkowego.

Zadania stawiane urządzeniu mechanizmu kierunkowego są te same co i dla mechanizmu podniesień, t. j. mechanizm kierunkowy powinien:

a) działać dokładnie, t. j. by można było nadawać kąty z dokładnością do 1 tysięcznej,

b) posiadać ciągłość, prostotę i szybkość działania, t. j. możność szybkiego nadawania kątów ruchem równomiernym i bez przerw przy prostem urządzeniu mechanizmu, i powinien wreszcie

c) być tak związany z łożem, by to zawsze postępowało za ruchem mechanizmu.

Wszystkie mechanizmy kierunkowe możemy podzielić na trzy grupy:

a) mechanizmy z obrotem lufy około sworznia,

b) mechanizmy przesuwające łoże wzdłuż osi kół i

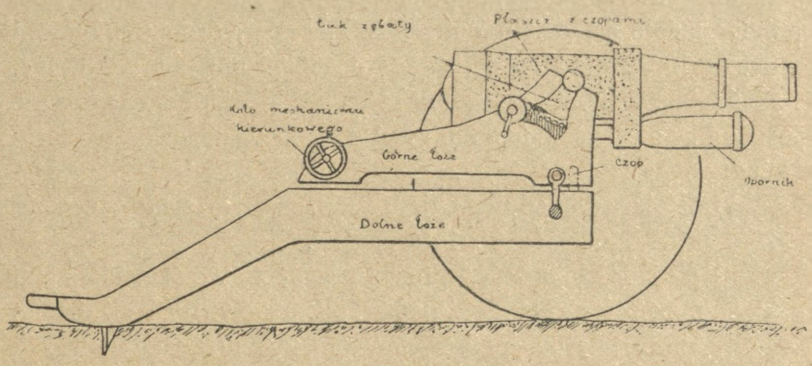
c) mechanizmy z obrotem lufy około sworznia w łożach rozstawnych.

Łoża sztywne przeważnie mechanizmu kierunkowego nie posiadały, ponieważ, stanowiąc z lufą jedną całość, po odrzucie musiały być wycelowywane na nowo, przyczem żadnych małych zmian kierunku nie można było nadawać.

Działom najcięższym, umieszczonym na torach kolejowych, o łożach sztywnych nadaje się kierunek przez przesunięcie całego działa wzdłuż łuków kolejowych.

79. Mechanizm kierunkowy z obrotem lufy około sworznia. Istota urządzenia tego rodzaju mechanizmów polega na umieszczeniu lufy działa, ewentualnie kołyski, na małem łożu górnem, spoczywającem na właściwem łożu dolnem. Zmiany kierunku nadaje się łożu górnemu, które obraca się około sworznia pionowego dolnego łoża. Mechanizmy tego rodzaju mogą posiadać sworzeń przedni lub tylny.

Przykład I. *Mechanizm kierunkowy ze sworzniem przednim 120 mm. haubicy francuskiej wz. 1890 r.* (Rys. 144). Łoże składa się z dolnego łoża, na którem spoczywa górne łoże, obracające się na sworzniu pionowym. Górne łoże wzmocnione sponami posiada łożyska dla czopów kołyski, w której odrzuca się po strzale lufa z tłoczyskiem opornika, zaczepę dla sworznia dolnego łoża i mechanizm kierunkowy w tylnej swojej części.



Rys. 144.

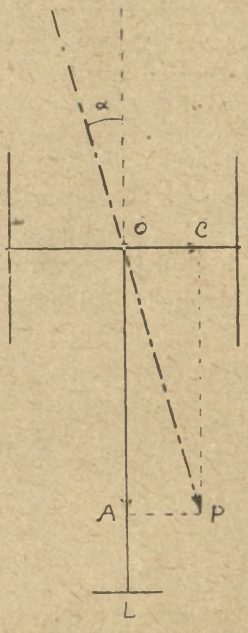
Mechanizm kierunkowy składa się z osi poziomej ze ślimakiem, przechodzącym przez boczne ściany górnego łoża i zakończonym dwoma kołami kierunkowemi; ślimak zaczepia o wał pionowy, posiadający koło zębate, które zaczepia o zębnicę łukową, przytwierdzoną do dolnego łoża.

Działając na koła kierunkowe, wprowadzamy w ruch wał pionowy, który swojem kołem zębatem przesuwa się wzdłuż zębnicy, ciągnąc za sobą tylną część łoża, gdy przednia obraca się około sworznia.

Mechanizm prosty, zabezpieczający całość i szybkość działania, teoretycznie zapewnia wielkie pole ostrzału. W rzeczywistości pole ostrzału jest ograniczone, ponieważ górne łoże, wychodząc z płaszczyzny symetrji dolnego łoża, narusza stateczność działa przy strzale, a więc trzeba działo każdorazowo na nowo

wycelować; celem uniknięcia tego ogranicza się do zmiany kąta w granicach $2^0 - 3^0$ zamiast 10^0 teoretycznych.

Przypuśćmy (Rys. 145), że nadaliśmy górnemu łożu kąt kierunku względem płaszczyzny symetrji dolnego łoża. Przy strzale, siła ciśnienia gazów prochowych OP da składową OC, skierowaną wzdłuż osi działa i dążącą do przesunięcia łoża około stałego punktu oparcia lemiesza L. Wielkość $OC = OP\,Sin\,\alpha$ jest proporcjonalna do α, ze zwiększeniem α wzrasta OC, a więc należy dążyć, by siła ta była możliwie mała.

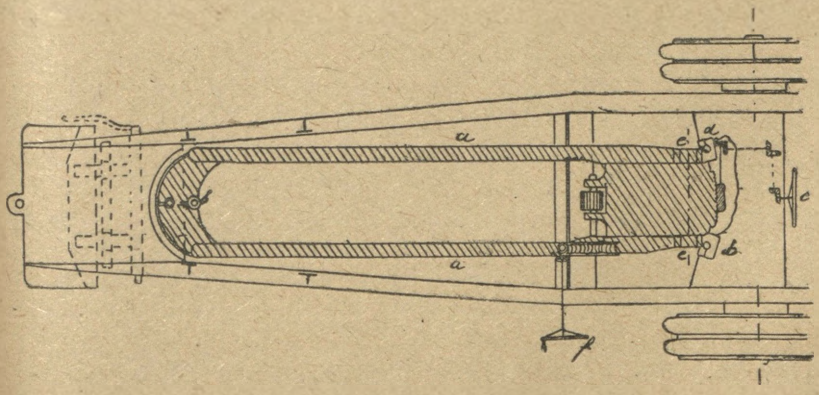


Rys. 145.

Przy $\alpha = 1^0$, $OC = 2500$ kg.,
przy $\alpha = 5^0$, $OC = 12420$ „
przy $\alpha = 10^0$, $OC = 24750$ „
przy ciężarze całego systemu 1475 „

Analogiczne mechanizmy kierunkowe spotykamy w 155 mm. haubicy francuskiej wz. 1890 r., w armacie polowej austrjackiej 7,65 mm. wz. 1905—08 i niemieckiej armacie polowej wz. 1896 r.

Przykład II. *Mechanizm kierunkowy ze sworzniem tylnym 145 mm. armaty francuskiej wz. 1916 r.* (Rys. 146). Kołyska swemi czopami leży w łożyskach $e'e$, dźwigara a, który porusza się około czopa pionowego b, położonego w pobliżu lemiesza. Koło kierunkowe c znajduje się w czelnej części łoża i zapomocą połączeń trybowych zaczepia ślimakiem o nieruchomą zębnicę dźwigara (f — koło mechanizmu podniesień).



Rys. 146.

Dla ułatwienia ruchu czelna część dźwigara spoczywa na rolkach *d*, które toczą się po specjalnej ścieżce na łożu.

W porównaniu z poprzednim rodzajem ten mechanizm kierunkowy ma tę wyższość, że płaszczyzna pionowa, przechodząca przez oś lufy, przechodzi zawsze przez stały punkt oparcia lemiesza, czem zabezpiecza się stateczność łoża przy zmianie kąta kierunku względem płaszczyzny symetrji łoża. Pod tym względem mechanizm ten zbliża się do mechanizmów kierunkowych z przesunięciem wzdłuż osi.

80. Mechanizmy kierunkowe przesuwające łoże wzdłuż osi kół. Istota urządzenia tego rodzaju mechanizmów polega na związaniu łoża, swobodnie poruszającego się wzdłuż osi, ze śrubą poziomą związaną również z osią.

Mechanizm taki gwarantuje zupełnie stateczność działa, ponieważ płaszczyzna odrzutu przechodzi zawsze przez punkt oparcia lemiesza o ziemię.

Rzeczywiście, przesuwając łoże wzdłuż osi i obracając je koło punktu oparcia lemiesza o ziemię, zmuszamy koło, do którego zbliża się łoże, do przetaczania się wtył, a koło—od którego łoże oddala się — do przetaczania wprzód. Jeśli zaś lemiesz nie jest zagłębiony w ziemię, wówczas łoże przesuwa się równolegle do samego siebie. Przy zbyt silnem zagłębieniu lub przy zbyt szerokim lemieszu przesunięcie wzdłuż łoża jest bardzo utrudnione.

Przy wszystkich zaletach ten rodzaj mechanizmu posiada mniejsze, w porównaniu z innemi, pole ostrzału.

Jeśli nazwiemy długość osi l, szerokość łoża a, długość łoża R, wówczas kąt α, na który możemy przesunąć łoże, będzie:

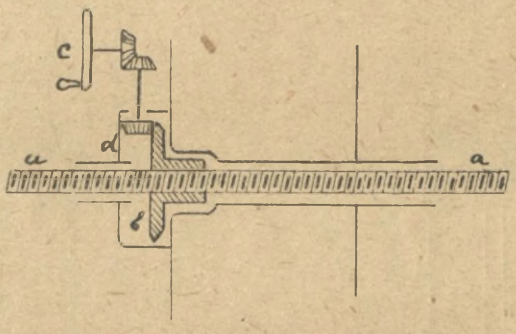
$$tg\,\alpha = \frac{l-a}{R} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (82)$$

Widzimy więc z tego, że powinniśmy zwiększać licznik, t. j. $l-a$, ponieważ R zmniejszyć nie możemy (Art. 52) bez naruszenia stateczności działa. Zwiększyć l—długość osi znaczy zmniejszyć ruchliwość działa; zmniejszając a, zwiększamy ciśnienie na oś, czem możemy wywołać jej skrzywienie. Godząc wszystkie te przeciwieństwa możemy osiągnąć tylko kąt 5^0—6^0 (około 100 tysięcznych).

Przykład I. *Mechanizm kierunkowy 75 mm. armaty francuskiej wz. 1897 r.* (Rys. 147) z przesuwaniem działa po osi. Oś *a* w średniej swojej części jest nagwintowana, na gwint ten

wkręcona naśrubnica z obwodem nazębionym *b*, która zapomocą połączeń trybowych łączy się z kołem kierunkowem *c*. Naśrubnica, oś i połączenia trybowe są zamknięte w sponie—pochwie osiowej, przedłużonej z zewnętrznej strony łoża dodatkowemi pochwami osiowemi. Górna część połączeń trybowych jest również zakryta pochwą kulistą *d*. Wskutek tak szczelnego zamknięcia unika się bezwzględnie najmniejszego zanieczyszczenia mechanizmu.

Działanie mechanizmu jest nadzwyczaj proste: obracając koło kierunkowe, obracamy naśrubnicę, która—nakręcając się lub skręcając z osi, ciągnie za sobą łoże. Dla uniknięcia obracania się osi przy większem tarciu między naśrubnicą a osią jest wyżłobiona wzdłuż osi ścieżka, w której ślizga się specjalny występ łoża, uniemożliwiający samoczynne obracanie się osi.



Rys. 147.

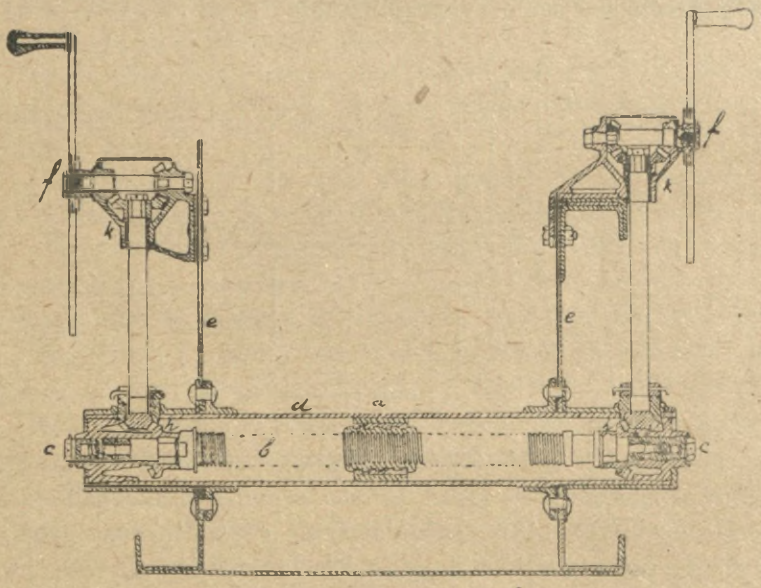
Przykład II. *Mechanizm kierunkowy 155 mm. haubicy francuskiej model 1917 r. Syst. Schneider'a z przesuwaniem działa wzdłuż osi.* (Rys. 148). Dla ułatwienia czynności łoże spoczywa na osi za pośrednictwem dwóch rolek, umieszczonych w pochwach na zewnątrz łoża. Osi rolek osadzone są w strzemionach, na pręty których są nałożone sprężyny Belleville'a; na sprężynach leży krążek oporowy, na nim za pośrednictwem nakrętek opiera się łoże; przy strzale sprężyny zostają ściśnięte (siła *M*) i łoże opiera się o oś łożyskami spony—pochwy osiowej. (Podobne rolki zastosowane są w wielu systemach dział ciężkich celem ułatwienia czynności przy nadawaniu kierunku).

Na środku osi znajduje się obsada *a*, przez którą przechodzi śruba kierunkowa *b*, której obydwa końce opierają się o wkładki kuliste, dające regulować swoje położenie zapomocą specjalnych śrub *c*, wkręconych w boczne ściany pudła. Pudło *d* śruby mechanizmu kierunkowego jest przytwierdzone do ścian łoża *e*, *e*

i przylega do spony — pochwy osiowej i do obsady śruby, która dla zmniejszenia tarcia posiada na powierzchni stycznej bronzową wkładkę.

Na obydwóch końcach śruby kierunkowej są osadzone koła zębate *h*, zczepione zapomocą połączeń trybowych *k* z kołami kierunkowemi *ff*, umieszczonemi z obu stron łoża. Na osi znajduje się podziałka kierunkowa w tysięcznych, po 50 tysięcznych w każdą stronę.

Działanie mechanizmu: obracając koła kierunkowe, obracamy śrubę mechanizmu kierunkowego, wskutek czego wyśrubowując się z obsady ciągnie ona za sobą łoże.

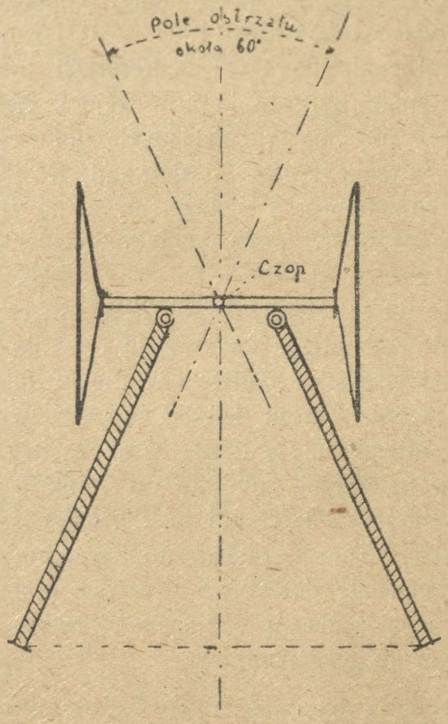


Rys. 148.

81. Mechanizm kierunkowy z obrotem lufy około sworznia w łożach rozstawnych. Mechanizm kierunkowy tego rodzaju jest zupełnie analogiczny do mechanizmu kierunkowego przy obrocie lufy około sworznia. Ponieważ jednak jest tu zastosowane rozstawne łoże, przez to możemy nadawać kąty kierunku w znacznie większych granicach, nie przekraczając jednak kąta między płaszczyzną symetrji działa a linją łączącą sworzeń z punktem oporu lemiesza. (Rys. 149). Łoża rozstawne rozwiązują jednocześnie zagadnienie wielkiego pola ostrzału poziomego i pionowego.

Wynalazcą łoża rozstawnego jest pułkownik Deport. Łoża tego typu posiadają: włoska armata 75 mm. wz. 1912 r. systemu Deport i 155 mm. armata francuska o wielkiej donośności systemu pułkownika Filloux.

Porównując wszystkie systemy mechanizmów kierunkowych, widzimy, że mechanizmy ze sworzniami przy łożu zwykłem nie są wcale zadawalające i dogodne; mechanizmy przesuwające łoże wzdłuż osi są dogodne i zupełnie zadawalające przy łożu zwykłem, lecz wymagają zabezpieczenia przed zanieczyszczeniem; małe



Rys. 149.

zanieczyszczenie powoduje zupełne zatrzymanie działania mechanizmu (rosyjska 3 cal. armata polowa); wreszcie mechanizm ze sworzniem przy rozstawnem łożu jest właściwie tym, który powinniem być zastosowany w artylerji polowej: przy zapewnieniu wielkiego kąta podniesienia i kierunku łoże nie jest cięższe od zwykłego. Zarzut zbyt przewlekłego ustawiania działa na stanowisku z powodu konieczności otwarcia łoża i zagłębienia lemieszy w porównaniu z tak znacznemi stronami dodatniemi tego rodzaju łoża wcale nie jest uzasadniony.

ROZDZIAŁ IX.

Części dodatkowe łoża.

82. Tarcza. Skuteczność ognia artylerji szybkostrzelnej podczas wojny rosyjsko-japońskiej (1904 — 05) zmusiła obu przeciwników do wprowadzenia tarcz ochronnych dla obsługi dział.

Pierwsze tarcze były to improwizacje z materjału podręcznego: Japończycy używali krat żelaznych, pokrytych płytami metalowemi, lub grubemi, dębowemi deskami, Rosjanie układali na siedzeniach przednich worki z piaskiem, a po bokach ustawiali jaszcze w ten sposób, by możliwie jaknajwięcej zakryć obsługę przy dziale.

Obawa, że tarcze znacznie obciążą sprzęt ustąpiła przed stwierdzonemi dowodami na ich korzyść i wkrótce po wojnie rosyjsko-japońskiej wszystkie państwa wprowadzają tarcze do dział i opancerzają jaszcze. Tarcza działowa przedstawia cienką blachę ze stali twardej lub chromo-niklowej grubości 3,5 do 5 mm. Przy tej grubości tarcza chroni zupełnie od lotek szrapnelowych na wszystkich odległościach i od kul karabinowych na odległościach powyżej 200 metr. Tarcze, zależnie od systemu działa, są pojedyncze—z jednej blachy, podwójne—z dwóch blach i t. p. Jaszcze dla mniejszego obciążenia są opancerzone tylko od strony, którą bywają zwrócone ku przeciwnikowi.

83. Przyrządy pomocnicze do ładowania dział. Znaczny ciężar pocisków dział średniego i wielkiego kalibru zmusił do zastosowania przyrządów pomocniczych przy ładowaniu, a mianowicie dla podnoszenia, wprowadzania pocisku do komory i dopychania go na miejsce. Oprócz ułatwienia czynności przy ładowaniu przyrządy mają na celu zabezpieczenie gwintów łożyska zamkowego od uszkodzenia przez uderzenie o nie ciężkiego pocisku.

Poniżej przedstawimy kilka takich przyrządów najbardziej charakterystycznych.

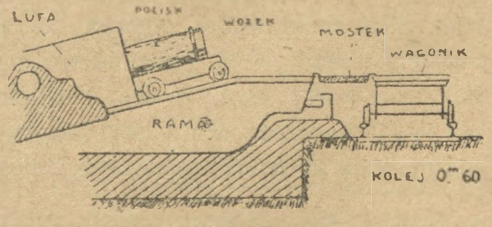
Przykład I. W działach starszego typu 1890 — 1900 r. do podnoszenia pocisków i ładowania przeważnie były używane żó-

rawie, do których zapomocą bloku były dowieszone nosze pociskowe, wchodzące z pociskiem w łożysko zamka, poczem dopychano pocisk na miejsce zapomocą stempla, lub ręki. Na rys. 119 jest przedstawiony przyrząd do ładowania, składający się z kolumny, na której górnem ścięciu ślizga się koło osi pionowej przy pomocy kółka ramię z widełkami dla noszy pociskowych. Pocisk na noszach kładzie się na widełki i obraca się ramię w stronę otworu komorowego działa; podczas obracania ramienia kółko jego, wbiegając na pochylnię górnego ścięcia kolumny podnosi nosze do wysokości otworu komorowego. Gdy nosze pociskowe wejdą w łożysko zamka, dopycha się pocisk na miejsce zapomocą stempla.

Przykład II. *Nosze pociskowe 155 mm. haubicy wz. 1917 Schneider.* Nosze pociskowe są z blachy wygiętej w kształcie żłobka. W tylnej części pocisku wzdłuż żłobka są przytwierdzone wodzidła bronzowe. Na spodzie przedniej części noszy — pięta, która podczas ładowania służy do oparcia o gładki wycinek łożyska zamkowego. Na spodzie tylnej części noszy są dwie nóżki, któremi opierają się nosze o podstawki na górnej części kołyski. Po bokach noszy są dwie rączki. Nosze z pociskiem wstawia się częścią przednią do łożyska zamka, tylną opiera się o kołyskę. Pocisk dopycha się na miejsce zapomocą stempla.

Nosze pociskowe haubicy Schneidera wz. 1915 r. są urządzone analogicznie, z tą tylko różnicą, że obracają się około osi pionowej, przytwierdzonej do kołyski. Obracając nosze około osi, ustawia się je w położeniu do ładowania. Po załadowaniu działa obraca się je na lewą stronę kołyski, na zewnątrz od drogi odrzutu lufy. W swoich skrajnych położeniach nosze utrzymują się zapomocą zasuwek sprężynowych.

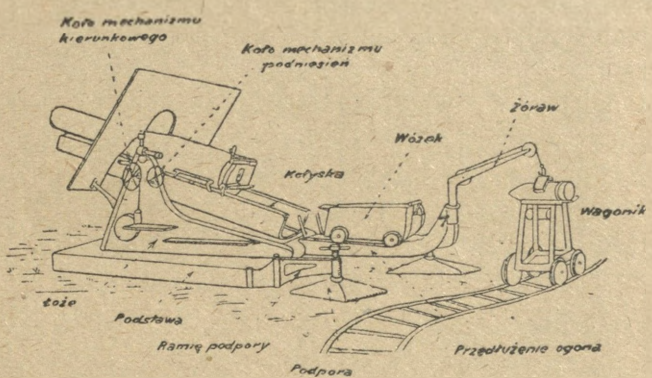
Przykład III. *Przyrząd do ładowania 370 mm. moździerza Filloux.* (Rys. 150). Pocisk kładzie się zapomocą żórawia na wózek czterokołowy z rozstawieniem kół równem rozstawieniu wodzideł ramy, które służą jako szyny. Wózek z pociskiem podwozi się na wagoniku kolei 0.60 m; między wagonikiem a ramą kładzie się mostek z szynami i popycha wózek po szynach. Wózek pod wpływem siły bezwładności stacza się ku lufie, uderza o nią, po-



Rys. 150.

cisk wówczas ześlizguje się z wózka i sam dostaje się na miejsce bez dopychania zapomocą stempla. Do ładowania nadaje się lufie nachylenie — 6^0 — jednakowe z nachyleniem wodzideł ramy.

Przykład IV. *Przyrząd do ładowania 280 mm. moździerza Schneider'a* (Rys. 151). Pocisk układa się na specjalnym wagoniku kolei 60 cm, na którym podwozi się pocisk do działa. Specjalny żóraw, umieszczony w przedłużeniu ogona łoża, chwyta pocisk z wagoniku i przenosi go na wózek. Wózek czterokołowy toczy się po szynach przedłużenia ogona. W przedniej części przedłużenia końce szyn są zwykle podniesione. Wózek toczy się zrazu przez pchnięcie go po szynach przedłużenia; potem, pod ciężarem wózka obniżają się podniesione końce szyn i tworzą całość z szynami na dnie kołyski; wózek—tocząc się dalej—dochodzi do ścięcia komorowego, gdzie zatrzymuje go zasuwka.



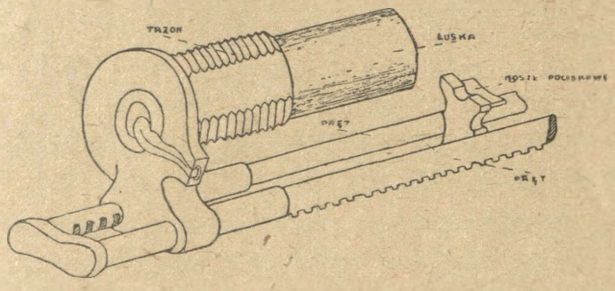
Rys. 151.

Wprowadzenie pocisku w lufę odbywa się zapomocą specjalnego stempla z łańcuchem systemu Gall'a, wyginającego się w jednym tylko kierunku. Stempel wprawia się w ruch zapomocą dwóch korb. Po załadowaniu odsuwa się zasuwkę i wózek własnym ciężarem stacza się na przedłużenie ogona łoża, podnosząc automatycznie końce szyn. W celu ładowania ustawia się lufę pod kątem + 10^0, poczem wraca ona samoczynnie do poprzedniego kąta podniesienia za naciśnięciem specjalnego pedału.

84. Samoczynne przyrządy do ładowania dział.

Przykład I. *Samoczynny przyrząd do ładowania 155 mm. haubicy francuskiej wz. 1904* (Rys. 152). Zamek haubicy jest samoczynny — otwiera się i wychodzi z łożyska przy odrzucie.

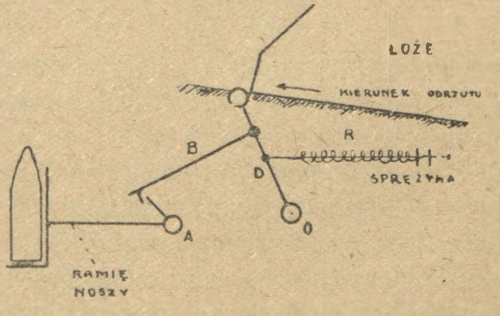
Powrót odbywa się zapomocą sprężyn, związanych z prętami ramy zamka, który może ślizgać się na pewną ograniczoną odległość wzdłuż prętów. Pocisk kładzie się na nosze pociskowe, przytwierdzone do prętów ramy zamka; łuska umieszczona jest na przedniem ścięciu trzona w specjalnem gnieździe. Przy zamykaniu



Rys. 152.

zamka łuska wchodzi na pocisk i popycha go naprzód aż do oparcia się pierścienia wiodącego o stożek przejściowy. Nosze pociskowe wchodzą w gniazdo w łożysku zamka.

Przykład II. *Samoczynny przyrząd do ładowania 270 mm. moździerza francuskiego* (Rys. 153). Nosze pociskowe mogą się obracać zapomocą ramienia koło osi poziomej *A*. Po strzale łoże odrzuca się wzdłuż ramy i odciąga wstecz dźwignię *D*, obracając ją koło osi *O*. Pręt *B*, przytwierdzony do dźwigni, zczepia się przytem swoim występem z dźwignią ramienia noszy. Jednocześnie z tem napina się sprężyna *R*, związana z dźwignią *D*. Cały



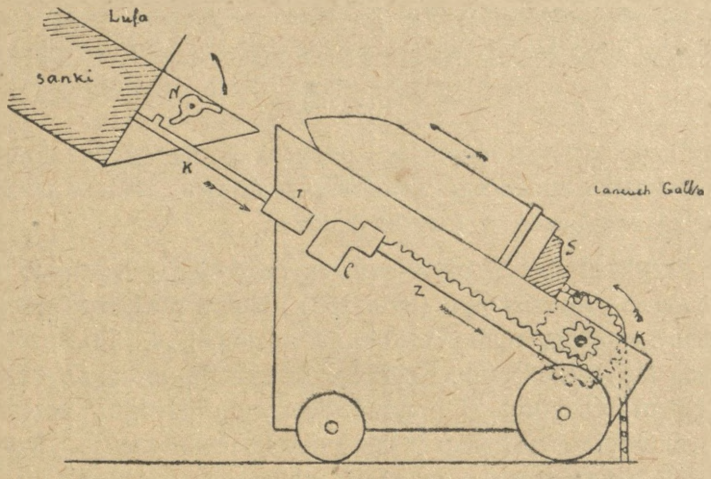
Rys. 153.

system unieruchamia się zapomocą zasuwki. Po umieszczeniu pocisku na noszach uwalnia się zasuwkę; sprężyna *R* ściągając się przyciąga dźwignię *D*, ta—pręt *B* zczepiony z dźwignią ramienia noszy, które przez to podnoszą się i stają w położeniu poziomem przed otworem komorowym, poczem dopycha pocisk się zapomocą stempla.

Przykład III. *Samoczynny przyrząd do ładowania 293 mm. haubicy Schneider'a.* (Rys. 154). Do ładowania ustawia się lufę pod kątem podniesienia + 45°; wózek z powierzchnią pochyloną również pod kątem 45° niesie pocisk tak, że ten ostatni jest umieszczony dokładnie w kierunku osi lufy.

Wózek posiada stempel samoczynny *S*, który wprawia się w ruch zapomocą łańcucha Gall'a, zczepiającego się z kołem nazębionem *K*; na osi koła *K* są osadzone z prawej i lewej strony małe kółka nazębione *H*, zczepiające się z zębnicami *Z*.

Do sanek jest przymocowany specjalny mechanizm, służący do samoczynnego wprowadzenia w ruch przyrządu ładującego



Rys. 154.

i składającysię ze sprężyny i tłoka *T* z tłoczyskiem *K*. Zaczepka *N* służy do utrzymania tłoczyska w położeniu napięcia. Sprężyna tłoczyska napina się podczas odrzutu.

Jeśli obróci się zaczepkę *N* i uwolni tem tłoczysko *K*, wówczas pod wpływem sprężyny tłok *T* uderzy o główkę *C* zębnicy *Z* i odrzuci ją wstecz, co spowoduje obracanie się kółek nazębionych *H*, obrót koła nazębionego *K* i zapomocą łańcucha Gall'a ruch stempla naprzód, dzięki czemu pocisk wejdzie do lufy.

85. Wyciory i stemple. Wycior jest to drążek drewniany z cylindryczną szczotką z włosia na końcu. Wycior służy do przecierania przewodu lufy. Artylerja polowa posiada wyciory składane dla dogodnego przewożenia przy samem dziale, Wycior w artylerji polowej służy zarazem i za stempel (rozładownik),

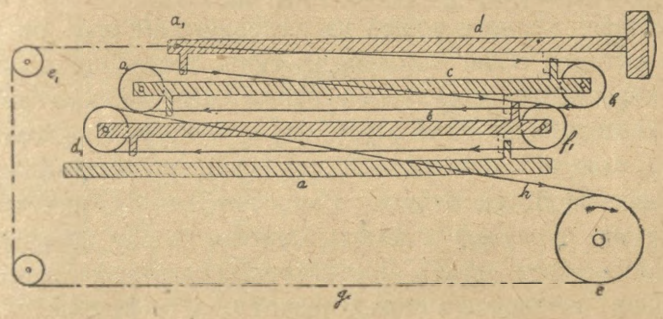
w tym celu posiada on w dolnym swoim końcu obsadę miedzianą z wgłębieniem odpowiadającem ostrołukowi pocisku.

Stempel w artylerji małego kalibru służy wyłącznie do wypychania pocisku z komory.

Stemple w działach średniego i wielkiego kalibru służą do dopychania pocisków do miejsca oporu pierścienia wiodącego pocisku o stożek przejściowy.

Dla upewnienia się, że pocisk jest na miejscu, na drążku stempla robi się znak, który przy prawidłowem położeniu pocisku powinien dojść do wysokości płasku komorowego,

Ponieważ w działach wielkich kalibrów dopychanie pocisku zapomocą zwykłego stempla byłoby nadzwyczaj trudne i uciążliwe dla obsługi ze względu na ciężar pocisku i wymiary stempla, przeto w tym wydadku dąży się do zastosowania mechanicznych stempli, działających zapomocą motorów lub innych źródeł siły. (Np. stempęl 293 mm. haubicy Schneidera prz. III Art. 84).



Rys. 155.

Jako przykład pomysłowego rozwiązania kwestji mechanicznego stempla może służyć stempel zastosowany do rosyjskich dział 30,5 centymetrowych morskich wz. 1914 r.

Stempel (Rys. 155) składa się z czterech dzwon: zewnętrznego nieruchomego a i ruchomych b, c, d, z bębna e, f z dwiema stalowemi linami g i h i z systemu bloków a_1, b_1, c_1, d_1, e_1 i f_1. Zewnętrzne dzwono posiada na przednim końcu główkę obszytą skórą dla osłabienia uderzenia przy dopychaniu pocisków i ładunków w lufę. Na tylnym końcu dzwono posiada występ i blok a_1. Drugie dzwono posiada na każdym z końców po bloku b_1 i c_1 i występy skierowane w przeciwne strony. Trzecie dzwono z blokami d_1 i f_1 i występami jak w drugiem dzwonie. Czwarte dzwono nieruchome z występem na przednim końcu.

Każde niżej położone dzwono posiada płozy po których ślizga się wyższe dzwono. Bęben stempla składa się z 2 części: *e* — osadzonej nieruchomo na wale i *f* — swobodnie osadzonej na panewce części *e*. Łączność między temi częściami osiąga się przez zczepienie śrubowe, które jednocześnie jest przyrządem naciągającym liny *g* i *h*. Śruba zczepienia śrubowego obraca się w panewkach stanowiących całość z *f*; koło śruby jest umocowane nieruchomo na panewce części *e*. Obracając zapomocą klucza śrubę, przesuwa się przez to jedną część bębna względem drugiej, naciągając liny. Część *e* bębna posiada wyżłobienie dla liny *g* i dla jednego z końców liny *h*, część *f* posiada wyżłobienia tylko dla drugiego końca liny *h*.

Wysuwanie dzwonu stempla wykonuje się zapomocą liny *h*, której końce są przymocowane do części *e* i *f* bębna.

Wsuwanie dzwonu stempla wykonuje się zapomocą liny *g*, której jeden koniec jest związany z końcem pierwszego dzwona, a drugi przymocowany do części *e* bębna.

Działanie stempla polega na następującem: przy obracaniu bębna w kierunku ruchu wskazówek zegara końce liny *h* nawijają się na odpowiednie części *e* i *f* bębna; przy tem wysuwa się dzwono *d* stempla do chwili, gdy swoim występem nie oprze się o występ drugiego dzwona. Od tej chwili pierwsze dzwono *d* ciągnie za sobą drugie dzwono *c* do chwili, gdy jego występ nie oprze się o występ trzeciego dzwona, wtedy drugie dzwono ciągnie za sobą trzecie, dopóki pocisk nie oprze się swoim pierścieniem wiodącym o stożek przejściowy w przewodzie lufy.

Przez cały czas ruchu naprzód lina *h* nawija się na obydwie części *e* i *f* bębna, a lina *g* zwija się z części *e*. Przy powrotnym ruchu dzwona stemple schodzą stopniowo w porządku odwrotnym, lina *h* zwija się z bębna, a lina *g* nawija się na bęben.

DZIAŁ IV.

Wozy.

ROZDZIAŁ I.

Wozy wojskowe.

86. Wozy wojskowe. Własności dróg. Celem przewozu ładuje się sprzęt wojskowy, jak działa, amunicję, żywność, broń i t. p. na wozy lub na juki.

Wozy wojskowe ze względu na potrzebę ruchu we wszelkich warunkach i po wszelkiego rodzaju drogach powinny posiadać pewne specjalne urządzenia, które dałyby możność artylerji i taborom bez trudności postępować za oddziałami.

Zastosowanie jakiegoś typu wozów krajowych nie zawsze odpowiada wymaganiom, stawianym wozom wojskowym, ponieważ każdy kraj posiada swój typ najbardziej odpowiadający tylko miejscowym warunkom. Największą wadą wozów krajowych jest ich mała ładowność dla ładunków specjalnie wojskowych i mała wytrzymałość przy długich marszach zwłaszcza w trudnym terenie— zaletą zaś jedynie tylko lekkość.

Wozy wojskowe, z wyjątkiem niektórych specjalnych typów, są czterokołowe i składają się z dwóch półwozi: przedniego i tylnego. Przednie półwozie w wozach taborowych składa się z osi, kół i ramy obrotowej. tylne półwozie — z osi, kół i pudła wozu. W artylerji przednie półwozie stanowi przodek działa lub jaszcza, tylne — samo działo lub jaszcz.

Wozy wojskowe poruszają się po szosach, drogach gruntowych i bez dróg, w terenie.

Szosy są to szerokie drogi kołowe (od 6 do 12 metrów szerokości), ograniczone rowami dla ścieku wody i osuszenia drogi, z jezdnią pokrytą warstwą kamienia tłuczonego, lub brukiem kamiennym; po bokach jezdni 1 — metrowej szerokości bocznice niebrukowane służą do ruchu pieszego.

Drogi szosowe są gładkie, równe, spadki nie przekraczają 3° tak, że ruch po nich nie przedstawia żadnych trudności.

Drogi gruntowe są różnej szerokości — od 20 do 1,5 metra, zależnie od ruchu i przeznaczenia drogi.

Czasami drogi gruntowe są okopane rowami, większe przeszkody są omijane, sama droga nie jest wyrównana i odpowiada wszystkim nierównościom terenu tak, że spadki w niektórych wypadkach dochodzą do 15°.

Łatwość ruchu po drogach gruntowych zależy od pory roku, warunków atmosferycznych i gruntu. Wiosna, jesień i ulewne deszcze robią z gruntowych dróg głębokie lepkie błoto, znacznie utrudniające ruch wozów.

Na drogach tworzą się wyboje i doły, głębokość których dochodzi do 25 centymetrów — przejeżdżające wozy pozostawiają głębokie ślady, koleje; ruch kolejami jest łatwiejszy, ponieważ koła toczą się po twardym dnie kolei, lecz w razie potrzeby skręcenia konie muszą dać znaczny wysiłek, by wywieźć wóz z kolei.

Wozy wojskowe, zwłaszcza artyleryjskie, powinny być tak skonstruowane, by nie zatrzymywały się przed żadną przeszkodą, lecz przebywały ją z łatwością bez stałej pomocy ludzi i bez psucia się.

W tym celu wozy wojskowe kostrukcyjnie powinny odpowiadać pewnym specjalnym wymaganiom.

a) Pod względem ruchliwości konieczną jest:
   1) lekkość ruchu,
   2) obrotność wozu,
   3) giętkość połączenia i niezależność półwozi,
   4) stateczność.

b) Pod względem warunków utrzymania i korzystania z wozów:
   1) trwałość,
   2) prostota urządzenia,
   3) ładowność,
   4) łatwość utrzymania.

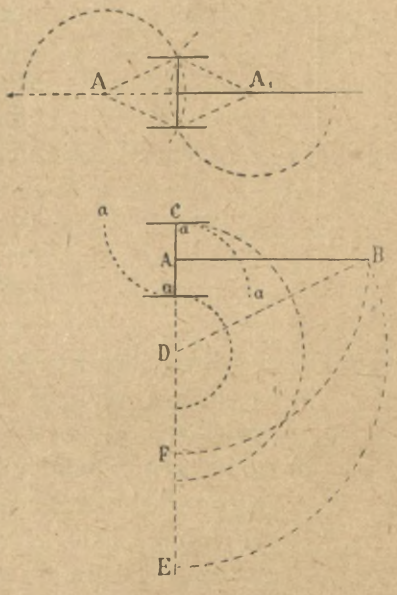
Rozpatrzmy szczegółowo powyższe wymagania i sposoby ich urzeczywistnienia — lekkość ruchu będzie uwzględniona w rozdziale II łącznie z zagadnieniem ciągnienia wozów.

87. **Obrotność wozów.** Wozy wojskowe celem łatwego wykonania szybkich zwrotów, często wymaganych w warunkach bojowych, powinny bez trudności obracać się o 180°. Obracanie się powinno być dokonane na możliwie najmniejszej przestrzeni, by np. rowy po bokach szosy nie były przeszkodą do zawrócenia działa.

Miarą obrotności wozu jest ta najmniejsza przestrzeń, na której wozem można wykonać pół obrotu.

Wóz jest tem więcej obrotny, im na mniejszej przestrzeni wykona się nim obrót.

Zbadamy warunki w jakich odbywa się obrót wozu dwukołowego (biedki). Koła mają ruch tylko w płaszczyźnie prostopadłej do osi wozu, ruchu wzdłuż osi wozu koła mieć nie mogą, ponieważ silne tarcie kół o ziemię uniemożliwi im ten ruch. Wobec tego wóz dwukołowy (Rys. 156) nie będzie mógł obrócić się około punktu, leżącego przed lub za osią, ponieważ cały wóz trzeba byłoby przesuwać po łuku przechodzącym przez końce osi.

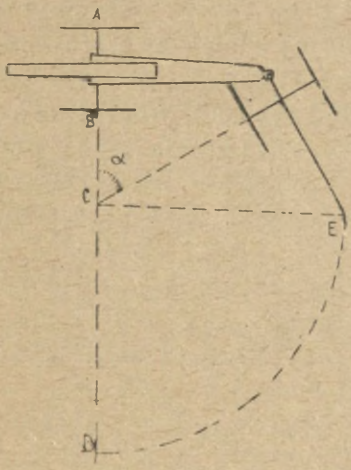


Rys. 156.

Z drugiej części rys. 156 widzimy, że wóz dwukołowy możemy obrócić około punktu leżącego na osi kół, lub na jej przedłużeniu. Najmniejsza szerokość drogi potrzebna do całkowitego obrotu wozu dwukołowego około punktu D, wyniesie — CE czyli szerokość wozu więcej promień łuku zakreślonego końcem dyszla. W miarę zbliżenia punktu D do C szerokość drogi potrzebna do obrotu zmniejsza się i przy obrocie około środka osi A wynosi — CF. Jeszcze mniejszą szerokość drogi otrzymamy, obracając wóz najpierw około punktu C, a gdy drugie koło dojdzie do skraju drogi, obracając około obróconego już teraz nieruchomego koła (łuki aa rys. 156). Ten ostatni sposób nadwyręża koła, ponieważ dla obrotu musimy koło unieruchomić i, obracając wóz około niego, robimy w ziemi wgłębienie, skąd powstające tarcie może uszkodzić koło.

Wóz czterokołowy składa się z przedniego i tylnego półwozia. Dla obrotu takiego wozu należy przednią oś postawić pod pewnym kątem do osi tylnej.

Rozpatrując przednie i tylne półwozia jako dwa wozy dwukołowe, widzimy, że przy obrocie każde półwozie będzie obracało się około punktu leżącego na przedłużeniu jego osi, ponieważ obrót obydwóch półwozi będzie jednoczesny, punkt więc obrotu powinien leżeć na przecięciu się osi. (Rys. 157). Szerokość drogi, na której wóz czterokołowy może wykonać obrót, równa się odległości zewnętrznego koła *A* od punktu obrotu *C* więcej promień *C E*. W miarę zwiększenia kąta obrotu dyszla α punkt *C* zbliża się do *A*, a promień *CE* zmniejsza się — zmniejsza się więc i szerokość drogi potrzebna do obrotu. Dla zwiększenia obrotności wozu czterokołowego należy dążyć do zwiększenia kąta obrotu. Kąt obrotu ograniczony jest oparciem [1]) przedniego koła o tylne półwozie; zwiększyć ten kąt możemy zapomocą:



Rys. 157.

a) wysunięcia sworznia i zaczepy (działa i jaszcze artyleryjskie;
b) zmniejszenia średnicy przednich kół (wozy francuskie)— sposob niedostateczny, ponieważ zmniejszenie przednich kół prowadzi do zwiększenia siły ciągnienia i zmusza do wożenia kół zapasowych różnych typów;
c) zwężenia ogona łoża lub zmniejszenia szerokości pudła. Pierwsze jest możliwe do pewnych granic, zależnych od wytrzymałości łoża, drugie nie zawsze daje się pogodzić z wyzyskaniem ładowności wozu (wóz niemiecki);
d) zwiększenia szerokości rozstawienia kół przodka—zwiększa ciężar wozu i czyni wozy zbyt szerokiemi;
e) urządzenia pudła w ten sposób, by koła przodka mogły podtoczyć się pod pudło (powozy, niektóre wozy niemieckie i francuskie).

[1]) W niektórych działach (np. 75 mm.) do zabezpieczenia łoża w miejscach, gdzie koło może zetknąć się z łożem, umieszcza się specjalne płytki ochronne na łożu.

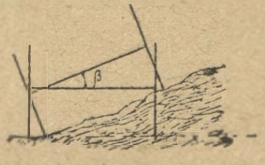
Aby móc określić obrotność danego typu wozu, należy nadać przodkowi największy kąt obrotu, oznaczyć miejsca wszystkich czterech kół (Rys. 157) za pomocą kołków, oznaczyć dwa punkty na przedłużeniu osi półwozia, naciągnąć sznury między temi punktami a osiami półwozi i określić na przecięciu się sznurów punkt obrotu *C*. Mierząc i dodając *AC* i *CE* otrzyma się najmniejszą szerokość drogi, potrzebną dla obrotu danego wozu.

88. **Giętkość połączenia i niezależność półwozi.** Wozy wojskowe często muszą przechodzić przez rowy. Dla dogodnego przejścia wóz powinien być giętkim, t. j. dyszel powinien podnosić się lub opuszczać zależnie od położenia przodka.

Miarą giętkości wozu jest kąt, na który dyszel może podnieść się i opuścić. Z doświadczeń wynika, że dla artylerji potrzebnym kątem giętkości do góry jest kąt około 45°, wdół około 25°.

Niezależność półwozi, jak zobaczymy dalej, odgrywająca ważną rolę przy zachowaniu stateczności wozów, wymaga, by w połączeniu przedniego i tylnego półwozia nie było natężeń, gdy koła wozu nie znajdują się w jednej płaszczyźnie poziomej. W wozach artyleryjskich dyszel celem zapobieżenia przewracaniu się przodka jest związany z nim nieruchomo, giętkość więc w działach i jaszczach może być osiągnięta tylko przez giętkie połączenie półwozi, przez co osiągamy jednocześnie giętkość i niezależność półwozi.

Miarą niezależności półwozi jest ten największy kąt β, który mogą utworzyć osie w płaszczyźnie pionowej (Rys. 158). W działach dąży się do takiego urządzenia połączenia, aby przednie półwozie podtrzymywało tylne na granicy jego kąta stateczności (kąt niezależności półwozi równa się kątowi stateczności).



Rys. 158.

Dla zabezpieczenia giętkości i niezależności półwozi istnieją cztery sposoby połączenia:

a) sworzniowy,
b) hakowy,
c) ślizgowy (wodzidłowy) i
d) zawiasowy (przegubowy).

Wszystkie te sposoby połączenia stosuje się w działach i jaszczach artyleryjskich.

W wozach stosuje się jedynie tylko sposób ślizgowy.

a) *Połączenie sworzniowe.* Przy tym sposobie połączenia

nakłada się łoże zaczepą na sworzeń. Sworzeń udziela zaczepie w kierunku poziomym wysiłku potrzebnego do ciągnienia tylnego półwozia.

Giętkość i niezależność półwozi osiąga się przez swobodny ruch zaczepy na sworzniu i przez ruch samego sworznia w obsadzie. Sworzeń jest osadzony w obsadzie na zderzakach (buforach) kauczukowych. Umieszczając sworzeń daleko od osi, zwiększamy obrotność i równoważymy dyszel.

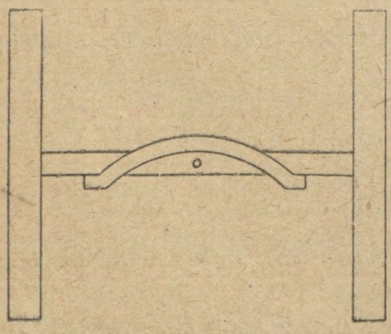
Połączenie sworzniowe jest proste i mocne, dyszel jest zrównoważony, obrotność znaczna. Ujemne strony są: względnie wysokie położenie sworznia, co wymaga wyższego podniesienia ogona łoża i naruszenie równowagi przodka (przy rozładowaniu tylnego półwozia dyszel opada, jeśli rozładować tylko przodek — dyszel podnosi się do góry). System sworzniowy był stosowany w Austrji, Niemczech i Rosji.

b) *Połączenie hakowe.* W tym systemie połączenia sworzeń zastępuje się hakiem, na który nakłada się zaczepę ogona łoża. Hak jednocześnie wytrzymuje poziome i pionowe ciśnienie zaczepy. Przy tym systemie hak i zaczepa, stykając się w jednym tylko punkcie, ścierają się. Zapobiega się temu przez urządzenie haka, podobnie jak sworznia, na zderzakach, ze swobodnym ruchem w gnieździe.

Przy połączeniu hakowem giętkość jest większa niż przy sworzniowem, ponieważ przy opuszczaniu dyszla hak wchodzi w zaczepę. Niezależność półwozi i obrotność są jednakowe. Stroną ujemną jest szybkie ścieranie się haka i zaczepy.

System hakowy jest zastosowany w artylerji francuskiej, angielskiej i włoskiej.

c) *Połączenie ślizgowe* (*wodzidłowe*). (Rys. 159). Przy tym systemie połączenia, zastosowanym w artylerji tylko w ciężkich działach, ogon łoża leży na listwie półkolistej, umocowanej na przodku bezpośrednio nad osią. Ogon przy zwrotach ślizga się po łuku, obracając się około sworznia, umieszczonego na osi bezpośrednio lub na specjalnej listwie wyniesionej wtył.



Rys. 159.

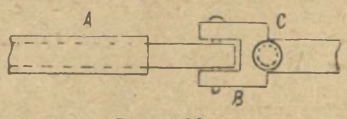
Wskutek rozłożenia ciśnienia na sworzeń i na łuk obrotowy dyszel jest zupełnie zrównoważony.

Strony ujemne połączenia ślizgowego są: ograniczone obrotność, giętkość i niezależność półwozi.

System ten pozwala na znaczne obciążenie wozu i jest zastosowany w wozach, które poruszają się po twardych drogach — jak artylerja ciężka i ciężkie tabory (francuskie wozy — chariots).

d) *Połączenie zawiasowe* (*przegubowe*). (Rys. 160). Polega na połączeniu trzech zawias, położonych w trzech prostopadłych kierunkach.

Pochwa *A* jest przymocowana do przodka; w niej obraca się poziomy sworzeń, którego główka jest związana zapomocą pionowej osi z widełkami *B*, a te ostatnie są związane zapomocą poziomej osi *C* z jaszczem. Podobny system połączenia zabezpiecza niezależność półwozi 360° obrotem sworznia, giętkość — obrotem około osi *C* i obrotność — obrotem około osi widełek *B*. Połączenie to jest pod względem teoretycznym doskonałe, lecz pod względem praktycznym ma poważny brak: mianowicie trudność rozłączenia i złączenia półwozi, z tego powodu jest on rzadko stosowany w artylerji (wóz materjałowy art. rosyjskiej).



Rys. 160.

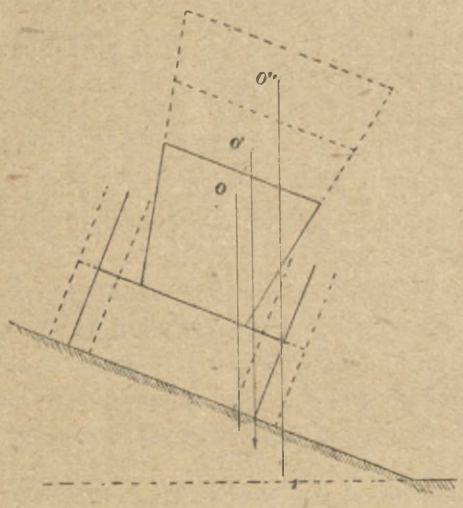
89. Stateczność. Statecznością jest właściwość nieprzewracania się wozu przy przechodzeniu przeszkód. Za miarę stateczności możemy przyjąć wysokość, na jaką można podnieść koło wozu do chwili, w której ten zacznie się przewracać.

Z doświadczenia wiadomo, że stateczność wozu rośnie ze zwiększeniem rozstawienia kół i obniżeniem środka ciężkości. Z rysunku 161 widzimy, że koła stanowią punkty oporu dla wozu; aby zapobiec przewracaniu się wozu, koniecznem jest, by pionowa przechodząca przez środek ciężkości wozu przecinała powierzchnię ziemi między punktami oporu kół o ziemię; pionowa ta tem prędzej przekroczy tę granicę, im środek ciężkości wozu (naładowanego) będzie położony wyżej, lub gdy rozstawienie kół będzie mniejsze. W urządzeniu wozów z tej właśnie przyczyny unika się zbyt wysokich kół, chociaż to wpływa dodatnio na zmniejszenie siły ciągnienia.

W działach i jaszczach zwiększa się stateczność przez przeniesienie sworznia lub haka wtył i wdół; ogon łoża, naciskając na połączenie, przenosi środek ciężkości wtył i obniża go. Przodek

z zaczepionym tylnym półwoziem jest przeto bardziej stateczny niż z odczepionym.

Na stateczność wozu na terenie pochyłym ma znaczny wpływ szybkość ruchu. Podczas ruchu wóz zwykle nieco kołysze się, przyczem środek ciężkości zakreśla łuk; pionowa linja ze środka ciężkości również przesuwa się równolegle do samej siebie; wóz nie przewróci się, jeśli pionowa nie przejdzie poza punkt oporu koła położonego niżej. Przy ruchu wolnym wahania środka ciężkości nie będą znaczne i wóz przejdzie po drodze pochyłej, przy ruchu zaś szybkim, gdy wahania środka ciężkości będą znacznie większe, wóz przewróci się na tej samej drodze, którą mógł przebyć w tempie powolnem. Drobne przeszkody, które napotykają koła, mają równie wielki wpływ na stateczność, zwłaszcza przy szybkim ruchu wozu.



Rys. 161.

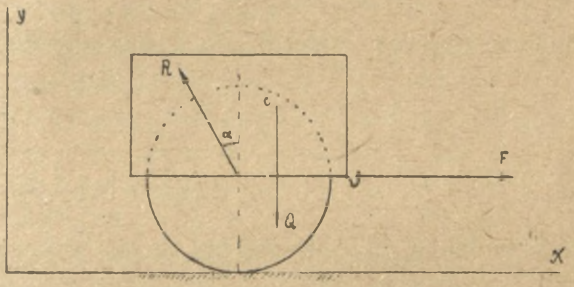
Wozy resorowe są mniej stateczne niż wozy zwykłe tego samego typu. Przyczyna leży w tem, że wstrząśnienia pochodzące z nierówności drogi są przyjęte przedewszystkiem przez koła i osie, które udzielają je resorom, zmniejszającym wstrząśnienie przekazane pudłu. Jeśli jedno z kół gwałtownie się podniesie czyli zbliży się do pudła wozu, sprężyny zareagują na to gwałtownym wyprężeniem się i sprowadzą pudło w położenie normalne względem osi. Lecz pudło nie zatrzyma się w tym ruchu, ponieważ otrzyma pewną szybkość, która nachyli je w stronę przeciwną. W rezultacie wóz resorowy pochyla się więcej niż zwykły, co może łatwo sprowadzić pionową linję ze środka ciężkości wozu poza punkt oparcia niżej położonego koła i skutkiem tego przewrócić wóz.

ROZDZIAŁ II.

Ciągnienie.[1])

90. Lekkość ruchu Właściwość wozu poruszania się po poziomej drodze z większą lub mniejszą łatwością nazywa się lekkością ruchu. Lekkość ruchu mierzy się stosunkiem ciągnienia przy ruchu na drodze poziomej do ciężaru naładowanego wozu: im ten stosunek jest mniejszy, tem lekkość ruchu jest większa.

Ciągnieniem nazywamy siłę, którą rozwija ciągnik przy poruszaniu wozu. Ciągnienie wyraża się w jednostkach wagi i może być określone za pomocą siłomierza (dynamometru).



Rys. 162.

Oznaczając ciężar wozu naładowanego przez Q, wielkość siły ciągnienia potrzebną dla jej ruchu przez F, otrzymamy wzór dla lekkości ruchu:

$$A = \frac{F}{Q} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (83)$$

A jest to siła potrzebna do przewiezienia jednostki ciężaru ładunku.

W wozie pudło i osie mają ruch postępowy, koła—postępowy i obrotowy, wobec tego chcąc zbadać warunki, od których zależy ciągnienie, musimy rozpatrywać oddzielnie ruch pudła z osią i ruch kół.

91. Ruch pudła. Ruch pudła będziemy rozpatrywali, przyjmując dla kół odpowiednie siły. Badamy dwukołowy wóz (Rys. 162).

[1]) Podług kursu artylerji Markiewicza i Niłusa wyd. 1909 roku.

Na pudło działają następujące siły.

1. Ciężar pudła z osią — Q, przyłożona do środka ciężkości C i skierowana prostopadle wdół.
2. Ciągnienie F skierowane poziomo; punkt przyłożenia dowolny, zależnie od urządzenia wozu.
3. Działanie każdego z kół na oś — R; wielkość siły i jej kierunek nieznane, punkt przyłożenia — punkt styczny osi do buksy (panewki, wkładki) piasty.

Oznaczając kąt między R a linją pionową przez α, otrzymamy równanie rzutów ruchu środka ciężkości wozu, przyjmując, że wóz porusza się jednostajnie:

na oś x: $$F - 2\,R\,Sin\,\alpha = 0$$

$$F = 2\,R\,Sin\,\alpha \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (84)$$

na oś y: $$Q - 2\,R\,Cos\,\alpha = 0$$

$$Q = 2\,R\,Cos\,\alpha \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (85)$$

Podnosząc obydwa równania do kwadratu i dodając, otrzymamy:

$$4\,R^2 = Q^2 + F^2$$

czyli:

$$2\,R = \sqrt{Q^2 + F^2} = Q\sqrt{1 + \left(\frac{F}{Q}\right)^2} \quad . \quad . \quad . \quad (86)$$

Z tego widzimy, że działanie kół na oś równa się wypadkowej ciężaru i ciągnienia, lecz jest skierowane wprost przeciwnie.

Dzieląc równanie (84) przez (85) znajdziemy:

$$tg\,\alpha = \frac{F}{Q} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (87)$$

W praktyce F jest znacznie mniejsze niż Q — rzadko osiąga $^1/_5\ Q$, pozostawiając zwykle około $^1/_{12}\ Q$. W ten sposób:

$$\sqrt{1 + \left(\frac{F}{Q}\right)^2} < \sqrt{1 + (^1/_{25})^2}$$

Wielkość $^1/_{625}$ możemy w porównaniu z jednością odrzucić i przyjąć że:

$$2\,R = Q \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (88)$$

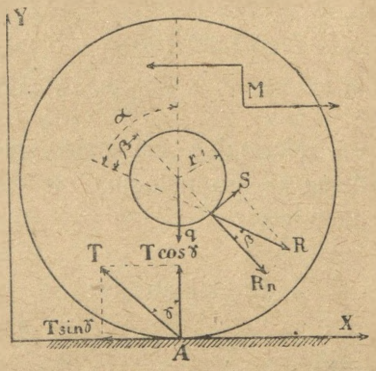
92. Ruch koła. Przyjmujemy, jak i w poprzednim wypadku, że w danym momencie wóz porusza się jednostajnie, a więc i koła obracają się również ruchem jednostajnym, t. j. szybkość postępowa i szybkość kątowa ruchu obrotowego są niezmienne,

a odpowiednie przyspieszenia równają się zeru. Przy takich warunkach wszystkie siły działające na koło równoważą się, rzuty ich na jakikolwiek kierunek są równe zeru i moment ich względem jakiegokolwiek punktu jest również zero.

Na koło działają następujące siły (Rys. 163).

1. Ciężar koła q, przyłożony do środka ciężkości koła.
2. W punkcie stycznym koła z osią odpór (reakcja) osi, sprowadzający się do normalnego ciśnienia i tarcia, równa się geometrycznie sile R t. j. działaniu koła na oś, lecz skierowany jest w przeciwnym kierunku.
3. W puktach stycznych koła z gruntem — odpór gruntu.

Mechaniczne działanie gruntu na koło wyrazi się mnóstwem różnorodnych sił, przyłożnych w wielu punktach i skierowanych w różnych kierunkach (wrzynanie koła w grunt, tarcie, błoto, uderzenia o kamienie i t. p.) Wszystkie te siły przeniesiemy w jeden punkt A na przecięciu się linji pionowej z obwodem koła i wyrazimy przez jedną wypadkową, którą rozłożymy na dwie siły: jedną skierowaną prostopadle do płaszczyzny koła i drugą T umieszczoną w płaszczyźnie koła. Pierwsza siła, działająca prostopadle do płaszczyzny koła dąży do zerwania koła z osi — równoważy się ją oporem lonów lub podsady wrzecionowej; rzut jej na kierunek ruchu jest zero i na ruch niema ona żadnego wpływu.



Rys. 163.

Wszystkie pary sił powstające przy działaniu gruntu na koło wyrazimy przez jedną wypadkową parę M w płaszczyźnie koła i drugą wypadkową parę prostopadłą do płaszczyzny koła; ta ostatnia para dąży do obrócenia koła około średnicy, co równoważy się oporem wrzeciona osi.

Oznaczymy kąt między siłą T a linją pionową przez γ. W ten sposób odpór gruntu wyrazi się przez siłę T przyłożoną w punkcie A i skierowaną pod kątem γ do linji pionowej i przez parę sił M w płaszczyźnie koła.

Odpór osi R rozłożymy na normalne ciśnienie R_n wzdłuż promienia buksy (panewki) piasty i tarcie S wzdłuż stycznej.

Na tej podstawie otrzymamy równanie rzutów ruchu środka ciężkości koła:

na oś x: $$R\,Sin\,\alpha - T\,Sin\,\gamma = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (89)$$

na oś y: $$R\,Cos\,\alpha + q - T\,Cos\,\alpha = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (90)$$

Oznaczając promień koła przez r, promień buksy przez r', przez M moment pary oporu gruntu, napiszemy algebraiczną sumę momentów wszystkich sił względem środka koła:

$$Tr\,Sin\,\gamma - Rr'\,Sin\,\beta - M = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (91)$$

93. Ciągnienie. Korzystając z równań ruchu pudła i koła wyprowadzimy wzór ciągnienia F.

Z równania (89) i równania (84) uzyskujemy:

$$T\,Sin\,\gamma = R\,Sin\,\alpha = \frac{F}{2}.$$

Z równań (90) i (85):

$$T\,Cos\,\gamma = R\,Cos\,\alpha + q = \frac{Q}{2} + q.$$

Normalne ciśnienie przejdzie przez środek buksy. Tarcie równa się normalnemu ciśnieniu, pomnożonemu przez spółczynnik tarcia f:

$$S = f \,.\, R_n \,.$$

Z drugiej strony:

$$S = R_n\,tg\,\beta$$

skąd: $$f = tg\,\beta \quad \text{i} \quad Sin\,\beta = \frac{tg\,\beta}{\sqrt{1+tg^2\beta}} = \frac{f}{\sqrt{1+f^2}} = f_1$$

f_1 jest spółczynnikiem tarcia buksy o wrzeciono. Na podstawie powyższego:

$$R \,.\, r' \,.\, Sin\,\beta = f_1 \,.\, \frac{Q}{2} \,.\, r'$$

W parze M oporu gruntu przyjmiemy siłę równą

$$T\,Cos\,\gamma = \frac{Q}{2} + q,$$

a ramię pary oznaczymy przez a.

Podstawiając wszystkie znalezione wielkości w równanie (91) otrzymamy:

$$\frac{F}{2} \,.\, r - f_1 \frac{Q}{2} r' - \left(\frac{Q}{2} + q\right) a = 0$$

skąd: $$F = (Q + 2q)\frac{a}{r} + f_1 \,.\, Q \,.\, \frac{r'}{r} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (92)$$

Równanie (92) wskazuje, że ciągnienie określa się przez wielkość momentu pary oporu gruntu przeciw toczeniu się koła i wielkość momentu tarcia w buksie. Moment tarcia $f_1.Q.r'$ może być obliczony. Spółczynniki tarcia przy ślizganiu f są określone na podstawie doświadczeń i znajdują się w tabelach, r' i Q są wiadome.

Moment oporu gruntu przeciw toczeniu się koła $(Q + 2q)a$, może być określony tylko przez doświadczenie; w tym celu określa się wielkość ciągnienia F w różnych warunkach ruchu wozu, w różnych terenach i stąd wyprowadza się jakie znaczenie przyjmuje ramię pary a.

Doświadczenia przeprowadzone przez francuskiego artyleryste, generała Morain'a wykazały, że a zależy: 1) od gruntu, 2) od szerokości obręczy, 3) od szybkości ruchu i 4) od stopnia zastosowania resorów.

Zależnie od rodzaju gruntu ciągnienie przy wszystkich innych jednakowych warunkach może zwiększyć się lub zmniejszyć w znacznych granicach ($a = 1$ cm. na dobrej szosie i $a = 8{,}8$ cm. na piasku).

Znaczenie szerokości obręczy ujawnia się tem więcej, im miększy jest grunt. Przy gruncie miękkim opór szybko wzrasta, jeśli szerokość obręczy jest mniejszą od 4,6 cm.; przy szerokości zaś 20 cm. i większej opór zmniejsza się. Przeciętna szerokość obręczy waha się zależnie od typu wozu (5 cm. wóz taborowy, 5—7,6 działo polowe lekkie, 15—20 działo ciężkie).

Przeciwny wpływ do szerokości obręczy wykazuje szybkość ruchu na twardej drodze i wcale nie powiększa oporu na drodze miękkiej. Na twardej drodze (np. bruk), gdzie koła otrzymują częste uderzenia, ciągnienie szybko wzrasta ze zwiększeniem szybkości ruchu. Resory zaś—zmniejszając siłę uderzeń—zmniejszają tem samem i ciągnienie.

Doświadczenia generała Morain'a wykazały, że po bruku przy ruchu stępa wozu zwykłego $a = 1$ cm., wozu na resorach $a = 0{,}76$ cm.; przy ruchu kłusem tegoż wozu po tej samej drodze $a = 1{,}5$ cm. i $a = 1{,}2$ cm. Opór gruntu jest tak znaczny w porównania z tarciem na osi, że to ostatnie możemy odrzucić i przyjąć dla ciągnienia wzór:

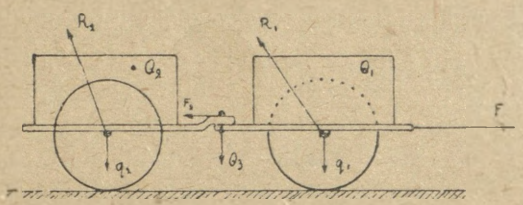
$$F = (Q + 2q)\frac{a}{r} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (93)$$

Wzór powyższy przedstawia przeciętną wielkość ciągnienia. W rzeczywistości opór gruntu jest zmiennym, odpowiednio do czego zmienia się ciągnienie. W pierwszej chwili ciągnik oprócz oporu gruntu powinien pokonać bezwładność wozu i w tym momencie siła przyłożona jest większa od średniego ciągnienia.

94. Ciągnienie wozu czterokołowego. Przypuśćmy, że F (Rys. 164) jest siłą ciągnienia wozu czterokołowego, składającego się z dwóch półwozi. Q_1 — ciężar przedniego półwozia bez kół, Q_2—ciężar tylnego półwozia bez kół, q_1 i q_2; r_1 i r_2, r_1' i r_2'— ciężar i promień koła i promień buksy w kołach przedniego i tylnego półwozia.

Tylne półwozie leży swoją rozworą na przedniem półwoziu i wywiera na nie ciśnienie Q_3 skierowane pionowo wdół. Opór tylnego półwozia na sworzeń przodka wyrazi się przez ciśnienie F_2 pionowe do powierzchni sworznia.

W ten sposób od tylnego półwozia przodek otrzymał dodatkowe obciążenie Q_3 i jest pod wpływem dodatkowej poziomej siły F_2. Przyłożywszy do przedniego półwozia w kierunku ciągnienia siłę równą F_2, która zrównoważy ciśnienie tylnego pół-



Rys. 164.

wozia na sworzeń, możemy rozpatrywać przednie półwozie jako wóz dwukołowy, obciążony oprócz swego zwykłego ładunku Q_1 dodatkowym Q_3 tak, że całkowite obciążenie wozu dwukołowego bez kół będzie $Q_1 + Q_3$.

Dla ruchu tego wozu należy rozwinąć siłę ciągnienia F_1:

$$F_1 = (Q_1 + Q_3 + 2q_1)\frac{a}{r_1} + f_1 (Q_1 + Q_3)\frac{r_1'}{r_1}$$

Działanie przodka na tylne półwozie wyrazi się siłami F_2 i Q_3. Siła F_2 skierowana poziomo jest siłą ciągnienia podtrzymującą ruch tylnego półwozia. Siła Q_3 skierowana do góry równoważy część obciążenia tylnego półwozia tak że działanie jego na koła jest takie same, jak i działanie wozu dwukołowego ważącego bez kół $Q_2 - Q_3$. Dla ruchu tylnego półwozia należy rozwinąć siłę ciągnienia F_2:

$$F_2 = (Q_2 - Q_3 + 2q_2)\frac{a}{r_2} + f_1 (Q_2 - Q_3)\frac{r_2'}{r_2}$$

Całkowita siła ciągnienia $F = F_1 + F_2$ będzie:

$$F = \frac{Q_1 + Q_3 + 2q_1}{r_1} a + f_1 (Q_1 + Q_3) \frac{r_1'}{r_1} + \frac{Q_2 - Q_3 + 2q_2}{r_2} a +$$

$$+ f_1 (Q_2 - Q_3) \frac{r_2'}{r_2}, \quad \ldots \ldots \quad (94)$$

Odrzucając tarcie na osiach jako nieznaczne w porównaniu do odporu gruntu:

$$F = \frac{Q_1 + Q_3 + 2q_1}{r_1} a + \frac{Q_2 - Q_3 + 2q_2}{r_2} a \quad \ldots \quad (95)$$

Jeśli przednie i tylne koła są jednakowe, wówczas $r_1 = r_2$, $r_1' = r_2'$ i $q_1 = q_2$. Oznaczając zaś przez $Q = Q_1 + Q_2$ ciężar całego wozu czterokołowego, otrzymamy:

$$F = \frac{Q + 4q}{r} a + f_1 \frac{r'}{r}, \quad \ldots \ldots \quad (96)$$

a po odrzuceniu siły tarcia na osiach:

$$F = \frac{Q + 4q}{r} a \quad \ldots \ldots \quad (97)$$

Z doświadczeń wynika, że siła ciągnienia jest od 6 do 8 razy mniejszą od ciężaru wozu.

95. Podział obciążenia wozu i ładunku na przednią i tylną oś. Przy kołach o jednakowej średnicy w przedniem i tylnem półwoziu ciągnienie F, jak widzimy z wzoru (97), wcale nie zależy od podziału ciężaru na osie, lecz dopiero przy przechodzeniu rowów i wyboi ten podział ma wielkie znaczenie.

Jeśli tylne koła są większej średnicy niż przednie, wówczas na równej drodze lepiej większą część ładunku przenieść na tylną oś — ciągnienie będzie wówczas najmniejszem.

Przy drodze nierównej, z wybojami, lepiej jest obciążyć jednakowo obydwa półwozia, ponieważ półwozia przechodzą przeszkodę kolejno i w razie jednakowego obciążenia półwozi ciągnik rozwija mniejszy wysiłek dla jej pokonania. Znaczny wysiłek więcej męczy konia niż parokrotny, mniejszy. Największa siła ciągnienia, jaką może dać koń na bardzo krótki czas, jest 3 — 4 razy większa od przeciętnej.

Na drogach gliniastych i błotnistych lekko obciążone koła przechodzą swobodnie, ciężko obciążone zapadają się. W danym wypadku lepiej jest mieć ładunek podzielony równomiernie na obie osie.

Z doświadczeń generała Morain'a wynika, że najlepiej jest obciążać osie proporcjonalnie do średnicy kół.

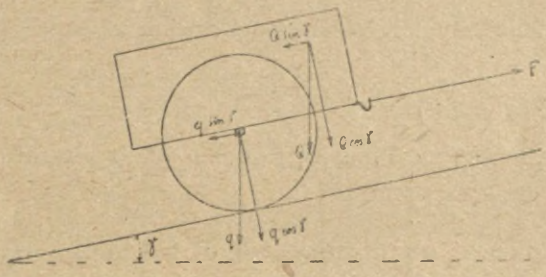
Przyjmując, że tylne koło ma większą średnicę niż przednie i oznaczając ciężar wozu bez kół $Q_1 + Q_2 = Q$ a ciśnienie na przednią oś $Q_1 + Q_3 = Q'$, możemy przedstawić równanie (96) w postaci następującej:

$$F = \left[\frac{Q_1 + 2q_1}{r_1} + \frac{Q - Q' + 2q_2}{r_2}\right] a + f_1 \left[\frac{Q' r_1'}{r'} + \frac{Q - Q'}{r_2} r'_2\right] \quad (98)$$

a po przekształceniu:

$$F = \frac{Qr_1 + Q'(r_2 - r_1) + 2q_1 r_2 + 2q_2 r_1}{r_1 r_2} a + f_1 \frac{Qr_2' r_1 + Q'(r_1' r_2 - r_2' r_1)}{r_1 r_2}$$

W równaniu tem $r_1 - r_2$ — wielkość dodatnia. Promienie buks przedniego i tylnego koła zwykle mało różnią się, więc $r_1' r_2 - r_2' r_1$ jest również dodatnie.



Rys. 165.

Z równania widzimy, że F jest najmniejsze, gdy $Q' = 0$, t. j. cały ładunek leży na tylnej osi.

Wpływ obciążenia tylnego półwozia wyjaśnimy na przykładzie: np. jeśli przy ciężarze jaszcza 75 mm naładowanego (bez obsługi) około 2130 klg przenieść ciężar około 1630 klg na tylne półwozie, wówczas przy wywożeniu tego półwozia z wyboju o bokach z pochyleniem około 30° siła ciągnienia zwiększy się o 980 klg, a całkowita siła ciągnienia osiągnie 1310 klg, co dla 6 koni stanowi zbyt wielki wysiłek.

Przy podziale zaś ładunku mniej więcej na równe części: przodek 980 klg. i jaszcz 1150 klg., siła ciągnienia F będzie około 897 klg. co daje zmniejszenie o 31,5%.

96. Wjazdy i zjazdy. Przypuśćmy, że γ jest kątem nachylenia terenu, po którym porusza się wóz. Siłę ciągnienia przyjmujemy za równoległą do powierzchni terenu (Rys. 165). Roz-

patrzmy ruch wozu dwukołowego. Rozłóżmy ciężar wozu Q i ciężar koła q na dwie składowe: jedną w kierunku równoległym do powierzchni terenu $Q\ Sin\gamma$ i $q\ Sin\gamma$ i drugą prostopadłą do niej: $Q\ Cos\gamma$ i $q\ Cos\gamma$. Jeśli weźmiemy pod uwagę tylko siły $Q\ Cos\gamma$ i $q\ Cos\gamma$, zauważymy, że ich rozkład jest zupełnie podobny do rozkładu odpowiednich sił przy ruchu na terenie poziomym, więc i zależność między niemi byłaby ta sama. Wobec tego możemy wprost skorzystać z ogólnego wzoru (97) dla siły ciągnienia, podstawiając $Q\ Cos\gamma$ zamiast Q i $q\ Cos\gamma$ zamiast q:

$$F' = \frac{Q\ Cos\gamma + 2q\ Cos\gamma}{r}\ a$$

Przyjmując teraz pod uwagę siły $Q\ Sin\gamma$ i $q\ Sin\gamma$, widzimy że ponieważ są one skierowane równolegle do powierzchni terenu,, nie mogą zmienić tem samem jego oporu przeciw ruchowi wozu, lecz dla pokonania tych sił koń powinien rozwinąć siłę równą ich sumie, t. j. $Q\ Sin\gamma + q\ Sin\gamma$. W ten sposób siła ciągnienia F składa się z dwóch sił: F' dla pokonania oporu terenu i składowej ciężaru, to jest:

$$F = F' + (Q + 2q)\ Sin\gamma \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (99)$$

Pochyłości większe od 15° są uważane za niedostępne dla artylerji, t. j. artylerja może wjeżdżać tylko przy pomocy ludzi. $Cos\ 15^0 = 0{,}96$ t. j. prawie 1, $Sin\ 15^0 = 0{,}25$. Ponieważ na drogach γ jest zawsze mniejszą od 15°, możemy $Cos\gamma$ przyjąć za równy 1, wzór dla całkowitej siły ciągnienia przyjmie wówczas postać:

$$F = (Q + 2q)\frac{a}{r} + (Q + 2q)\ Sin\gamma = (Q + 2q)\left(\frac{a}{r} + Sin\gamma\right) . \quad (100)$$

Wzór dla czterokołowego wozu przedstawia się jako suma sił ciągnienia dla przedniego i tylnego półwozia, obliczonej dla każdego oddzielnie.

Spółczynnik $\frac{a}{r}$ na dobrej drodze wynosi około $^1/_{50}$, na średniej $^1/_{12}$ i na złej $^1/_7$.

Podobne znaczenie $Sin\gamma$ ma przy kątach γ: 1°, 5° i 8° ($Sin\ 1^0 = {}^1/_{60}$, $Sin\ 5 = {}^1/_{12}$, $Sin\ 8^0 = {}^1/_7$). Przy ruchu po bardzo złej drodze gruntowej t. j. $\frac{a}{r} = \frac{1}{7}$ wówczas $(\frac{a}{r} + Sin\gamma)$ może być około $^3/_7$ (koń może rozwijać siłę ciągnienia 3—4 razy większą od przeciętnej) czyli $Sin\gamma = {}^2/_7$ i $\gamma =$ ok. 18°.

Stąd wypływa, że na drogach gruntowych nie może być spadków większych ponad 18°.

Przy zjeździe kąt γ i $Sin\gamma$ mają znaczenie ujemne. Jeśli $Sin\gamma$ co do swej bezwzględnej wartości będzie większy od $\frac{a}{r}$, wówczas F otrzyma znaczenie ujemne, t. j. wóz sam stacza się wdół i trzeba go powstrzymywać, by zachował ruch jednostajny. Im lepszą jest droga, tem opór przeciw toczeniu się jest mniejszy i konie muszą wstrzymywać wóz już przy małych kątach γ. Przy kątach znacznych należy hamować koła.

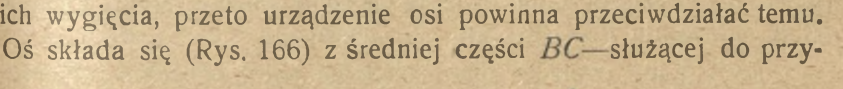
ROZDZIAŁ III.

Części składowe wozu. — Przodki i jaszcze.

97. Osie. Oś jest to sztaba żelazna lub stalowa, zapomocą której wóz może toczyć się na kołach.

W wozach artyleryjskich (działa lub jaszcze) są osie stalowe. W wozach taborowych — żelazne.

Ponieważ na osie wpływa przedewszystkiem siła dążąca do ich wygięcia, przeto urządzenie osi powinna przeciwdziałać temu. Oś składa się (Rys. 166) z średniej części *BC*—służącej do przy-

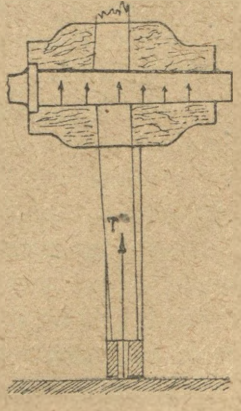


Rys. 166.

mocowania do wozu i wrzecion *AB* i *CD*, na które nakłada się koła. Średnia część osi może być w przekroju kwadratowa, okrągła lub prostokątna.

Aby oś mogła podlegać działaniom znacznych sił we wszystkich kierunkach, robi się ją w przekroju kwadratową lub okrągłą.

Jeśli zaś ma podlegać siłom wyginającym w jednym kierunku, zgrubia się ją w tym kierunku. Np. wozy—osie prostokątne z większym wymiarem w kierunku pionowym, t. j. w kierunku siły ciężkości wozu.



Rys. 167.

Wrzeciona mogą być cylindryczne lub stożkowe. Jeśli rozpatrzymy ciśnienie buksy na wrzeciono (Rys. 167), widzimy, że wrzeciono powinno wytrzymać ciśnienie *T* gruntu na koło, t. j. wrzeciono przy swojej podstawie powinno oprzeć się momentowi siły *Tl*, każdy zaś inny przekrój wrzeciona powinien mieć takie wymiary, by móc oprzeć się od-

powiedniemu momentowi Tl_1, Tl_2....., gdzie l_1, l_2,..... są odległościami odpowiedniego przekroju wrzeciona do punktu przyłożenia siły T.

Wobec tego grubość wrzeciona może stopniowo zmniejszać się ku końcowi bez szkody dla mocy osi.

Stożkowe wrzeciona są dogodniejsze od cylindrycznych, ponieważ: a) zmniejszają ciężar osi, b) zmniejszają ciężar koła przez stosowanie mniejszych buks, c) zmniejszają tarcie i siłę ciągnienia (r' — mniejsze), i d) ułatwiają nakładanie i zdejmowanie kół.

Przy stożkowych wrzecionach dolna tworząca powinna być pozioma.

Jeśli oś wrzeciona stanowi przedłużenie średniej części osi, wówczas ciśnienie wrzeciona na koło, skierowane prostopadle do dolnej tworzącej wrzeciona, da poziomą składową, która będzie dążyć do zsunięcia koła z osi i naciśnie na lon, czem wywoła zbyteczne tarcie i zwiększenie siły ciągnienia.

Jeśli dolna tworząca ma nachylenie wdół, wówczas zachodzi zjawisko odwrotne — pozioma składowa będzie naciskała na opór B, (Rys. 166), co znowu wywoła zbyteczne tarcie i zwiększenie siły ciągnienia.

Najdogodniejszym więc jest poziomy kierunek dolnej tworzącej wrzeciona; nachylenie wdół jest mniej szkodliwe, niż w stronę przeciwną, ponieważ podstawa wrzeciona i opór są częściami trwałemi, zwykle dobrze osłoniętemi i nie wywołują zbyt wielkiego tarcia. Wobec tego dla zabezpieczenia od ciśnienia na lon wrzeciono robi się zwykle z dolną tworzącą nieco pochyloną wdół.

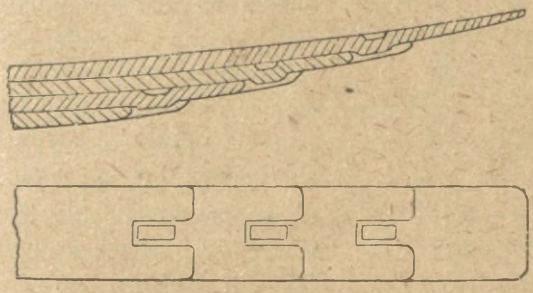
Wrzeciona oddalone są od średniej części osi oporami; na końcach wrzecion są otwory dla lonów (przetyczek).

W niektórych działach celem zwiększenia średnicy kół a zarazem i obniżenia wysokości działa były zastosowane osie o kształcie łamanym (wykorbionym). Osie podobne powinny być mocniejsze od zwykłych, przez co są cięższe niż osie proste. Przykład: osie 3 cal. armaty polowej rosyjskiej, 120 mm i 155 mm. haubic francuskich wz. 1890 r.

Sposoby połączenia osi z wozem charakteryzują się zastosowaniem części pośredniej, która zwiększając powierzchnię styczną wzmacnia tem samem samą oś.

W wozach osie zwykle są osłonięte drewnianem pokryciem połączonem zapomocą strzemion z wozem.

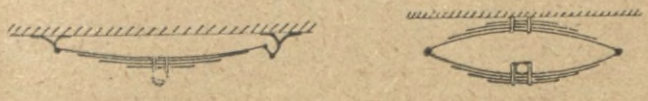
98. Resory. Resory służą do osłabiania uderzeń, wywołanych nierównością drogi; są to sprężyny, złożone z podłużnych listew stalowych (Rys. 168). Resory są pojedyńcze i podwójne. Pojedyńcze, używane w wozach wojskowych składają się z resoru przymocowanego końcami do pudła wozu, do środka zaś resoru przymocowuje się oś. Podwójnych resorów używa się tylko w powozach (Rys. 169).



Rys. 168.

Resory zależnie od konstrukcji wozu umieszcza się równolegle lub prostopadle do osi, w większych wozach jak omnibusy jednocześnie używa się resorów równoległych i prostopadłych do osi.

Podczas ubiegłej wojny dla artylerji ciężkiej, zwłaszcza dla dział z ciągnikami poruszającemi się z większemi szybkościami, zastosowano resory używane tylko podczas drogi i wyłączane z łoża podczas strzelania. Np. sprzęt 145/155 mm, 155 mm armaty o wielkiej donośności Filloux.



Rys. 169.

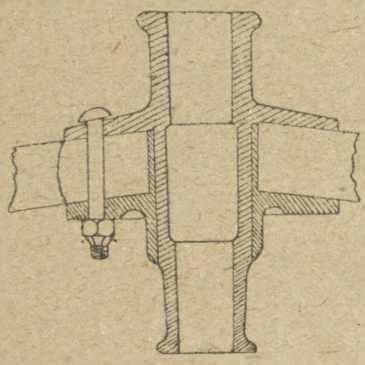
99. Koła. Koła wozów wojskowych powinny być: a) mocne, aby mogły wytrzymywać cały ciężar ładunku wozu; mocnemi zwłaszcza powinny być koła dział, które oprócz ciężaru działa przy strzale otrzymują dodatkowe ciśnienie, b) elastyczne i c) lekkie.

Koło składa się z piasty, szprych, dzwon i obręczy.

Piasta służy do umocowania szprych. Piasta może być drewnianą lub metalową. Drewniane piasty są w użyciu w wozach

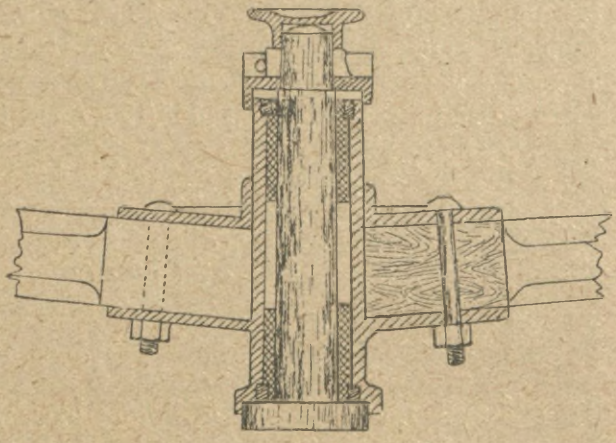
taborowych, metalowe w wozach artyleryjskich i stopniowo wchodzą w użycie także w wozach taborowych.

Piasta metalowa może być cała z bronzu (Rys. 170) lub z innego metalu o bronzowej jednak buksie (Rys. 171).



Rys. 170.

Obie piasty, jak widzimy z rysunków, są zupełnie analogicznie urządzone — jedyna różnica zachodzi w zastosowaniu buksy. Piasta metalowa składa się z obsady z kręgiem i kręgu ruchomego. Wewnątrz obsady w piastach z bronzu jest wyżłobienie przeznaczone do utrzymania pewnej ilości smaru, bez czego osie trzeba byłoby stale smarować. W piastach stalowych lub żelaznych w otwór obsady wstawia się z obydwóch końców krótkie buksy bronzowe, które służą do zmniejszenia tarcia między kołem a wrzecionem; przestrzeń między buksami służy, jak i w piastach bronzowych do utrzymania smaru. Szprychy służą do połączenia piasty z dzwonami koła. Wyrabia się je z młodego dębu lub z akacji, jako drzew posiadających wielką sprężystość. W szprysze



Rys. 171.

rozróżniamy wsad, średnią część i czop. Szprychy są osadzone w piaście wsadami i umocowane zapomocą sierdzeni między kręgiem obsady i ruchomym. Kształt wsadu zależnie od konstrukcji koła bywa prostokątny lub klinowy. Wsad nie dotyka piasty

lub jest oddzielony od niej cienkim podkładem z drzewa w tym celu, aby szprycha zawarta między dzwonem a piastą mniej podlegała wstrząśnieniom udzielanym przez dzwono.

Czop cylindryczny wstawia się w odpowiednie otwory w dzwonie.

Dla umocowania szprychy czop jest rozpiłowany i w szczelinę po wstawieniu czopa w otwór wbija się klin. Szprychy są nachylone na zewnątrz pod pewnym kątem do osi. Nachylenie mierzy się odległością między zewnętrzną płaszczyzną dzwona a piastą w linji poziomej.

Nachylenie szprych konieczne jest z powodów następujących: opór szprych wobec sił wyginających nie jest wielki; przy szybkich tempach ruchu po gruncie nierównym pozioma składowa oporu gruntu przy pochyleniach osiąga znaczną wielkość i dąży do wyłamania szprych. Dla zmniejszenia wyłamującego działania składowej oporu gruntu nadaje się szprychom takie nachylenie na zewnątrz do osi piasty, przy którem składowa oporu gruntu będzie najmniejszą. Nachylenie wynosi zwykle około 5°, większe nachylenie przeniosłoby całe ciśnienie na jeden koniec piasty, co ścierałoby oś i piastę, ewentualnie buksy.

Dzwona tworzące obwód koła są rżnięte z desek dębowych lub wiązowych. W kole przylegają dzwona ściśle jedno do drugiego; celem zabezpieczenia ich przylegania są połączone ze sobą zapomocą klamer.

Obręcz ściąga wszystkie części koła, nadając kołu potrzebną moc i wytrzymałość i zabezpiecza obwód koła od ścierania się i uszkodzenia.

Obręcz łączy się z obwodem dzwona zapomocą sierdzeni.

100. Hamulce pochodowe. Hamulec pochodowy służy do zmniejszenia szybkości ruchu lub wstrzymania wozu. Hamując wóz, poddaje się obręcze kół silnemu tarciu lub unieruchamia się koła. W niektórych działach hamulec pochodowy służył jednocześnie do ograniczenia długości odrzutu działa po strzale.

Hamulce pochodowe możemy podzielić na dwie grupy:

a) hamulce unieruchamiające koła,

b) hamulce działające siłą tarcia.

Hamulce unieruchamiające koła są bardzo proste i składają się z łańcucha lub liny z hakiem (80 mm armata franc. górska) lub z poprzeczką (3 cal. arm. rosyjska wz. 1902).

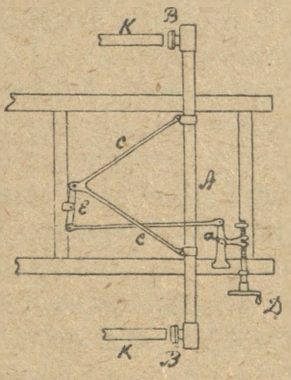
Łańcuch zaczepia się o ogon łoża, hak lub poprzeczkę zakłada się na obwód koła, opierając je o szprychy.

Inny system hamulców unieruchamiających stanowią sanice (trzewiki), podkładane pod koła. Sanicę łączy się z łożem zapomocą łańcucha. Hamulce unieruchamiające mają jednak strony ujemne.

1. Hamowanie wozu może być przeprowadzone tylko po jego zatrzymaniu, co w długich kolumnach marszowych odbija się na porządku marszu.

2. Hamulce unieruchamiające niszczą koła i szprychy.

Hamulce działające siłą tarcia (Rys. 172) składają się z poprzecznicy *A* z klockami *B* na końcach i przyrządu hamującego. Obracając koło hamulca *D* działamy dźwignią *a*, która przez poprzeczną dźwignię *E* i wąsy *cc* przyciska lub odsuwa klocki od kół *K*, *K*.



Rys. 172.

Hamulce tego systemu pozwalają regulować stopień zahamowania zależnie od spadzistości drogi, mogą być używane podczas ruchu i nie niszczą kół. Jedyną ujemną stroną jest łatwość skrzywienia poprzecznicy, co powoduje nierównomierne hamowanie obydwóch kół.

Podobne hamulce działajace siłą tarcia są zastosowane w artylerji całego świata i w wozach wojskowych.

Francuskie działo górskie 80 mm wz. 1880 posiada hamulec piasty: jest to pierścień naśrubowany na koniec wrzeciona. Przez zakręcenie pierścienia unieruchamia się koło. Hamulec ten nie jest jednak dobry ze względu na to, że tarcie z powodu małego promienia piasty jest nieznaczne.

101. Orczyk, orczyca, dyszel. Orczyk jest to krótki pręt metalowy lub drewniany, posiadający w średniej części ucho do zaczepienia o hak orczycy, a na końcach haki dla zaczepienia postronków pociągowych. Orczyk ma na celu pozwolić ramionom konia poruszać się swobodnie i uniknąć naciskania i tarcia chomonta lub napierśnika.

Orczyk pozwala postronkom pociągowym na pewien ruch w kierunku ich długości, dzięki czemu przy wahadłowym ruchu przodu końskiego napierśnik lub chomonto może poruszać się jednocześnie z ruchem ramion konia.

Jeśli wóz ma poruszać się wyłącznie stępa, to orczyk może być odrzucony i postronki pociągowe zaczepione wprost o haki orczycy.

Dla ułatwienia poruszeń konia i zabezpieczenia go od odparzeń i ran od chomonta, urządza się orczyki na sprężynach lub buforach kauczukowych, aby zwiększyć sprężystość postronków pociągowych

Sprężyny podobne zaoszczędzają około 25% siły ciągnienia konia.

W zaprzęgach bez orczyków—postronki są zaczepione o haki na sprężynach (np. zaprząg francuski).

Orczyca jest to pręt metalowy lub drewniany, do którego przyczepia się orczyki lub bezpośrednio postronki. Orczyca pary dyszlowej jest nieruchoma, orczyca przymocowana do dyszla — zawsze ruchoma.

Orczyca ma na celu zespolić ruchy koni tak, by ich wysiłki były przyłożone symetrycznie do wozu.

Dyszel jest to długi pręt drewniany, przymocowany do przedniego półwozia, zapomocą którego woźnica kieruje wozem, a konie mogą wóz wstrzymywać i cofać wstecz.

102. Przodki i jaszcze. Przodek jest przedniem półwoziem zaczepionego działa i stanowi z nim wóz czterokołowy.

W przodkach dział polowych lekkich przewozi się część amunicji, przodki dział ciężkich służą li tylko jako przednie półwozia.

Przodek dział polowych lekkich składa się z ramy podwozia, do której jest przymocowany sworzeń, oś z kołami, dyszel i orczyki, na ramie zaś jest ustawiona skrzynia nabojowa z gniazdami na naboje lub skrzynki.

Przodek dział ciężkich składa się z ramy, do której jest przymocowany sworzeń, oś z kołem, dyszel i orczyki.

Jaszcz służy do przewożenia amunicji; przodek jaszcza jest zupełnie taki sam, jak i przodek działa, tak, że w razie potrzeby można przeprowadzić zamianę.

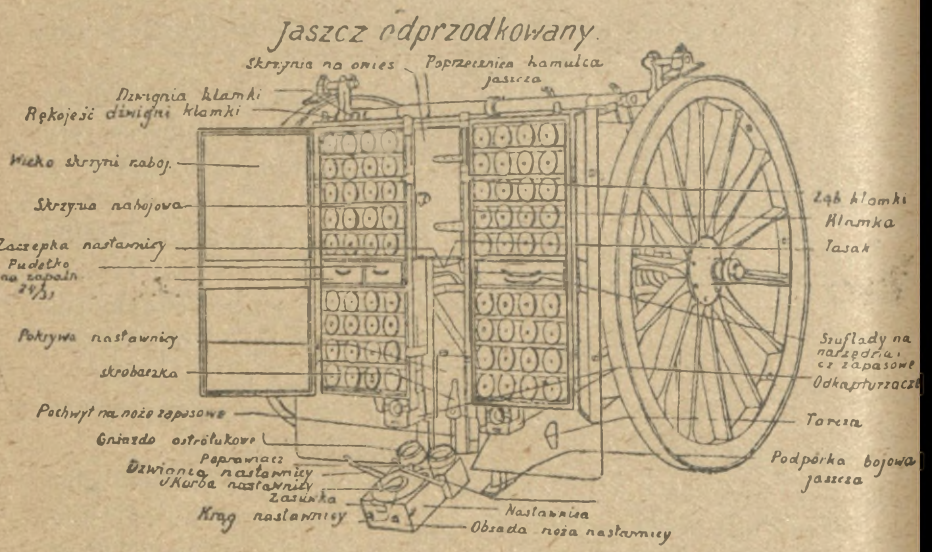
Konstrukcja jaszcza zależnie od systemu jest podobną do konstrukcji przodka lub odmienną.

Przykładem jaszcza jednakowo urządzonego z przodkiem służą jaszcze artylerji polowej rosyjskiej. Różnica zachodziła tylko w ilości przewożonej amunicji (38 przodek działa, 40 przodek jaszcza i 48 jaszcz) — wolne przedziałki były zajęte na skrzynki z częściami zapasowemi. Amunicja była przewożona po cztery naboje w skrzynkach nabojowych. Tylna ściana jaszcza służyła jako drzwiczki.

Jaszcze systemu francuskiego (Rys. 173) są urządzone we wnątrz zupełnie odmiennie od przodka.

Jaszcz składa się z czterech przegródek z gniazdami na naboje, zawiera skrzynki z zapalnikami, skrzynię na owies i gniazdo dla nastawnicy.

Ustawienie jaszcza w pozycji bojowej polega na opuszczeniu go tylną ścianą wdół, wskutek czego wierzchnia część, stanowiąca wieko jaszcza, będzie w położeniu pionowem.



Rys. 173.

Jaszcz typu francuskiego w porównaniu z systemem rosyjskim posiada następujące strony dodatnie: a) zawiera więcej amunicji, b) przewozi więcej ładunku przy tym samym prawie ciężarze, ponieważ odpadają skrzynki nabojowe, c) przedstawia większą osłonę dla obsługi — przez odpowiednią konstrukcję wieka.

Po wojnie rosyjsko-japońskiej (1904—1905) kiedy wzmogła się siła ognia artylerji szybkostrzelnej, wprowadzono w artylerji polowej równocześnie z tarczami do dział pancerze dla jaszczy. Pancerz ze stali grubości około 3,5 mm. pokrywa tylko te części jaszcza, które na stanowisku są zwrócone w stronę przeciwnika.

ROZDZIAŁ IV.

Przewożenie sprzętu artyleryjskiego. — Ciągniki.

103. Ruchliwość sprzętu artyleryjskiego. Ruchliwością nazywamy zdolność sprzętu artyleryjskiego do poruszeń. Zależnie od typu i kalibru, sprzęt artyleryjski nie powinien przekraczać pewnej granicy ciężaru.

Potęga działa jest ściśle związana z jego ciężarem i wprost przeciwna ruchliwości.

Zadanie kostruktora polega na pogodzeniu potęgi, stateczności i odporności sprzętu z ruchliwością.

W praktyce przeznaczenie sprzętu określa sposób jego przewożenia, skąd pochodzi wymaganie nieprzekraczania pewnej określonej granicy.

Przekroczyć tę granicę możemy, rozkładając działa na poszczególne wozy, z których każdy odpowiada postawionym wymaganiom.

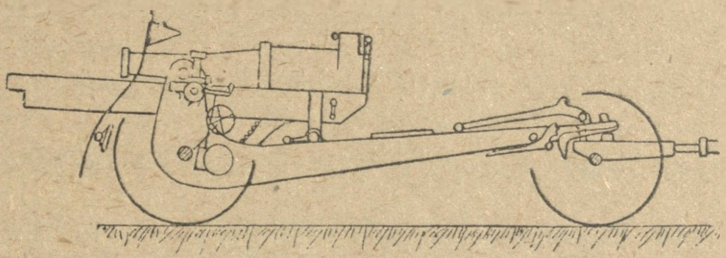
104. Sposoby przewożenia sprzętu artyleryjskiego. Pod względem sposobu przewożenia, sprzęt artyleryjski możemy podzielić na trzy grupy:

a) sprzęt nie wymagający żadnych przygotowań do marszu,
b) sprzęt wymagający pewnych przygotowań do marszu,
c) sprzęt rozkładany na poszczególne wozy.

Do pierwszej grupy należą przedewszystkiem polowe armaty lekkie, w których czy to podczas marszu czy walki nie zachodzą żadne zmiany co do wzajemnego położenia lufy i łoża. Do tejże grupy możemy zaliczyć działa na torach kolejowych i niektóre działa umieszczone na łożach — ciągnikach (np. 194 mm. armata St. Chamond), jak również czołgi.

Do drugiej grupy należą wszystkie haubice kalibru do 155 mm. i armaty kalibru ponad 100 mm., w których podczas przewożenia trzeba przekładać lufę wtył w celu przeniesienia części ciężaru na przednią oś. Np. 155 mm. haubica Schneidera wzoru 1917 (Rys. 174).

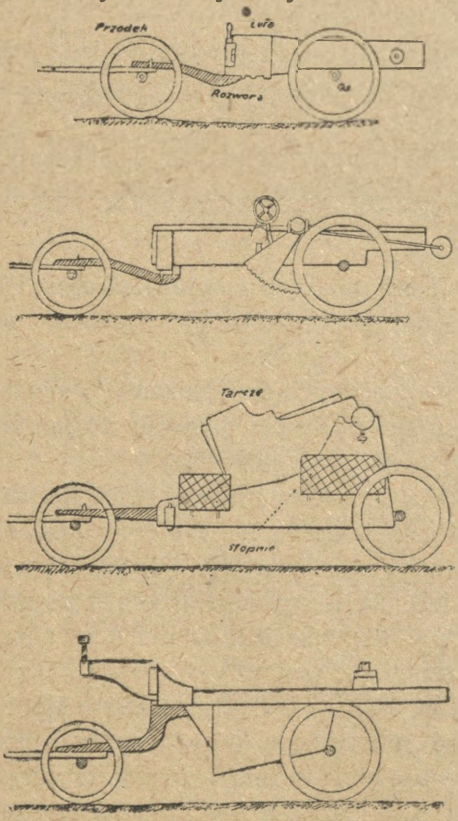
Do trzeciej grupy zalicza się wszystkie działa artylerji ciężkiej i najcięższej, których nie można przewozić ze względu na ich ciężar — jednym wozem. Działa takie składają się z dwóch



Rys. 174.

lub więcej wozów. Np. moździerz francuski 280 mm. dla marszu rozkłada się na cztery oddzielne wozy: lufa, kołyska, łoże i podstawa (Rys. 175).

Przy niektórych systemach dział środki przewozowe są urządzone w taki sposób, że można je przewozić, zależnie od potrzeby — różnemi sposobami — końmi, koleją i automobilami. Np. 240 T. R. działo francuskie mod. 1904, 240 mod. 1884, moździerz 370 mm.



Rys. 175.

105. Ciągniki. Ciągnikami w artylerji są: koń, samochód, ciągnik gąsienicowy i parowóz. Wojnę 1914—1918 roku wszystkie wojska rozpoczęły prawie wyłącznie zaprzęgiem końskim o ile idzie o artylerję.

W 1914 roku tylko pewna, bardzo mała ilość artyleryj używała ciągników samochodowych: w artylerji francuskiej (materjał de Bange), nieco więcej (artylerja oblężnicza) w armjach austrjackiej i niemieckiej.

W 1915 roku stabilizacja frontu zachodniego wysunęła potrzebę artylerji potężnej, a więc i cięższej, co zmusiło zwrócić się do umieszczenia dział na torach kolejowych i samochodach. Jednakowoż samochody zwykłe okazały się niedogodne przy ruchu bez dróg lub po złych drogach: trzeba było budować drogi, ruch przy zjeździe z drogi wymagał pomocy ludzi itp. Znaleziono więc inne rozwiązanie—mianowicie zastosowano ciągniki gąsienicowe, lecz tylko jako sprzęt pomocniczy dla ruchu w terenie i złych drogach; ciągniki gąsienicowe były przewożone samochodami lub koleją do przewidywanego miejsca działania.

W latach następnych ze zmniejszeniem ilości koni wojska państw sprzymierzonych i centralnych przeszły do przewożenia dział polowych lekkich samochodami.

Obecnie przeprowadza się liczne próby i doświadczenia z różnorodnemi ciągnikami—w każdym razie o jednolitym sposobie przewożenia wszystkich dział nie może być mowy z powodu różnic w taktycznem zastosowaniu kalibrów. Możliwem jest rozwiązanie następujące: ciągnik gąsienicowy ze specjalnemi kołami dla ruchu po drogach.

Czy takie rozwiązanie może być przyjęte dla całej artylerji—przyszłość pokaże. W każdym razie dla artylerji polskiej koń pozostanie jeszcze przez długi przeciąg czasu głównym ciągnikiem.

Koleje żelazne normalne umożliwiają szybkie przewożenie ciężkiego sprzętu artyleryjskiego i nagromadzenie w krótkim przeciągu czasu znacznej ilości takiej artylerji w wybranym punkcie frontu.

Wykonanie zadań ogniowych zależy od stopnia rozwoju łuków kolejowych, z których artylerja tego typu strzela.

Koleje żelazne wąskotorowe oddają większe usługi niż normalne z powodu łatwej i szybkiej instalacji, którą można doprowadzić do najdalej wysuniętych stanowisk artylerji.

Rozpatrzmy kolejno ciągniki sprzętu artyleryjskiego, poświęcając jednak najwięcej miejsca koniowi, jako ciągnikowi, prawie wyłącznie stosowanemu w artylerji polskiej.

106. Koń — siła ciągnienia. Przewożenie dział końmi osiąga się dwoma sposobami: koń wiezie działo lub niesie.

Oprócz koni do wożenia dział można zastosować muły i woły.

U konia jako ciągnika interesuje nas ta siła ciągnienia, jaką może dać koń.

Doświadczenia wykazały, że na siłę ciągnienia konia wpływa system uprzęży konia i grunt, po którym odbywa się ruch.

Wpływ systemu uprzęży. Uprząż może być napierśnikowa i chomontowa. Chomonto pozwala koniowi rozwinąć większy wysiłek niż napierśnik, ponieważ chomonto opiera się całkowicie o ramiona konia. Porównanie napierśnika i chomonta przemawia za chomontem, lecz uprząż napierśnikowa jest znacznie tańsza. Napierśniki miała tylko artylerja francuska, prawie wszystkie inne artylerje miały uprząż chomontową. Stronami ujemnemi chomonta są: ciężar znacznie większy niż napierśnika, złożona konstrukcja i wskutek tego trudność dopasowania, gdy napierśnik jest prosty i łatwo go dopasować; odparzenia i zranienia są cięższe przy chomoncie niż przy napierśniku. Stronami ujemnemi napierśnika są: powierzchnia styczna z koniem jest mała, napierśnik nie daje tak wielkiej powierzchni oporu jak chomonto; napierśnik ciśnie na dolną część ramienia i to tem znaczniej, im silniej koń ciągnie; wobec tego, że koń głównie opiera się o napierśnik ramieniem nogi, którą stawia na ziemię, część siły ciągnienia konia pozostaje niewykorzystaną; wreszcie źle przystosowany napierśnik ciśnie na przewód oddechowy.

Doświadczenia przeprowadzone przez francuskich artylerzystów wykazały, że na siłę ciągnienia konia wpływa nachylenie postronków pociągowych.

Doświadczenia te wykazały, że koń nie obciążony da największy wysiłek przy nachyleniu postronków pociągowych od 10^0—12^0, koń obciążony do 100 klg. — przy 6^0 do 7^0.

W artylerji jest przyjęte nachylenie postronków około 7^0.

Dla ilustracji przytaczamy doświadczenia francuskie przeprowadzone w 1816 roku w Metzu*).

Nachylenie postr. pociągowych	Wysiłek konia w kilogramach		
	Silnego	Średniego	Słabego
0^0	389	346	368
6^0— 7^0	428	376	400
10^0—12^0	433	401	422
13^0—16^0	397	366	382

Doświadczenia były przeprowadzone z końmi nieobciążonemi.

Praktyka wykazuje, że chociaż wysiłek konia nieobciążonego wynosi tylko 443 klg.—to wysiłek tego samego konia ale obciążonego dojdzie do 460 klg.

*) Dane z „Kursu artylerji“ Markiewicza i Niłusa.

W niektórych poszczególnych wypadkach koń szarpiąc może dać wysiłek dochodzący do 900 — 1000 klg.

Wpływ ciężaru konia. Przyleganie lub tarcie kopyt konia o ziemię zwiększa się z jego ciężarem, wobec tego z dwóch koni różnego ciężaru cięższy koń na gładkiej drodze może dać większy wysiłek.

Wpływ gruntu. Im bardziej śliski jest grunt, tem więcej zmniejsza wysiłek konia, ponieważ sam koń znaczną część swojej siły zużywa na utrzymanie się na powierzchni drogi.

Dla zwiększenia tarcia np. na lodzie stosuje się specjalne kucie (ocele).

107. Przeciętny wysiłek konia. Siła ciągnienia w zaprzęgu. Przeciętny wysiłek konia zależy od siły konia, tempa marszu i warunków, w jakich odbywa się marsz.

Doświadczenia wykazały, że przeciętny wysiłek konia przy marszu stępa podczas 10 godzin wynosi 70 klg., u silnych koni liczba ta podnosi się do 80 klg.

Przyjmując współczynnik siły ciągnienia na drogach $^1/_{12}$, otrzymamy, że przeciętny koń może normalnie ciągnąć wóz wiozący $70 \times 12 = 840$ klg. Tempo marszu zmniejsza przeciętny wysiłek, ponieważ praca wykonana w jednostce czasu zwiększa się z szybkością ruchu i przestrzenią.

W artylerji, licząc się z różnorodnemi warunkami terenu i szybkościami, przyjmuje się jako przeciętny wysiłek konia 40 klg., co przy przeciętnym współczynniku siły ciągnienia $^1/_8 — ^1/_9$ daje 320—360 klg. obciążenia na jednego konia, a przy sześciu koniach 1920—2160 klg.

Jeśli mamy zaprząg złożony z kilku koni, przeciętny wysiłek każdego konia zmniejsza się, ponieważ konie pracując jednocześnie przeszkadzają sobie wzajemnie, przez co zużywa się część pracy.

Im szybsze jest tempo marszu, tem większa jest strata pracy.

Doświadczenie wykazuje, że siłę ciągnienia jednego konia przy zaprzęgu z kilku koni można liczyć zmniejszoną proporcjonalnie do następujących:

Ilość koni w zaprzęgu	2	3	4	6	8
Stosunek do siły ciągnienia 1 konia . .	1	0,95	0,9	0,8	0,7

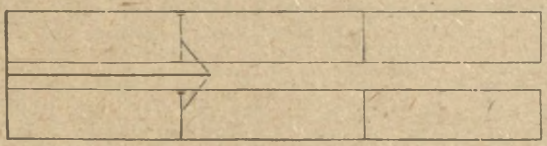
Wobec tego, jeśli przeciętny koń daje przeciętny wysiłek 70 klg., wówczas przy poszóstnym zaprzęgu da tylko 56 klg.

Dla określenia ilości koni w zaprzęgu korzysta się z następujących, praktycznych wzorów:

$$N = \frac{Q}{m \cdot W} \text{ i } N = \frac{Q}{p}$$

gdzie Q — ciężar wozu, $m = \frac{a}{r}$ współczynnik siły ciągnienia (p. art. 93) W — przeciętny wysiłek konia, p — ciężar który koń może ciągnąć (dla wozów wojskowych 320 — 360 klg.).

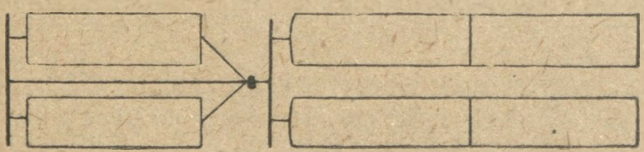
108. Sposoby zaprzęgania używane w artylerji. Istnieją dwa zasadnicze sposoby zaprzęgania koni: francuski (Rys. 176)



Rys. 176.

i niemiecki (Rys. 177). Sposób francuski polega na połączeniu ze sobą postronków pociągowych wszystkich par całego zaprzęgu.

Sposób niemiecki polega na oddzieleniu pary dyszlowej od średniej i przedniej i zaczepieniu postronków średniej pary do orczycy ruchomej, przyczepionej do dyszla i połączeniu postron-



Rys. 177.

ków pociągowych przedniej pary z postronkami średniej. Francuski sposób zaprzęgu czyni niepotrzebnemi orczyki, ponieważ konie nie są zależne jeden od drugiego i postronki pociągowe koni dyszlowych są naciągnięte przez konie przedniej i średniej pary i nie mogą mieć stałego ruchu wprzód i wtył. W tym wypadku przymocowuje się postronki do sprężyn na orczycy. Z tych samych powodów w zaprzęgu niemieckim są zniesione orczyki przy orczycy ruchomej, jeśli zaprzęga się do niej więcej niż 4 konie.

W artylerji stosuje się zaprząg w jednego konia, w dwa, cztery, sześć, osiem i więcej koni. Zaprzęgu powyżej ośmiu koni obecnie wobec rozwoju ciągników motorowych i stosowania dział rozbieralnych wcale się nie używa.

Zaprząg w jednego konia wymaga obowiązkowo hołobli. Koń ciągnie za postronki pociągowe, hołoble zaś służą do kierowania i zatrzymywania wozu.

Zaprząg w hołoble jest dość złożony, konia trudno wyprząc, gdy ten upadnie, ponieważ koń skrępowany hołoblami sam wstać nie może.

Przy jeździe po nierównej drodze hołoble uderzają konia i spychają go w stronę niżej położonego koła.

Jezdny kieruje koniem zapomocą lejc.

Przy zaprzęgu w dwa konie stosuje się jeden z następujących sposobów.

1. Jeden koń w hołoblach, drugi przed nim.
2. Jeden koń w hołoblach, drugi przyprzęgnięty z lewej strony.
3. Oba konie wprzęgnięte po obu stronach dyszla:
   a) sposobem niemieckim,
   b) „ francuskim,
   c) „ hiszpańskim.

Z trzech powyższych sposobów zaprzęgania wozu dwukołowego pierwszy można uważać za najlepszy, pozwala bowiem wykorzystać maksimum wydajności siły ciągnienia obydwóch koni.

Przy drugim sposobie zaprzęgania wozu dwukołowego przyprzężony koń, ciągnący z lewej strony, dąży do skręcenia całego wozu w stronę konia idącego w hołoblach, który wobec tego musi oprócz zwykłego ciągnienia wysilać się na opór przeciw ciągłym spychaniom wprawo przez przyprzężonego konia.

Dla osłabienia działania przyprzężonego konia zmusza się go ciągnąć pod większym kątem do konia w hołoblach, wobec czego sama siła ciągnienia tego konia zmniejsza stopień skręcenia wozu wprawo.

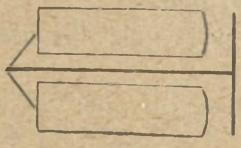
To samo zjawisko zaobserwujemy, jeśli przyprzęgniemy konia do orczycy wozu dwukołowego.

Zaprzęg dyszlowy usuwa wszelkie niedogodności wskazane wyżej. Siła ciągnienia i wysiłek wstrzymujący przykładają się równomiernie do wozu. Sam zaprzeg jest prostszy, koń jest znacznie swobodniejszy, łatwo go wyprząc; jeśli upadnie, może wstać sam; bocznych uderzeń dyszla prawie niema.

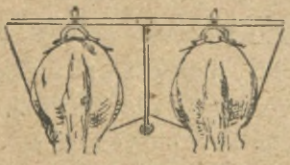
Ujemną stroną zaprzęgu dyszlowego jest obciążenie kłęba konia—należy więc dążyć do takiego zrównoważenia dyszla, aby obciążenie było najmniejszem. Doświadczenia wykazują, że obciążenie do 10 klg. nie jest zupełnie szkodliwe dla konia.

a) Zaprzęg dyszlowy niemiecki i francuski (Rys. 178 i 179). Obydwa te sposoby zaprzęgu różnią się tylko sposobem zaczepienia dyszla.

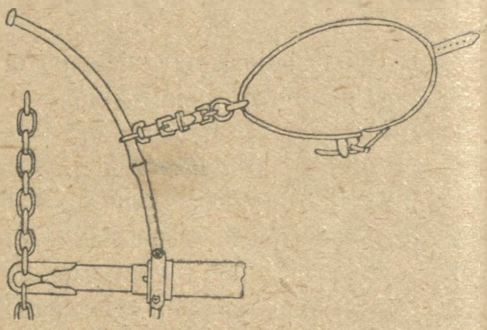
W sposobie niemieckim specjalny rzemień naszelnikowy zaczepia się o chomonto, przyczepia się do haków na dyszlu, który utrzymuje się w równowadze, przez co pozwala na doczepienie orczycy ruchomej przy zaprzęgu 4 ch i więcej koni. Stroną ujemną sposobu niemieckiego jest silne ciśnienie, wywierane przez naszelniki na chomonto wyżej stojącego konia i mała ruchliwość dyszla, wskutek czego przy znacznych nierównościach terenu dyszel przez naszelniki szarpie konie.



Rys. 178.



Rys. 180.



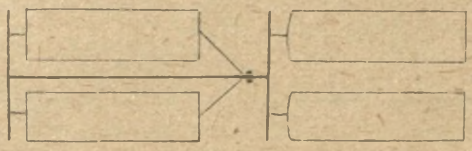
Rys. 179.

W sposobie francuskim konie podtrzymują dyszel. W tym celu koniec dyszla posiada dwa wąsy ruchome, po których ślizga się pierścień. Naszelnik łączy się rzemieniem naszelnikowym z odpowiednim pierścieniem. Łańcuchy na końcach dyszla służą do zaczepienia o haki na napierśniku. Stroną dodatnią tego systemu są obracające się swobodnie około dyszla wąsy, co powoduje przeniesienie ciśnienia na oba konie, jednocześnie niezależnie od tego, czy konie stoją na jednym poziomie. Dyszel jest zupełnie swobodny dzięki ślizgającym się pierścieniom, wskutek czego naszelnik nie szarpie koni. Przy tym systemie nie można używać ruchomej orczycy przyczepionej do końca dyszla, ponieważ przy zjazdach orczyca, zwiększając ciężar końca dyszla może nadmiernie obciążyć kłęby końskie.

b) Hiszpański sposób (Rys. 180) polega na osiodłaniu obydwóch koni siodełkami, na które kładą poprzeczkę. Rzemień przypięty do jednego końca poprzeczki przechodzi pod piersią koni i przez pętlę nad dyszlem. Dyszel jest podwieszony zapomocą rzemienia do poprzeczki. Przy tym sposobie dyszel nie może podnieść się ponad pewną granicę, na którą pozwala rzemień obwodowy zapięty dość luźno, aby konie do pewnego stopnia mogły się swobodnie poruszać na boki.

Wahania dyszla nie udzielają się koniom, ciśnienie rozkłada się na grzbiety, kłęby zaś są zabezpieczone od poranień.

Zaprzęg poczwórny i poszóstny. Mówiąc o różnicy zaprzęgu francuskiego i niemieckiego, wskazaliśmy na istotną różnicę między niemi. Zaprzęg poczwórny francuski niczem się nie różni od poszóstnego, niemiecki zaś ma przymocowane do orczycy ruchomej orczyki (Rys. 181) aby dać więcej swobody koniom przedniej



Rys. 181.

pary i przez to zwiększyć siłę ciągnienia czwórki. Zaprząg ósemką nie różni się niczem specjalnem od zaprzęgu poszóstnego.

Jeśli zaprzęgamy kilkanaście koni, wówczas przeprowadzamy różnorodne kombinacje, zależnie od drogi i szybkości ruchu. W każdym razie parami możemy zaprząc tylko 10 koni, przy wyższej liczbie siła ciągnienia koni obniża się znacznie.

109. Juki. Artylerję na jukach przewozi się w krajach górzystych, gdzie brak dróg i strome ścieżki czynią niemożliwem ciągnienie na kołach.

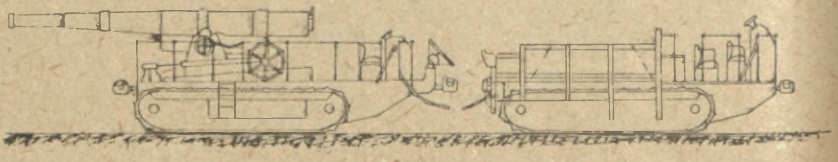
Juk nie powinien przekraczać wagi 100 klg. i powinien pozwalać zwierzęciu swobodnie wchodzić i schodzić z gór, jak również wykonywać w razie potrzeby skoki.

Wszelkie ładunki przewożone sposobem jucznym nakłada się na specjalne siodło juczne.

Siodło takie powinno być związane ściśle z ciałem konia i tak umieszczone, by nie krępowało jego ruchów. W tym celu środek ciężkości ładunku powinien być w płaszczyźnie symetrji

konia, inaczej ładunek będzie przeważał w jedną stronę i wywoła przekrzywienie siodła i poranienie konia; ciśnienie juku powinno być rozłożone równomiernie na płaszczyźnie oporowej i jego środek ciężkości powinien być w pionowej płaszczyźnie dzielącej przez pół siodło i prostopadłej do płaszczyzny symetrji ciała konia; środek ciężkości juku powinien być możliwie blisko grzbietu końskiego; juk nie powinien przechodzić za kontury konia, t. j. jego szerokość nie może przekraczać 1 metr. Siodła juczne urządzone są w taki sposób, że z łatwością dają się przekształcić w wierzchowe, rzemienie zaś dodatkowe tworzą uprząż, co pozwala bez trudu zaprzęgać konie do dział górskich złożonych do marszu.

110. Ciągniki gąsienicowe. W wojnie 1914—1918 roku były stosowane przeważnie tylko na zachodnim froncie samochody ciężarowe i ciągniki gąsienicowe jako ciągniki dział.



Rys. 182.

Praktyka wykazała, że tylko ciągniki gąsienicowe mogą być zastosowane w artylerji, samochody były zupełnie bezużyteczne przy ruchu w terenie bezdrożnym.

O mniejszej szybkości niż samochody, ciągniki gąsienicowe pokonują wszelkie przeszkody w terenie i mogą poruszać się w takich nawet miejscach, gdzie koń nieobciążony zapada się (Is-sur-Tille—przemarsz baterji 155 mm. G. P. F.) [1]).

W ostatnim roku wojny ukazały się działa artylerji ciężkiej na łożach-ciągnikach np. 194 mm. na łożu ciągniku St. Chamond (Rys. 182).

Wysokie zalety łóż-ciągników stwierdziły specjalne badania w tym kierunku, zwłaszcza we Francji i w Ameryce. Stronnicy tego systemu twierdzą, że może on w zupełności zastępować konie, zwłaszcza, że jest tańszy i wymaga mniej zachodu i troski.

Najważniejszą kwestją przy ciągnikach gąsienicowych jest kwestja zaopatrzenia w paliwo i smary, gdy koń może się wyżywić nawet w bardzo zniszczonym kraju.

---

[1]) Revue d'Artillerie, vol. 85. L'artillerie automobile dans l'armée américaine par Conolly.

Przewóz motorowy jest tańszy (odpada ciągłe uzupełnianie koni), zmniejsza ilość wozów, a przez to znacznie skraca długość kolumn.

Francuski pułk uzbrojony w działa 155 mm. ciężkie, przy zaprzęgu końskim potrzebuje 308 wozów, ten sam pułk przy ciągnikach gąsienicowych tylko 128.

Ciągniki gąsienicowe użyte czy to do przewożenia dział, czy amunicji mogą przewieźć jednorazowo większy ładunek, niż znacznie większa kolumna o zaprzęgu końskim.

Ciągnik ten posiada szybkość większą od końskiego zaprzęgu. Droga przebyta przez konie nie może przekraczać 30 klm. dziennie, gdy ciągniki gąsienicowe przechodzą 40 klm. bez nadwyrężenia systemu, a w razie potrzeby mogą dać szybkość 10 klm. na godzinę.

Przy ruchu poza drogami ruchliwość ciągników gąsienicowych przewyższa znacznie ruchliwość zaprzęgu końskiego, teren nawet nadzwyczaj zryty nie zatrzymuje ruchu, jeśli tylko działo nie zapada się po piastę kół.

Z drugiej strony ciągniki gąsienicowe wymagają znacznego personelu specjalnie wyszkolonego, jak kierowców i mechaników, co jest nie potrzebne przy zaprzęgu końskim, gdzie włościanin przychodzi do konia, z którym się styka od dziecka.

Ciągniki gąsienicowe ulegają częstym zepsuciom, zwłaszcza słabym miejscem są gąsienice.

Nieprzezwyciężone trudności napotykają ciągniki gąsienicowe przy przekraczaniu wód. Wbród przechodzą swobodnie jeśli wysokość wody nie przekracza 60 cm., przy wodzie głębszej trzeba uciekać się do budowy mostów.

Większa część mostów na szosach jest niedostępna dla ciągników przez wzgląd na ich znaczny ciężar.

Mosty pontonowe obliczone na najwyżej 2500 klg. obciążenia na oś, powinny być wzmacniane nawet dla małych ciągników 5-cio tonowych, większe ciągniki wymagają mostów stałych solidnej budowy.

Wąskie przeszkody przekracza ciągnik bez trudności; doświadczenie pokazało, że każdy ciągnik swobodnie przechodzi przez rów szerokości 40—50% długości ciągnika.

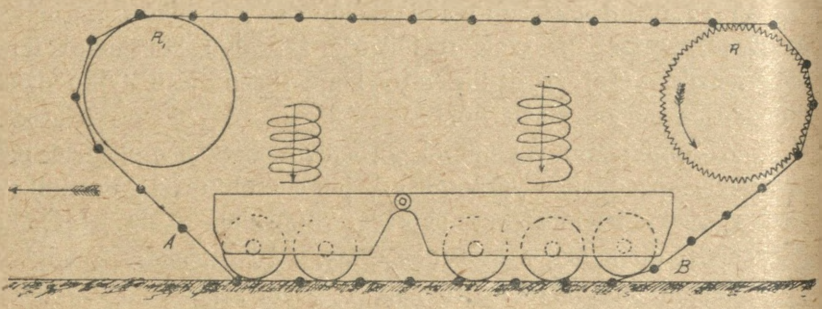
Istota urządzenia ciągników gąsienicowych polega na samoczynnem układaniu drogi pod koła owinięte gąsienicą. Gąsienica jest to szeroki łańcuch składający się z płaskich ogniw i stano-

wiący pomost, po którym toczą się koła wozu umieszczone wewnątrz gąsienicy. (Rys. 183).

Tylne zębate koło R służy do nadania ruchu gąsienicy AB, która posiada w tym celu z wewnętrznej strony ogniw nazębnicę. Przednie koło R_1, wolne na swej osi, służy jako blok dla przesuwania gąsienicy. Podwozie toczy się swemi kołami po gąsienicy, na tym podwoziu umieszczają pudło wozu.

Kierowanie ciągnikiem osiąga się przez uniezależnienie obydwóch gąsienic od siebie. Skręt odbywa się przez unieruchomienie jednej z gąsienic i puszczenie w ruch drugiej.

Ruch ciągnika odbywa się z dwóch przyczyn: z jednej strony z powodu nieruchomości części gąsienicy leżącej na ziemi, z drugiej przez ruch koła zębatego, które, zaczepiając się o gąsienicę, pcha ciągnik naprzód.



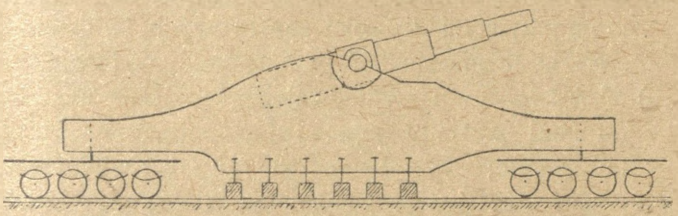
Rys. 183.

111. Koleje żelazne. Ustawienie dział na platformach kolejowych nie było rzeczą nową podczas wojny 1914—1918 roku. Francja na wiele lat przed wojną wprowadziła do uzbrojenia artyleryjskiego twierdz frontu wschodniego haubice 120 mm. i 155 mm. zmontowane na specjalnem łożu-platformie kolejki wąskotorowej 60 cm. Artylerja taka stanowiła ruchomą rezerwę artylerji twierdzy.

Podczas wojny 1914 — 1918 roku pierwsze działa na torach kolejowych, które ukazały się na froncie w maju 1915 roku podczas walk w Artois, były ustawione już na torach kolei normalnej.

Wysokie zalety tego rodzaju artylerji spowodowały szybkie jej powiększenie. Koniec wojny zastał artylerję na torach kolejowych dopiero w początku jej rozkwitu. Większa część dział jest na torach normalnych, ponieważ nie ogranicza to promienia jej działania; działa na torach wąskich są mniej w użyciu przez wzgląd na lokalną tylko strefę działania.

Artylerja na torach kolejowych charakteryzuje się swoją ruchliwością strategiczną, t. j. zdolnością do przejazdów na większe odległości uskutecznianych w krótkim przeciągu czasu i ruchliwością taktyczną, t. j. zdolnością do szybkiej zmiany stanowisk bojowych. Ruchliwość dział na torach kolejowych może być wykorzystana tylko przy należycie rozwiniętej sieci kolejowej.

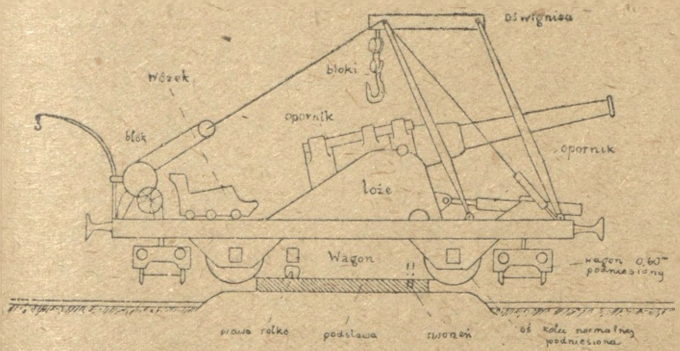


Rys. 184.

Działa na torach kolejowych są ustawiane na specjalnych platformach, pod tym względem możemy podzielić działa te na dwie grupy:

a) działa, wykorzystujące platformy dla ruchu i strzelania (Rys. 184) i

b) działa, wykorzystujące platformy tylko dla ruchu (Rys. 185).



Rys. 185.

Niektóre systemy dział kolejowych mogą strzelać z jakiegokolwiek toru bez uprzedniego przygotowania tego ostatniego, inne tylko z łuków specjalnie przygotowanych. Ustawienie działa na platformie przedstawia schematycznie rysunek 184. Na platformach specjalnych (wzmocnionych, osie zbliżone, koła wzmocnione), leży łoże swemi dwoma wydłużonemi końcami. Średnia

część opuszczona nisko podtrzymuje działo, dla oparcia o ziemię przy strzale łoże posiada specjalne podpórki, lub jak w dziale 320 mm. opiera się wprost swym opornikiem tarcia o szyny kolejowe.

Działom kolejowym pod względem ich ruchliwości stawiają następujące wymagania:

a) *wymiary*, zwłaszcza wysokości powinny odpowiadać normom przyjętym dla kolei państwowych, by działa mogły swobodnie przechodzić pod mostami, w tunelach i t. p.;

b) *obciążenie osi* i rozkład całej masy działa między platformami powinny odpowiadać normalnym warunkom kolejowym; wymaganie to jest najtrudniejszem dla konstruktora przez wzgląd na to, że przy zbliżonych osiach platform osiąga się większe obciążenie osi; granica obciążenia osi wynosi od 15—17 ton., i

c) *szybkość ruchu* powinna odpowiadać przeciętnej szybkości zwykłych pociągów towarowych, a to w tym celu, by artylerja nie naruszała prawidłowego ruchu na kolejach. Wymaganie to jest również związane z konstrukcją materjału, który powinien wytrzymać wielkie szybkości ruchu, (a więc i większe wstrząśnienia) bez zniszczenia.

DZIAŁ V.

Przyrządy celownicze, obserwacyjne i miernicze.

ROZDZIAŁ I.

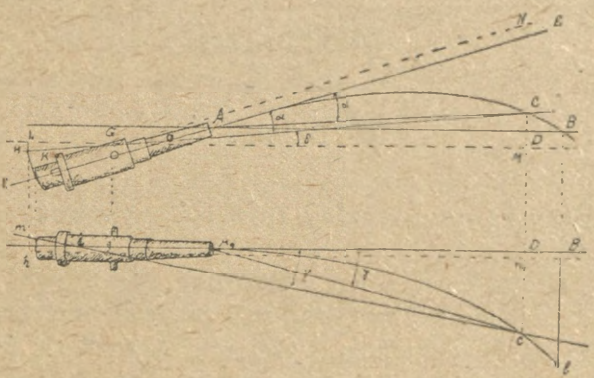
Przyrządy do celowania na wysokość.

112. Istota urządzenia celownika. W swoim czasie do strzelania z dział nie używano żadnych przyrządów celowniczych, ograniczając się do celowania wyżej celu o wielkość pionowego obniżenia pocisku. W obecnych warunkach sposób ten jest niemożliwy ze względu na wielkie odległości strzelania i na stanowiska zakryte zajmowane przez artylerję.

Dla wyjaśnienia istoty urządzenia celownika przypuśćmy, że ACB (Rys. 186) przedstawia pionowy rzut toru, przechodzącego przez punkty C, c; $A_0\ c\ b$ — poziomy jego rzut i wreszcie AC i $A_0\ c$ — rzuty linji celowania, przechodzącej przez punkty C, c. Jeśli przymocujemy do lufy dwa pręty G, g i H, m w taki sposób, by prosta łącząca ich wierzchołki przechodziła przez punkty C, c średniego toru i skierujemy prostą HGC, mgc na cel, wówczas tor ACB, A_0cb, oczywiście przejdzie przez cel, jeśli tylko ten ostatni znajduje się ściśle w odległości AD od działa ponieważ płaszczyzna strzału, której ślad na płaszczyźnie poziomej wyrazi się przez prostą A_0B_0, będzie stanowiła z pionową płaszczyzną, przedstawioną przez linję cel AC, A_0c, poszukiwany kąt zboczenia D_0A_0c, a kierunek oddania będzie stanowił z poziomem należyty kąt wylotu.

Prosta HGC, mgc przechodząca przez dwa punkty określone, przymocowane do lufy, nazywa się sztuczną linją przezierania. Jeden z prętów, zwykle bliższy wylotu lufy – muszka, jest nieruchomy lub może przesuwać się w płaszczyźnie poziomej, drugi— celownik może przesuwać się i w poziomej i w pionowej płaszczyźnie, przesuwając się razem z przesunięciem punktu toru, przez który powinna przechodzić sztuczna linja przezierania.

Z rysunku widzimy, że kąt EoC, między sztuczną linją przezierania GoC a osią lufy oAE jest zawsze mniejszy od kąta EAC nazywanego kątem celownika, t. j. kąta między rzeczywistą linją celowania AC i osią lufy AE na wielkość kąta ACo. Równie kąt D_0ic jest zawsze mniejszy od kąta zboczenia D_0A_0c na wielkość kąta A_0ci, lecz ponieważ różnica między kątami EoC i EAC,



Rys. 186.

a również i między kątami D_0ic i D_0A_0c, jest zawsze bardzo mała, więc w praktyce przyjmują, że kąt Eoc równa się kątowi EAC i kąt D_0ic równa się D_0A_0c.

113. Celownik. Wszystkie celowniki możemy podzielić na dwie grupy:

a) celowniki proste,

b) celowniki łukowe.

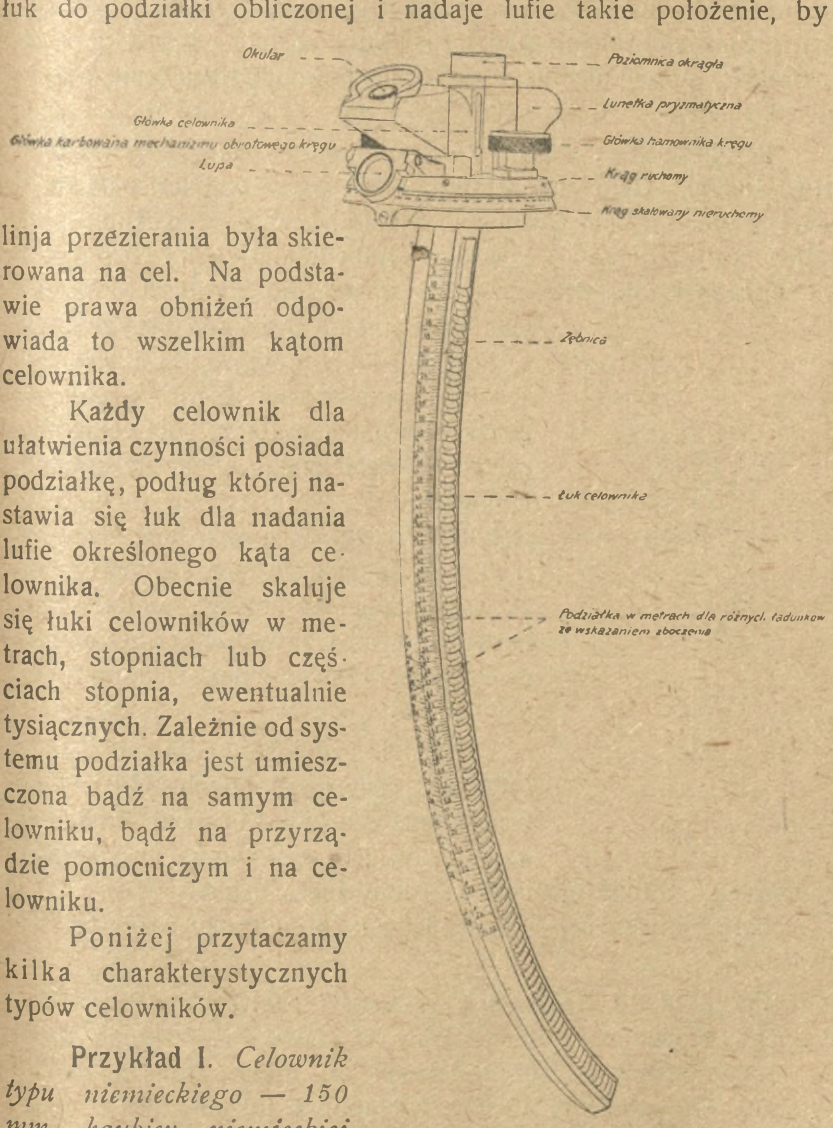
Celowników prostych nie używa się już więcej i zastępuje wszędzie celownikami łukowemi jako bardziej dogodnemi. W niektórych działach (np. rosyjskich 76,2 mm. górskich) celownik ma kształt pewnej krzywej, a to w tym celu, by podziałki na celowniku były jednakowe.

Wysokości celowników łukowych oblicza się z wzoru (Art. 53. Cz. I).

$$h = l \cdot \alpha$$

gdzie l — długość linji przezierania, α — kąt celownika. Przy zmianie kąta zmienia się wysokość celownika.

Dla nadania lufie potrzebnego kąta celownika wysuwa się łuk do podziałki obliczonej i nadaje lufie takie położenie, by linja przezierania była skierowana na cel. Na podstawie prawa obniżeń odpowiada to wszelkim kątom celownika.



Rys. 187.

Każdy celownik dla ułatwienia czynności posiada podziałkę, podług której nastawia się łuk dla nadania lufie określonego kąta celownika. Obecnie skaluje się łuki celowników w metrach, stopniach lub częściach stopnia, ewentualnie tysiącznych. Zależnie od systemu podziałka jest umieszczona bądź na samym celowniku, bądź na przyrządzie pomocniczym i na celowniku.

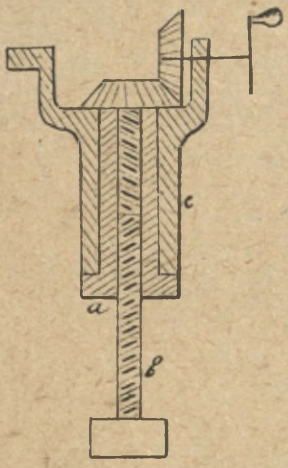
Poniżej przytaczamy kilka charakterystycznych typów celowników.

Przykład I. *Celownik typu niemieckiego — 150 mm. haubicy niemieckiej wz 1902* (Rys. 187). Celownik wielokątny w przekroju, umieszcza się w tulejce przytwierdzonej do lewej ściany opornika.

Na jednej ze stron łuku skala w stopniach od 0° do 42°, na innych skala w metrach odpowiadająca różnym ładunkom i zębnica,

która zczepia się ze ślimakiem osadzonym w tulejce celownika. Przez obrót główki ślimaka podnosi się lub opuszcza celownik. Na wierzchnim końcu celownika jest przymocowany przyrząd do celowania w kierunku. Celowniki tego typu są przyjęte w artylerji niemieckiej, austrjackiej i rosyjskiej. Zaletą ich jest prostota i trwałość, stroną ujemną — względnie powolne wysuwanie celownika z tulejki.

Przykład II. *Celownik 75 mm. armaty francuskiej wz. 1897* (Rys. 188)*). Celownik składa się ze śruby podniesień *b* związanej swoim łbem z dźwigarem i wśrubowanej w naśrubnicę *a*, która może poruszać się wzdłuż śruby podniesień. Naśrubnica jest ujęta przez obsadę *c*, związaną wahadłowo z kołyską. Naśrubnica jest zakończona kółkiem zębatem stożkowem, które zczepia się z kółkiem zębatem wprawianem w ruch zapomocą korby celownika. Nadanie kąta celownika zależy od wzajemnego położenia kołyski, opornika i dźwigara. Skala w metrach jest umieszczona w dwóch miejscach: na łuku celownika, związanym z dźwigarem ze wskaźnikiem na kołysce opornika i na tarczy celownika ze wskaźnikiem również na kołysce. Celownik jest skalowany do 5500 metrów.



Rys. 188.

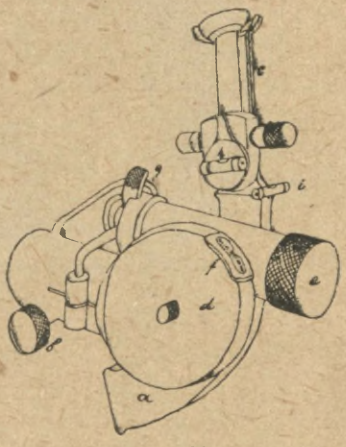
Zalety: szybkość nadawania kątów celownika, usuwająca potrzebę oddzielnego nastawiania celownika i osobnego nadania kąta celownika zapomocą mechanizmu podniesień. Strona ujemna — złożony mechanizm.

Celownik ten należy uznać jednak za najlepszy ze wszystkich systemów.

Przykład III. *Celownik systemu Schneider'a* (Rys. 189). Przyrząd celowniczy jest osadzony w podstawie, przymocowanej do lewego czopa za pośrednictwem osi, około której może się obracać. Oś podstawy tworzy kolano przedłużone tulejką przeciętą, w której jest osadzony celownik *a*. Śruba *b*, z główką karbowaną, osadzona w tulejce służy do nadawania poprawek na nachylenie osi kół. Łuk celownika z tulejką *c* dla osadzenia kątomierza i zębnicą zczepioną z zębnikiem, osadzonym na osi

*) Patrz art. 75 i 76. Cz. II. Nauki artylerji.

celownika jest umieszczony w pudle celownika. Przez działanie na główkę karbowaną *e* mechanizmu celownika porusza się jej oś, na końcu której jest osadzony ślimak zczepiony z zazębieniem bębna celownika, skutkiem czego może poruszać się jednocześnie bęben, a zapomocą zębnika na na osi bębna i łuk celownika.



Rys. 189.

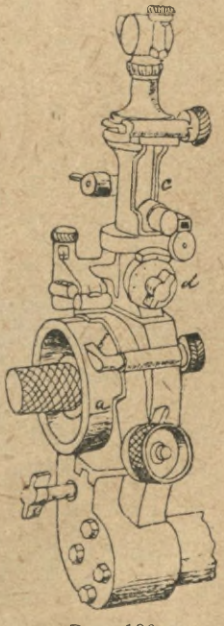
Zapomocą wyłącznika *g* możemy oddzielić ślimak od nazębienia i odręcznie przestawić celownik. Pod tulejką jest umieszczona poziomnica *h* do nadawania kątów położenia i poziomnica *i* do nadawania poprawek na nachylenie osi kół.

Na obwodzie bębna są dwie podziałki *f* w dwudziestych stopnia: jedna do strzelania pod kątami od 0° do 45°, druga powyżej 45°. Wskaźnik i liczby podziałek są widoczne przez okienko w pudle.

Podług podziałek na bębnie nastawia się kąt celownika.

Celowniki tego typu, z małemi odmianami, są umieszczone na działach syst. Schneider'a (105 mm., 155 mm., wz. 1915 i 1917) tak np. celownik wzór 1915 posiada na lewym boku bębna skalę szybkości wylotowych, na którą nastawia się wskaźnik zależnie od ładunku.

Skala na obwodzie bębna odpowiada ładunkowi 0.



Rys. 190.

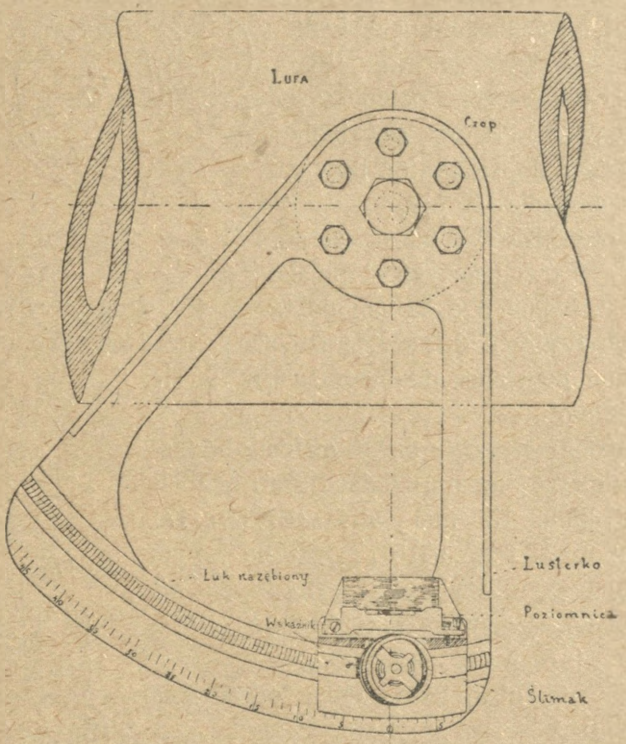
Przykład IV. *Niemiecki celownik do dział strzelających ładunkiem zmiennym* (Rys. 190). Celownik jest urządzony analogicznie jak i celownik Schneider'a z pewnemi tylko różnicami.

Bęben celownika *a* posiada kilka podziałek, odpowiadających każda innemu ładunkowi. Wskaźnik *b*—odległości, ruchomy, przesuwany jest na wskazaną skalę potrzebnego ładunku.

Na celowniku jest tulejka *c* dla lunety działowej i poprawiacz *d* zboczeń (korektor) zapomocą którego, zależnie od nastawy celownika, nadaje się poprawkę na zboczenie.

Poprawiacz zboczeń był zastosowany we francuskiej haubicy 155 mm. wz. 1904 r systemu Rimailho, w działach austrjackich i rosyjskich haubicach 120 mm.

Przykład V. *Celownik rosyjski wz. 1912 roku dla dział większych kalibrów* (Rys. 191). Celownik w kształcie wycinka koła, przymocowany do prawego czopu działa. Wzdłuż nazębnicy, znajdującej się na łuku wycinka, przesuwa się zapomocą ślimaka poziomnica, obok której jest również podziałka w stopniach. Dla



Rys. 191.

nadawania części stopnia, karbowana główka ślimaka posiada na obwodzie podziałkę minutową.

Celownik taki jest praktyczny i prosty; zamkowy nadaje kąt podniesienia a celowniczy kierunek, każdy oddzielnie.

114. Poziomnica. Poziomnica jest to rurka szklana szczelnie zakorkowana z obydwóch stron, napełniona płynem (alkohol, eter i t. p.) tak, aby pozostał w niej niewielki pęcherzyk powietrza. Poziomnica służy do wyznaczania poziomego kierunku linji i płaszczyzn.

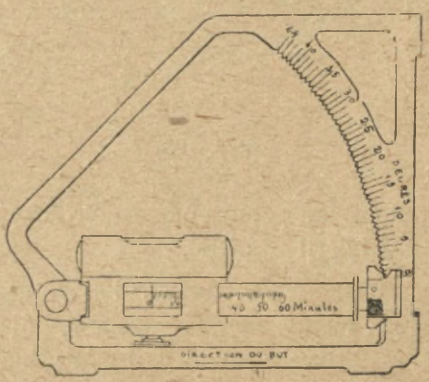
W artylerji poziomnice są zastosowane w przyrządach celowniczych do nadawania kątów położenia, kątów podniesienia (kwadrant) i do poziomego ustawienia przyrządów celowniczych.

Poziomnice do nadawania kątów położenia mogą być ruchome wzdłuż łuku celownika, lub nieruchome, związane z celownikiem. Pierwszy system jest rozpowszechniony w celownikach typu niemieckiego, drugi w celownikach francuskich.

W działach z niezależną linją celowania poziomnica nie jest związana z celownikiem, kąty położenia i celownika nadaje się oddzielnie.

Poziomnice wspomniane uwidocznione są na rysunkach 187, 189, 190 i 191.

115. Kwadrant [1]) (kątomierz pionowy). Kwadrant jest to poziomnica niezwiązana z działem, służąca do nadawania kątów podniesienia. Nazwa kwadrant utrzymała się dotychczas, ponieważ pierwsze poziomnice tego typu z XVI wieku przedstawiły wycinek koła o łuku 90 stopniowym.



Rys. 192.

Obecnie istnieje kilka typów kwadrantów, poniżej wskażemy na bardziej typowe:

1. *Kwadrant francuski wzór 1888 roku.* (Rys. 192). Kwadrant składa się z ramki, wewnątrz której jest łuk nazębiony, skalowany w stopniach od 0° do 44°. Wewnątrz ramki porusza się około osi poziomej linijka z poziomnicą i podziałką w minutach.

Poziomnica przesuwa się swoim suwakiem wzdłuż linijki. Koniec linijki przylegający do nazębnicy łuku jest zakończony uchem z zębem; sprężyna przyciska ząb do nazębień łuku. Nazewnątrz ramka posiada pięty dla ustawienia kwadrantu na ściętym płasku obsady lufy.

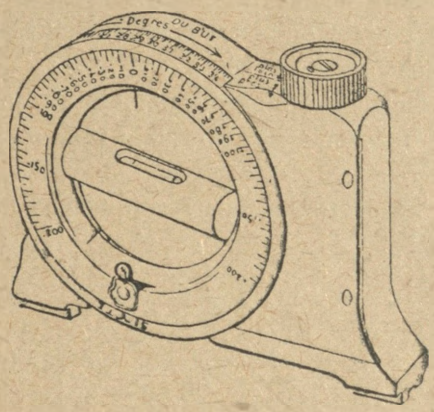
Dla nastawienia kwadranta na wyznaczony kąt przesuwa się linijkę, odciągając ucho, na wskazaną ilość stopni, poczem przesuwa się wskaźnik suwaka na wskazaną ilość minut. Ustawiając zatem kwadrant na płasku obsady w kierunku strzałki, sprowadza

---

[1]) Szkwadra, kwandrans p. Górski. Historja artylerji polskiej.

się zapomocą mechanizmu podniesień pęcherzyk poziomnicy na środek rurki poziomnicy.

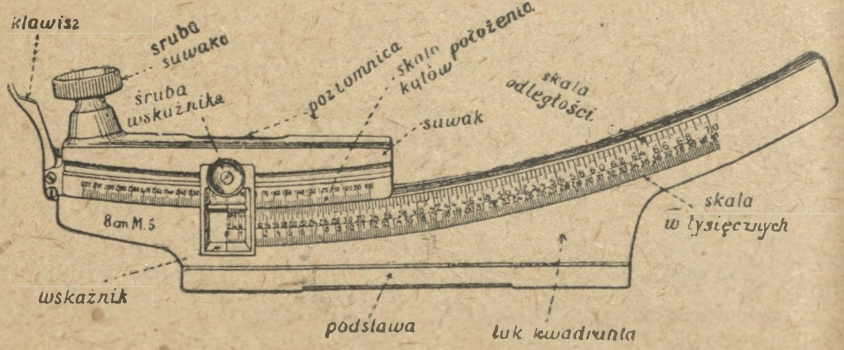
2. *Kwadrant francuski wzór 1900 roku* (Rys. 193). Kwadrant składa się z ramki z okrągłym otworem, w którym jest umieszczona w ruchomej ramce poziomnica. Ramka wewnętrzna posiada na obwodzie podziałkę w tysiącznych dla nadawania kątów położenia. Na wierzchu ramki znajduje się skala odległości w metrach. Nastawienie odbywa się zapomocą ślimaka z główką karbowaną. Ramka posiada nazewnątrz pięty dla ustawienia na ściętym płasku obsady lufy.



Rys. 193.

Na kwadrancie tym ustawia się odległość w metrach, potem kąt położenia w tysiącznych. Używa się go przeważnie w artylerji górskiej.

3. *Kwadrant austrjacki wzór 5* (Rys. 194). Kwadrant składa się z łuku z dwoma skalami odległości — w metrach — do 7000 i w tysiącznych do 410. Wzdłuż łuku przesuwa się suwak z poziomnicą, wskaźnikiem i skalą kątów położenia w tysiącznych od



Rys. 194.

80 do 320; normalne ustawienie wynosi 200 tysiącznych. Dla szybkiego przesunięcia suwaka służy klawisz umieszczony na tylnem ścięciu, dla przesunięcia zwykłego—ślimak suwaka. Na dolnej części jest podstawa dla ustawienia kwadrantu na płasku obsady lufy.

Na kwadrancie nastawia się wskaźnik najpierw na kąt położenia, potem przesuwa się suwak ze wskaźnikiem na żądaną odległość; działając na mechanizm podniesień sprowadza się pęcherzyk poziomnicy na środek, co nadaje lufie odrazu kąt podniesienia.

ROZDZIAŁ II.

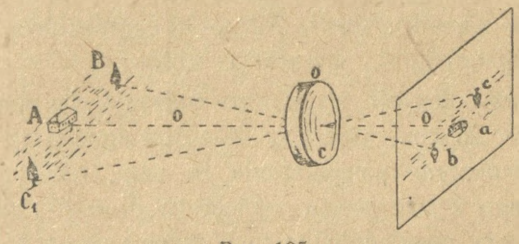
Przyrządy optyczne.

116. Zarys teorji optycznej. Główną częścią przyrządów optycznych jest luneta. Optyczna oś lunety jest to w rzeczywistości linja celowania, którą ustawia mechanizm podniesień lub kierunkowy pod żądanemi w pionowym i poziomym kierunku kątami do osi działa. W przyrządach celowniczych stosowanych przed wprowadzeniem optycznych przyrządów linję celowania tworzyła prosta, przeprowadzona w określonym kierunku przez szczerbinę suwaka, umieszczonego na celowniku i muszkę. Przy działach spółczesnych ten sposób celowania nie jest wcale dokładny, ponieważ nie wyklucza przy celowaniu znacznych błędów tak przypadkowych, jak i systematycznych. Główną przyczyną tych błędów przy celowaniu zwykłym celownikiem jest fizjologiczna niemożliwość równoczesnego opanowania okiem jednakowo wyraźnie kilku przedmiotów, umieszczonych w różnie od oka oddalonych płaszczyznach. Wskutek tego z obserwowanych jednocześnie okiem trzech przedmiotów: szczerbiny, muszki i celu, oko widzi wyraźnie tylko jeden, pozostałe dwa widzi już tylko w niewyraźnych konturach. Ta okoliczność sprowadza nawet przy normalnym wzroku dosyć znaczne, przypadkowe błędy w celowaniu. Prawdopodobny błąd celowania, pochodzący tylko od przypadkowych błędów w normalnem oku, przekracza 1 minutę; jeżeli uwzględni się prócz tego błędy, pochodzące od zauważonego u wielu celowniczych systematycznego, nieprawidłowego brania równej muszki, jak również błędy wskutek nieprawidłowej refrakcji oka, wówczas błędy w celowaniu nawet u doświadczonych celowniczych mogą dochodzić do 5′. Odpowiednio zaś do badań fizjologów błędy w naprowadzaniu na siebie jednakowo wyraźnie widocznych przedmiotów nie powinny przekraczać 30″—40″.

Jeśli chcemy wykorzystać całą ścisłość celowania, którą dopuszcza nieuzbrojone oko, powinniśmy ująć okiem cel i muszkę równocześnie i uczynić je jednakowo wyraźnie widocznemi. Jeśli

chcemy jeszcze powiększyć tę ścisłość i zmniejszyć wielkość błędu *m* razy, powinniśmy uzbroić oko w instrument powiększający i przybliżający *m* razy. Jednoczesna, wyraźna widoczność celu i muszki, jak i pozorne przybliżenie celu może być osiągnięte przez zastosowanie lunety jako przyrządu celowniczego.

Główną częścią lunety jest szkło przedmiotowe, składana szklana soczewka, dająca wyraźny, zmniejszony i odwrotny obraz tych oddalonych przedmiotów, od których promienie światła padają na szkło przedmiotowe.Na Rys. 195 jest przedstawione szkło przedmiotowe *O*, jego środek optyczny *C* i oś optyczna *oo*. Odwrócone, zmniejszone obrazy *a*, *b* i *c* oddalonych przedmiotów, dawane przez szkło przedmiotowe, grupują się w jednej płaszczyźnie odległej na odległość $Ca=F$ — główna odległość ogniskowa od szkła przedmiotowego. Jeśli w tej płaszczyźnie umieści się szkło matowe, wówczas otrzymamy na niem zmniejszone i odwrócone



Rys. 195.

obrazy przedmiotów *A*, *B* i *C*. Samo tylko szkło przedmiotowe z umieszczoną na jego osi w głównem ognisku muszką może służyć jako przyrząd celowniczy. Podobne przyrządy odpowiadają tylko jednemu z warunków — mianowicie obraz celu i muszki znajduje się w jednej płaszczyźnie, więc może być widziany jednakowo wyraźnie. Pod tym względem przyrządy te są bezwarunkowo lepsze od zwykłego przyrządu celowniczego, lecz z drugiej strony posiadają braki, które utrudniają ich zastosowanie: jeśli mamy szczerbinę i szkło przedmiotowe, to celowniczy musi uchwycić okiem poruszający się w płaszczyźnie szczerbiny obraz; jeśli mamy szkło matowe i szkło przedmiotowe poprzednia niedogodność odpada, lecz obraz na szkle matowem jest źle oświetlony wskutek silnego rozsiewania światła przez szkło matowe. Wada ta może być usunięta przez zaciemnienie przestrzeni otaczającej szkło od strony obserwatora (podobnie jak w aparatach fotograficznych).

Badania pokazują, że obraz, dawany przez jedno szkło przedmiotowe, wydaje się oku tyle razy większy, ile razy odległość

ogniskowa F szkła przedmiotowego jest większa od odległości wyraźnego widzenia Δ, t. j. powiększenie m, dawane przez jedno szkło przedmiotowe równa się $m = \frac{F}{\Delta}$.

Przypuśćmy, że jeden z wymiarów (wysokość lub szerokość) przedmiotu H, odległość jego od obserwatora D, wówczas obserwator widzi ten wymiar przedmiotu pod kątem $\alpha = \frac{H}{D}$. Obraz tego przedmiotu dany przez szkło przedmiotowe z odległością ogniskową F, będzie miał wymiar, który na podstawie stosunku $\frac{h}{H} = \frac{F}{D}$ równa się $h = H\frac{F}{D}$. Obserwator widzi ten obraz w odległości wyraźnego widzenia Δ pod kątem $\beta = \frac{h}{\Delta} = \frac{H \cdot F}{D \cdot \Delta}$. Powiększenie będzie $m = \frac{\beta}{\alpha} = \frac{H \cdot F \cdot D}{D \cdot H \cdot \Delta} = \frac{F}{\Delta}$, t. j. powiększenie równa się stosunkowi odległości ogniskowej szkła przedmiotowego do odległości wyraźnego widzenia.

Ponieważ odległość wyraźnego widzenia dla normalnego oka wynosi około 25 cm., więc aby móc otrzymać przy takim przyrządzie celowniczym powiększenie m razy, należy użyć szkła przedmiotowego z odległością ogniskową $F = 25 \cdot m$ cm, co jednak nawet przy względnie małych powiększeniach prowadzi do wielkich i niedogodnych przyrządów; np. przy szkle przedmiotowem z powiększeniem 8-krotnem otrzymuje się obraz w odległości $25 \times 8 = 200$ cm. od szkła przedmiotowego.

Aby otrzymać dostateczne powiększenie i przy szkłach przedmiotowych z małą odległością ogniskową, trzeba patrzeć na obraz na szkle przedmiotowem nie gołem okiem, lecz zapomocą lupy powiększającej. Lupa taka, jak wiadomo, w najprostszym wypadku przedstawia soczewkę z małą odległością ogniskową f; widziany przez lupę przedmiot umieszcza się w głównem ognisku soczewki i oko patrzące na przedmiot przez soczewkę widzi go powiększonym m' razy. Powiększenie m' lupy, jak uczy fizyka, równa się stosunkowi odległości wyraźnego widzenia Δ do odległości ogniskowej f, t. j. $m' = \frac{\Delta}{f}$: np. soczewka z odległością ogniskową 5 cm. daje powiększenie $m' = \frac{25}{5} = 5$ razy.

Szkło przedmiotowe O (Rys. 196), dające w głównem ognisku zmniejszony odwrotny obraz oddalonego przedmiotu, i lupa L,

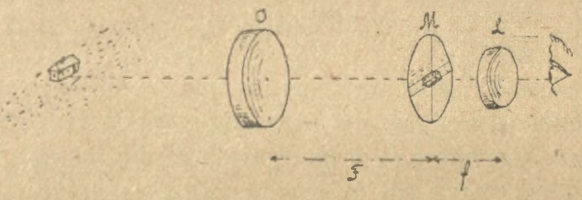
która zwiększa ten obraz, tworzą tak zwaną astronomiczną lunetę. Lupa L w tym zastosowaniu nazywa się szkłem ocznem, zwykle w lunetach szkła oczne składają się z kilku soczewek.

W płaszczyźnie M, na której otrzymujemy obraz dawany przez szkło oczne, umieszczony jest krzyż z dwóch prostopadłych nici, przecinających się na optycznej osi lunety. Kiedy luneta jest tak ustawiona, że obraz przedmiotu leży na skrzyżowaniu nici, mówimy, że luneta jest skierowana na ten przedmiot.

117. Własności lunety astronomicznej:

a) **Powiększenie.** Powiększenie m dawane przez jedno szkło przedmiotowe, równa się $m = \frac{F}{\Delta}$; obraz ten, powiększony już m razy, powiększa jeszcze lupa $m' = \frac{\Delta}{f}$ razy. W ten sposób całkowite powiększenie M lunety:

$$M = m \cdot m' = \frac{F}{\Delta} \cdot \frac{\Delta}{f} = \frac{F}{f}, \quad . \quad . \quad . \quad (101)$$

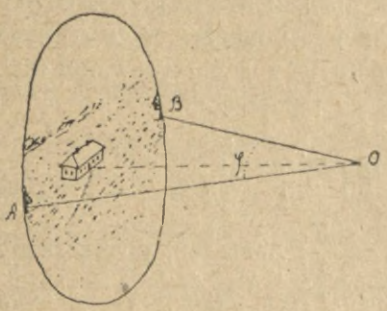


Rys. 196.

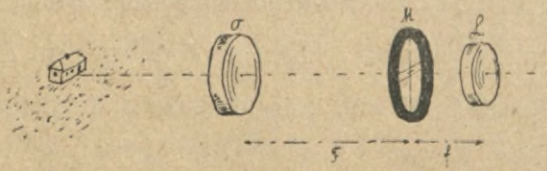
okazuje się równem stosunkowi odległości ogniskowej szkła przedmiotowego do odległości ogniskowej szkła ocznego. Naprzykład: szkło z odległością ogniskową 20 cm łącznie z lupą o 4 cm. odległości ogniskowej tworzy lunetę z powiększeniem $M = \frac{20}{4} = 5$ razy, z lupą zaś o 2,5 cm. odległości ogniskowej, to samo szkło przedmiotowe daje lunetę z powiększeniem $M = \frac{20}{2,5} = 8$ razy.

b) **Pole widzenia.** Przez lunetę widzimy tylko ograniczoną część rozciełającej się przed nami przestrzeni, czyli ograniczone pole widzenia. Wielkość pola widzenia określa się kątem między skrajnemi, jednocześnie widzianemi przez lunetę przedmiotami. Kątowa odległość φ między A i B (Rys. 197), wzięta z punktu obserwacji O, jest polem widzenia danej lunety. Przy danem powiększeniu pole widzenia lunety zależy tylko od własności szkła

ocznego i od tego, jaką część obrazu dawanego przez szkło przedmiotowe może ono objąć i wyraźnie uwidocznić. Przy szkle ocznem danej konstrukcji pole widzenia będzie tem mniejsze, im większe jest powiększenie lunety. Wogóle—iloczyn z powiększenia lunety przez jej pole widzenia przy danej konstrukcji szkła ocznego jest wielkością stałą, która nawet w lepszych współczesnych konstrukcjach nie przekracza 50° tak, że $M\varphi \leqq 50^0$. W ten sposób pole widzenia φ lunety ze zwiększeniem M będzie zawsze równe lub mniejsze $\varphi \leqq \frac{50^0}{M}$; pole widzenia więc, i powiększenie są związane tak, że jeśli zwiększa się jeden z tych czynników, wówczas należy zmniejszyć drugi. Przy niektórych konstrukcjach szkieł ocznych można uzyskać w lunecie pole widzenia nieco większe niż $\frac{50^0}{M}$, nawet do $\frac{60^0}{M}$, lecz wówczas przedmioty umieszczone na skrajach pola widzenia są już mniej wyraźnie zarysowane i mniej oświetlone, niż przedmioty w środku pola widzenia. Dla ostrego odgraniczenia w lunecie dobrze widzianego pola widzenia w płaszczyźnie, gdzie otrzymuje się dawany przez szkło przedmiotowe obraz, umieszcza się zwykle nieprzezroczystą, zaczernioną płytkę z odpowiedniej wielkości okrągłem wycięciem (przepona, diafragma); wewnętrzny obwód diafragmy (Rys. 198) ogranicza wyraźną i równomiernie oświetloną część pola.



Rys. 197.



Rys. 198.

118. Oświetlenie obrazu. Teorja instrumentów optycznych wykazuje, że oświetlenie widocznego przez lunetę obrazu zależy od względnych wymiarów szkła przedmiotowego i źrenicy oka, jak również od ilości światła, straconego w lunecie wskutek odbicia światła od powierzchni szkieł i wskutek pochłonięcia światła przez masę szkła.

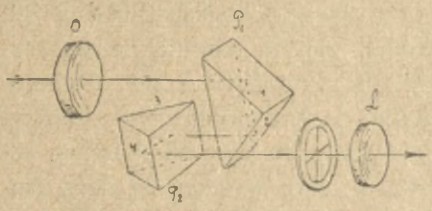
Jeśli wewnątrz lunety ginie ω z całego, padającego na szkło przedmiotowe światła (zależnie od konstrukcji lunety ω równa się od 20 do 50) wówczas w ocznem kółku [1]) zbierze się tylko pozostała część całego światła, które weszło w lunetę.

Od tego, czy średnica źrenicy oka jest większą, równą lub mniejszą od średnicy ocznego kółka, zależy oświetlenie widocznego w lunecie obrazu. Dla osiągnięcia możliwie silnie oświetlonego obrazu należy robić oczne kółko przynajmniej równe źrenicy. Średnica źrenicy nie jest wielkością stałą, zmienia się bowiem zależnie od siły światła, działającego na oko; w dzień średnica źrenicy wynosi 3 do 5 mm, w nocy wzrasta do 6—7 mm. Dążenie do zwiększenia ocznego kółka jest ograniczone przez wymiary szkła przedmiotowego. Np. jeśli chcemy skonstruować lunetę z ośmiokrotnem powiększeniem i ocznem kółkiem średnicy 10 mm. musimy mieć szkło przedmiotowe o średnicy $8 \times 10 = 80$ mm, którego odległość ogniskowa nie byłaby mniejszą od 50 cm. Tak wielkie wymiary szkła przedmiotowego wywołałyby niezbędność zastosowania wielkich i nadzwyczaj drogich i ciężkich (para około 2 klg), obracających obraz pryzmatów, skutkiem czego luneta byłaby nadzwyczaj wielką, ciężką i drogą. Wobec tego w lunetach z małem powiększeniem (3—4 razy) oczne kółko równa się, lub jest większe od źrenicy, lunety zaś ze znacznem powiększeniem mają oczne kółko mniejsze od źrenicy, lub w najlepszym razie równe przeciętnej wielkości źrenicy w dzień.

119. Odwrócenie obrazów w lunetach. Luneta w postaci opisanej powyżej daje zwiększone lecz odwrócone obrazy, t. j. takie, których wierzch jest w dole, lewa strona z prawej i t. p. Jako przyrząd celowniczy luneta podobna może wywołać nieporozumienia co do pojęć: wyżej, niżej, wlewo, wprawo (np. cel poruszający się wprawo wydaje się przez lunetę astronomiczną poruszającym sią wlewo, lecz aby śledzić cel, powinniśmy przesuwać lunetę wprawo). Wobec tego we wszystkich lunetach, tak zwanych ziemnych, koniecznem jest odwrócenie obrazu, czyli sprowadzenie do normalnego położenia. Do 90 tych lat zeszłego stulecia osiągano to zapomocą złożonego systemu z 6—7 soczewek, system ten był niewygodny, ponieważ lunety były nadzwyczaj długie i małem polu widzenia. Dopiero zakłady Zeiss'a w Jenie zastosowały sposób odwracania obrazów zapomocą pryzmatów.

[1]) Oczne kółko—obraz szkła przedmiotowego dany przez szkło oczne.

Istota systemu pryzmatowego (Rys. 199): dwa prostokątne, równoramienne pryzmaty są ustawiane swemi przeciwprostokątniami naprzeciw siebie, pod kątem prostym jeden do drugiego i umieszczone na drodze promieni między szkłem przedmiotowem a ocznem. Promienie światła, wychodzące ze szkła przedmiotowego O, padają na górną połowę przeciwprostokątnej płaszczyzny pryzmatu P_1, odbijają się całkowitem, wewnętrznem odbiciem od 45° nachylonej płaszczyzny (1), padają na taką samą płaszczyznę (2) i odbijają się wprzód. Dalej promienie wchodzą w prawą (od strony szkła ocznego) połowę przeciwprostokątnej płaszczyzny pryzmatu P_2 prostopadłego do P_1, odbijają się kolejno całkowitem wewnętrznem odbiciem od płaszczyzn (3) i (4) i, wychodząc z lewej połowy przeciwprostokątnej płaszczyzny P_2, dają przez szkło oczne L obraz, zmieniony przez pryzmaty z odwróconego na prosty. System pryzmatowy skraca lunetę prawie 3 razy i czyni ją dogodniejszą w użyciu.



Rys. 199.

120. Błędy w celowaniu. Błędy przy celowaniu zwykłym celownikiem mogą wynikać z trzech przyczyn:

1) z niemożliwości jednoczesnej akomodacji szczerbiny, muszki i celu (błędy przypadkowe),
2) z własności rozróżniającej oka (błędy przypadkowe) i
3) z własności nienormalnego oka (błędy przypadkowe i systematyczne).

Doświadczenia wykazały, że z pierwszej i trzeciej przyczyny wielkość błędów może dojść do 2′—3′ i więcej.

Co się tyczy drugiej przyczyny, to przeciętny błąd kątowy w celowaniu, zależny od zdolności rozróżniania okiem, równa się około 30″—40″ (dochodząc jednak u pojedyńczych osób do 70″ — obniżając się u innych do 15″ — 20″). Rozróżniająca własność oka zależy przeważnie od struktury dna oka, żadnym więc sposobem dla nieuzbrojonego oka zmniejszoną być nie może.

Ponieważ błędy powstałe z drugiej przyczyny są niewielkie w porównaniu z błędami pierwszej i trzeciej przyczyn, najdogodniejszem więc będzie usunięcie pierwszej przyczyny i wpływu trzeciej. Można to osiągnąć uzbrajając oko w przyrząd optyczny, w którym obraz celu jest rzucony na skrzyżowanie nici, stanowiących szczerbinę i muszkę lunety, lub gdy skrzyżowanie nici jest rzucone na cel używając przeziernika (kolimator). Jeżeli przypuścimy, że taki przyrząd optyczny powiększa obraz, wówczas przyrząd ten da błędy pochodzące tylko z drugiej przyczyny, t. j. kątowe błędy w celowaniu, nie przekraczające w normalnem oku 40″.

Jeśli lunecie nadamy powiększenie v (będzie to równoznaczne ze zwiększeniem odległości ogniskowej oka v razy) to dzięki temu zwiększeniu błąd kątowy, zależny od granicy rozróżniającej własności oka, zmniejszy się v razy i nie będzie przekraczał $\frac{40''}{v}$

W ten sposób największy błąd kątowy przy powiększeniu 4 razy wyniesie 10″, przy powiększeniu 20 — 2″.

Oprócz tego podstawowego błędu, mogą jeszcze zachodzić przy celowaniu lunetą błędy systematyczne, pochodzące od danych konstrukcyjnych, lub braków lunety. Błędy powoduje głównie:

1) paralaksa,
2) grubość nici i
3) nierównoległość płaszczyzn ograniczających światłofiltr [1])

Paralaksa powstaje wskutek nieprawidłowego umieszczenia lub przesunięcia ramki ze skrzyżowanemi nićmi, lub wskutek skierowania lunety na blisko położony przedmiot, zamiast na nieskończoność. Jeśli odległość ogniska szkła przedmiotowego (średnicy D) lunety równa się F, odległość między płaszczyzną obrazu i płaszczyzną nici δ, a przedmiot jest oddalony na Δ, wówczas: $\delta = \frac{F^2}{\Delta}$, $\varphi = \pm \frac{1}{2} \cdot v \cdot \frac{D}{\Delta}$, ponieważ $\varphi = \pm v \frac{D}{F} \cdot \frac{\delta}{F}$.

Największe linjowe przesunięcie skrzyżowania nici na celu będzie:

$$l = {}^1/_2 \, v \, . \, D.$$

2. Błąd wynikający z grubości nici jest zwykle dość znaczny. Przy grubości nici — d, ogniskowej odległości szkła ocznego — f, odległości wyraźnego widzenia—M (25 cm.), kątowa grubość nici $\omega = \frac{d}{M} \cdot \frac{M}{F}$, czyli $\omega = \frac{d}{f}$.

Np. jeżeli $d = 0{,}1$ mm., $M = 250$ mm. i $f = 40$ mm., $\omega = 500''$.

Widzimy z tego, jak ważną jest przy znacznych powiększeniach cienkość nici, np. przy powiększeniu czterokrotnem i przy $F = 240$ mm. i grubości 0,1 mm., $\omega = 250''$.

3. Jeśli światłofiltr nie jest płytką o płaskich i równoległych ścianach, lecz pryzmatem z kątem a, wówczas daje on systematyczne odchylenie promienia $\mu = a\,(n - 1)$, gdzie n — spółczynnik przełamania szkła światłofiltru. Technika dopuszcza przygotowanie szkieł z a nie większym niż kilka sekund; wielkość $(n-1)$ równa się zwykle około 0,5 tak, że błąd ten, jak widzimy, nie jest znaczny.

Należy jeszcze wziąć pod uwagę: 1) że położenie szkła ocznego i jakiekolwiek zmiany w niem, zupełnie nie wpływają na celowanie, ponieważ szkło oczne odgrywa rolę lupy, przez którą widzimy skrzyżowanie nici i obraz dany przez szkło przedmiotowe; 2) że kątowa grubość nici nie daje znacznych błędów, jeśli tylko przedmiot do którego celujemy, jest większy co do średnicy kątowej niż nici; rzeczywiście w tym wypadku zawsze ustawiamy nić symetrycznie względem punktu celowania; 3) że nierównoległość osi lufy i celownika, mogąca przy niedostatecznom umocowaniu celownika zmieniać się po każdym strzale, może wprowadzać systematyczne błędy znacznie większe, niż wszystkie błędy wyliczone wyżej.

---

[1]) Światłofiltr, szkło przepuszczające promienie świetlne tylko od przedmiotów. na które skierowano lunetę.

ROZDZIAŁ III.

Przyrządy do celowania w kierunku.

121. Ogólne podstawy. Celowanie w kierunku polega na sprowadzeniu płaszczyzny strzału (płaszczyzny pionowej przechodzącej przez oś lufy) na cel.

Wszystkie przyrządy do celowania w kierunku możemy podzielić na 2 grupy: jedne, w których płaszczyzna celowania jest zawsze równoległa do płaszczyzny strzału, drugie, w których płaszczyzna celowania jest zawsze równoległa do płaszczyzny symetrji działa.

Pierwsze dają zawsze celowanie dokładne, niezależne od nachylenia czopów, przy drugich należy wprowadzić poprawkę kierunku.

W pierwszym wypadku przyrząd celowniczy, jak już było wskazane przy omawianiu przyrządów do celowania na wysokość, posiada mechanizm, pozwalający sprowadzić go zawsze w położenie pionowe, czyli postawić płaszczyznę celowania równolegle do płaszczyzny strzału.

W drugim wypadku, przyrząd celowniczy nie posiada mechanizmu, poprawiającego jego położenie, i trzeba nadawać poprawkę na kątomierzu w stronę wyżej stojącego koła.

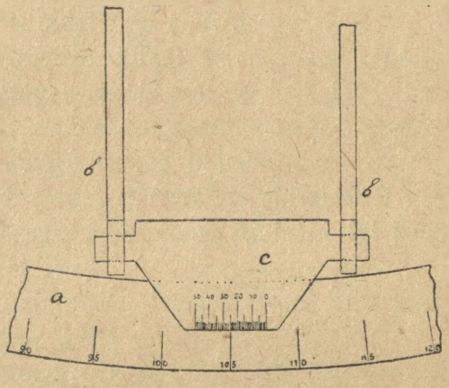
Podziałka na przyrządach do celowania w kierunku jest najróżnorodniejsza, zależnie od tradycji danej artylerji. Zwłaszcza wielką różnorodność podziałek posiada artylerja francuska. Obecnie wszędzie dążą do ujednostajnienia podziałek i przejścia do najdogodniejszej—tysiącznej ($^1/_{6400}$ części obwodu koła).

122. Przyrządy do celowania w kierunku o najprostrzej konstrukcji. Najprostszym przyrządem do celowania w kierunku jest *sznur z ciężarkiem*, używany do skierowania francuskich moździerzy okopowych 58 T. N. 1 bis i N. 2. Sznur, długości około 3 metrów, naciąga się nad moździerzem. Jeden z obsługi trzyma koniec sznura za moździerzem, drugi, stojąc przed działem, podnosi

zapomocą laski sznur tak, by ciężarek wisiał nad przedpiersiem. Dla skierowania płaszczyzny pionowej sznura na cel trzeci kanonier patrzy na cel przez peryskop, lub wprost, wychylając się z okopu, i skierowuje płaszczyznę pionową sznura na cel.

Podczas celowania szeregowiec, który trzyma sznur za moździerzem, uważa, aby sznur zawsze przechodził przez sworzeń podstawy. Po skierowaniu płaszczyzny sznura na cel, oznacza się kołkami położenie sznura i skierowuje moździerz, celując wzdłuż wierzchniej tworzącej lufy.

Szczerbiny i muszki, używane w działach starych typów, które dotrwały do końca XIX wieku. Jeszcze teraz przy niektórych działach, zwłaszcza polowych, używa się ich do celowania wprost (np. oczko i muszka 75 mm. wz. 1897). Szczerbina przed wynalezieniem kątomierza służyła do nadawania poprawek w kierunku. W tym celu była umieszczoną w rozciętej poprzecznej rurce celownika, skalowanej zwykle w stopniach. Muszkę nieruchomą, umieszczano zwykle na czopie lufy. Linja szczerbina — muszka była równoległa do osi lufy.



Rys. 200.

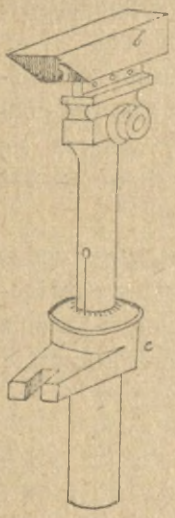
Łuki platformowe (Rys. 200) były rozpowszechnione w artylerji fortecznej; spotykamy je również w niektórych działach francuskich starego systemu, użytych w wojnie współczesnej. Łuk żelazny *a* z podziałką znajduje się pod ogonem łoża. Do ogona *b*, *b* dołącza się płytkę żelazną *c* ze wskaźnikiem lub z drobną podziałką. Przesunięcie ogona wzdłuż łuku nadaje właściwy kierunek.

Kątomierz zwykły, starego typu, stanowił krąg metalowy z podziałką, umieszczony na łuku celownika. Na osi w środku kręgu znajdowała się ruchoma linijka z djoptrami, przez które celując skierowywano działo na żądany punkt.

123. Kątomierze typu francuskiego z przeziernikami.

1. *Kątomierz 75 mm. armaty wz. 1897* (Rys. 201) składa się z przeziernika pokrytego daszkiem *b*, umieszczonego na słupie kątomierza wstawionego w wsad *c*. Na wsadzie znajduje się

podziałka w tysięcznych, podzielona na cztery kwadranty—każdy z kwadrantów ma 8 podziałek po 200 tysiącznych.



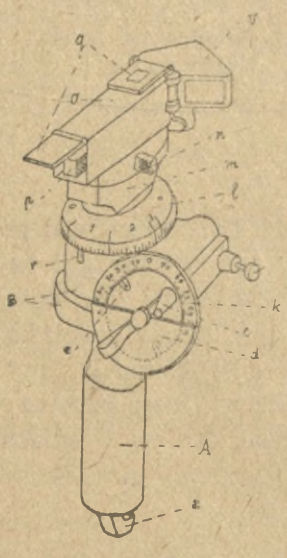
Rys. 201.

Obrót przeziernika odbywa się zapomocą bębna skalowanego od 0 do 200 tysiącznych, osadzonego w podstawie kątomierza, na większe kąty zapomocą obrotu bezpośredniego słupa przez nacisk ręką na daszek i odpowiedni obrót. Na słupie jest wskaźnik, służący do nastawiania na wskazaną podziałkę.

Wsad kątomierza osadza się we wkładzie, umieszczonym w osnowie przyrządu celowniczego. Wsad obejmuje swemi widełkami trzpień ustawny wkładu i jest złączony z bębnem zapomocą ślimaka. Ruch bębna przez ślimak i trzpień ustawny udziela się kątomierzowi.

Pod przeziernikiem znajduje się umieszczony w specjalnem zagłębieniu przeziernik pomocniczy, obracający się w płaszczyźnie pionowej, równoległej do osi przeziernika.

Przeziernik pomocniczy służy do celowania na cele położone wyżej lub niżej od działa, gdy w zwykły sposób celować nie można.



Rys. 202.

Do podniesienia, w razie potrzeby, kątomierza (przeszkadzają celowaniu koła, krzaki etc.) służy przedłużnica. Do celowania i ustalenia odchyleń wtył umieszczone jest pod przeziernikiem lusterko.

Przeziernik składa się z jednej soczewki; w ognisku tej znajduje się szkło posrebrzone, na którem są nakreślone dwie skrzyżowane linje: jedna równoległa do osi słupa kątomierza, druga prostopadła. Obraz tych linji przedłużonych ruchem głowy celowniczego naprowadza się na wybrany punkt celowania.

2. *Kątomierz systemu Schneidera* (Rys. 202) składa się ze słupa *A* z haczykiem *a* w dolnej części, służącym do zaczepienia o zaczepkę, znajdującą się na dnie tulejki kątomierza. Druga strona słupa rozszerzona tworzy gniazdo *B*

wewnątrz którego obraca się łuska na dolnym obwodzie nazębiona, a na górnym posiadająca pierścień *l* z podziałką w tysięcznych. Nazębnica łuski zczepia się ze ślimakiem, osadzonym na wałku okręcanym korbką *c*. Na wałku jest osadzony krąg *d* z dwoma wskaźnikami *e*. Obracając korbkę, poruszamy krąg, który przesuwa się swemi wskaźnikami przed podziałką, umieszczoną na nieruchomym półpierścieniu *k*; wprowadzona w ruch łuska obraca swoją podziałkę przed stałym wskaźnikiem *r* umieszczonym na gnieździe słupa. Śrubka hamująca *h* służy do unieruchomienia korbki. Przeziernik *p* jest umieszczony na podstawie *m* i może być przesunięty w płaszczyźnie pionowej po odsunięci zaszczepki *n*. Przeziernik, analogicznie urządzony jak i przeziernik 75 mm. posiada tylko pionową linję świetlną. Umieszczony pod daszkiem *o* zabezpiecza się od uszkodzenia pokrywkami (drzwiczkami) *q* na zawiasach.

Pryzmat *v*, umieszczony na zawiasie przy oprawie przeziernika, pozwala ustalać odchylenie wtył.

Podziałka półpierścienia *k* zawiera 100 tysiącznych—podziałka pierścienia *l* dzieli się na dwa półkręgi, z których każdy jest podzielony na cztery odcinki; trzy po 1000 tysiącznych i jeden o 200 tysiącznych. Odcinki są ponumerowane: 0, 1, 2, 3. Każdy z odcinków jest podzielony na kreski po 100 tysiącznych.

W nowszych typach kątomierza podziałka ma 64 odcinki i jest ciągła.

Do celowania ponad tarczą służy przedłużnica, wstawiana do specjalnego gniazda na kołysce i posiadająca na drugim końcu tulejkę z zaczepką do kątomierza, analogiczną do tulejki na łuku celownika.

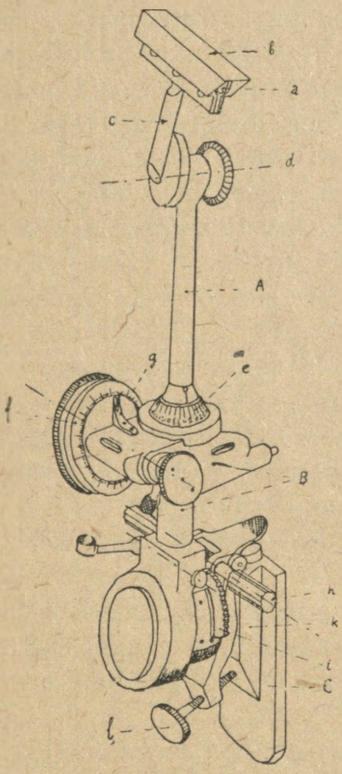
3. *Kątomierz francuski dla dział wielkich kalibrów.* (Rys. 203). Kątomierz składa się z przeziernika *a* z dwoma prostopadłemi świetlnemi linjami osłoniętego daszkiem *b*. Przeziernik zapomocą nóżki *c* i osi *d* prostopadłej do słupa *A* kątomierza, może obracać się w płaszczyźnie pionowej.

Słup kątomierza ze wskaźnikiem obraca się w swoim wsadzie *B*, który posiada ciągłą, nieruchomą podziałkę *e* w tysiącznych od 0 do 6400.

Dolna część słupa kątomierza posiada nazębienie, którem zczepia się ze ślimakiem, osadzonym na wałku, przechodzącym przez wsad. Na jednym końcu wałka znajduje się bęben *f* skalowany od 0 do 200 tysiącznych; podziałka bębna przesuwa się przed stałym wskaźnikiem *g*. Dolna część kątomierza jest kształtu

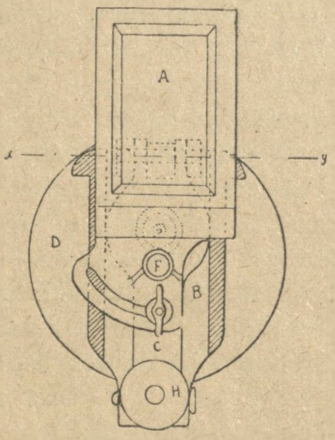
łuski, obejmującej obsadę cylindryczną, około której może się obracać. Wsad zaś obraca się około osi prostopadłej do osi słupa kątomierza. Obrót dokonuje się zapomocą ślimaka *h* zczepionego z zębnicą, przymocowaną do wsadu.

Obsada posiada wewnątrz, wzdłuż swojej średnicy, oś zczepioną z występem *k*, stanowiącym całość z podstawą przyrządu celowniczego *C*. Śruba pochyleń *i* służy do nadawania poprawek na nachylenie osi.



Rys. 203.

Ślimak *h* obraca kątomierz około obsady w płaszczyźnie pionowej równoległej do osi lufy, zaś śruba *l* obraca kątomierz w płaszczyźnie pionowej, prostopadłej do osi lufy około występu podstawy.



Rys. 204.

4. *Kątomierz francuski z lustrem* (Rys. 204) składa się z lustra *A*, przymocowanego do podstawy na lewym czopie *D* działa. Lustro porusza się około osi prostopadłej do podstawy. Podstawa składa się z dwóch części: jedna nieruchoma *B* wchodzi w łożysko w czopie, druga *C* podtrzymuje lustro i poziomnicę *F*, umieszczoną prostopadle do powierzchni lustra. Ruchoma część obraca się około osi *xy* równoległej do osi lufy. Przez obrót śruby *H* obraca się lustro około osi *xy* i sprowadza pęcherzyk poziomnicy na środek. Płaszczyzna lustra jest wówczas równoległa do osi lufy.

Celem skierowania działa ustawia się lustro równolegle do osi lufy; poza działem, z lewej jego strony, na linji czopów ustawia się wskazujący żądany kąt—kątomierz, podobny urządzeniem do poprzednio opisanych, i tak obraca się łoże, aż obraz pozorny linji świetlnej w lustrze nie zejdzie się z samą linją świetlną przeziernika.

Wszystkie wyżej opisane kątomierze posiadają zasadniczą wadę, mianowicie dopuszczają błędy przypadkowe i systematyczne (p. Art. 120) z powodu fizjologicznej niemożebności jednoczesnego widzenia wyraźnego linji świetlnej i punktu celowania.

124 Kątomierz niemiecki wzór 05. (Rys. 187). Kątomierz składa się z przytwierdzonej do łuku celownika podstawy, z podziałką w częściach stopnia. Jedna podzałka równa się $^{10}/_{16}$ stopnia. Na podstawie znajduje się ruchomy koło osi pionowej krąg z lunetą pryzmatyczną. Do nastawiania na wskazaną podziałkę na kręgu służy wskaźnik z lupą, ułatwiającą dogodne odczytywanie podziałek, ślimak, przesuwający krąg i śruba hamująca. Na lunecie pryzmatycznej znajduje się okrągła poziomnica. Kąt położenia nadaje się na celowniku, kąt zaś podniesienia — sprowadzając zapomocą mechanizmu podniesień pęcherzyk poziomnicy na środek.

125. Luneta panoramiczna. Myśl stworzenia lunety panoramicznej poddał kapitan szwajcarski, Corrodi, którą wykonały zakłady Goerz'a.

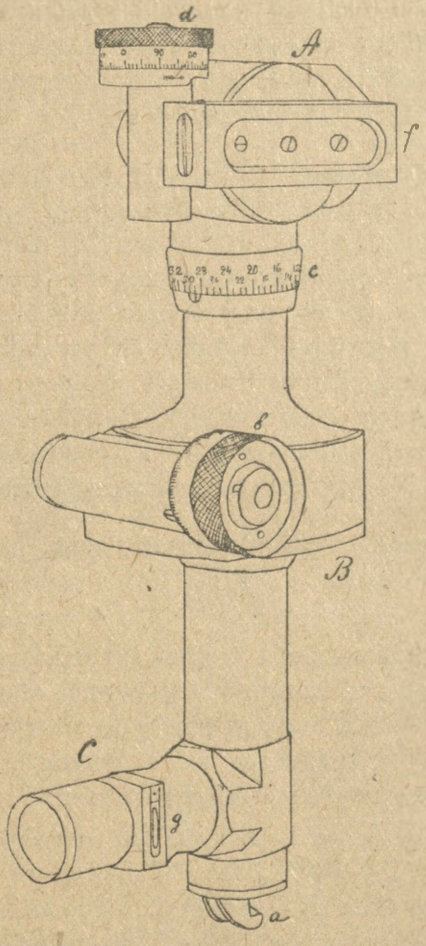
Luneta panoramiczna w porównaniu z innymi przyrządami do celowania w kierunku posiada tę wyższość, że pozwala celowniczemu, nie odejmując oka od szkła ocznego lunety i obracając tylko główkę, widzieć przedmioty, znajdujące się z przodu, po bokach i z tyłu, czyli daje „panoramę", otaczającego terenu.

1. *Luneta panoramiczna Goerz'a, przyjęta w artylerji francuskiej niemieckiej i rosyjskiej* (Rys. 205). W lunecie rozróżniamy główkę ruchomą *A*, kadłub *B* i okular *C*. Dla umocowania w tulejce luneta posiada haczyk *a* i występ (na rysunku nie uwidoczniony). Przy wstawianiu lunety w tulejkę zaszczepka na dnie tulejki zachacza o haczyk *a*, występ zaś wchodzi w wycięcie na jej obwodzie.

Głowica lunety może obracać się o 360°. Celem obrotu ręką uwalnia się głowicę od zczepienia ze ślimakiem bębna skalowanego *b* przez podniesienie dźwigni (na rysunku nie uwidoczniona).

Podziałka w setkach tysiącznych jest umieszczona na pierścieniu główki *c*, a od 0 do 100 tysiącznych na bębnie *b* w lunecie rosyjskiej i niemieckiej (Rys. 205), na półpierścieniu zaś w lunecie francuskiej, której urządzenie zewnętrzne jest jednakowe z kątomierzem systemu Schneider'a (Rys. 202).

Patrząc w okular będziemy zawsze widzieli powiększony czterokrotnie obraz pozorny terenu znajdującego się przed szkłem przedmiotwem.



Rys. 205.

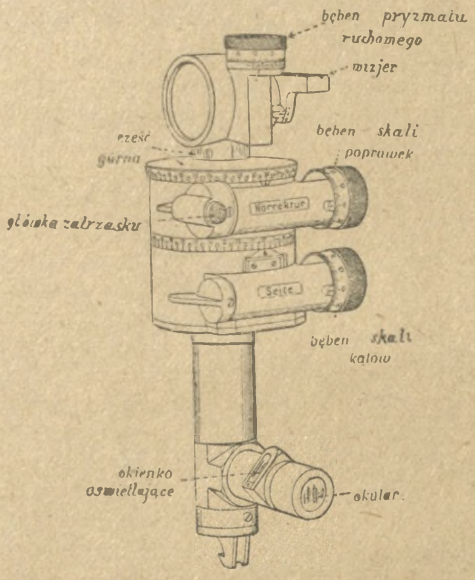
W polu widzenia lunety znajdują się dwie prostopadłe do siebie, skrzyżowane nici, podług których odbywa się celowanie.

Do objęcia przez lunetę części terenu, znajdującego się wyżej lub niżej poziomu działa, umieszczony jest w główce lunety ruchomy pryzmat, którego położenie określa się zapomocą bębna skalowanego *d* i skali na rysunku nie uwidocznionej. Pryzmat ma ruch tylko w kierunku pionowym, ponieważ nadto podziałka na bębnie *d* i skali jest w tysiącznych — przeto możemy zapomocą pryzmatu nadawać również kąty położenia. Dla nadania działu zgrubsza kierunku, przy którym punkt celowania ukaże się w polu widzenia lunety, lub dla obrotu zgrubsza główki lunety, przymocowany jest do główki przeziernik *f*—w lunecie francuskiej i wizjer—w lunecie niemieckiej lub rosyjskiej. Dla oświetlenia skrzyżowania nici podczas strzelania nocnego lunety niemiecka i rosyjska posiadają okno *g* w okularze, przez które oświetla się wnętrze zapomocą latarni.

Luneta niemiecka i rosyjska, posiadają wskaźniki bębna i pierścienia nieruchome, luneta zaś francuska ma wskaźnik pierścienia nieruchomy a wskaźnik półpierścienia ruchomy.

2. *Luneta panoramiczna austrjacka* (Rys. 206) jest urządzona podobnie jak niemiecka z tą tylko różnicą, że posiada podwójną podziałkę kątomierza. Dolna podziałka (Seite) służy tylko do ustawienia kąta podstawowego, który jest jednakowym dla wszystkich dział baterji. Podziałka górna (Korrektur) służy do nadawania wszelkich poprawek. Jeśli np. dla równoległego ustawienia dział był podany wspólny kąt np. 8, a poprawka na rozwinięcie wyniosła 0,14, wówczas drugie, trzecie i czwarte działo nastawia tę poprawkę na górnej podziałce.

System ten ma na celu ułatwienie obliczenia kątów przy zmianie celu, jak również ułatwienie czynności celowniczego i kontroli nastawienia.



Rys. 206.

126. Wewnętrzne urządzenie lunety panoramicznej Goerz'a. (Rys. 207). Kadłub nieruchomej części lunety panoramicznej jest to rurka pionowa *m* połączona w całość z okularem *c*. W okularze znajdują się dwie soczewki *b* i b_1 i szklana płaska płytka *d* z krzyżem. Do oświetlenia krzyża służy okno *g* (Rys. 205), oświetlane w nocy latarnią. W dolnej części pionowej rurki jest umieszczony pryzmat *B*, odgrywający rolę dwóch luster nachylonych do siebie pod kątem 90°, przyczem linja przecięcia się luster jest skierowana pod kątem 45° do osi okulara.

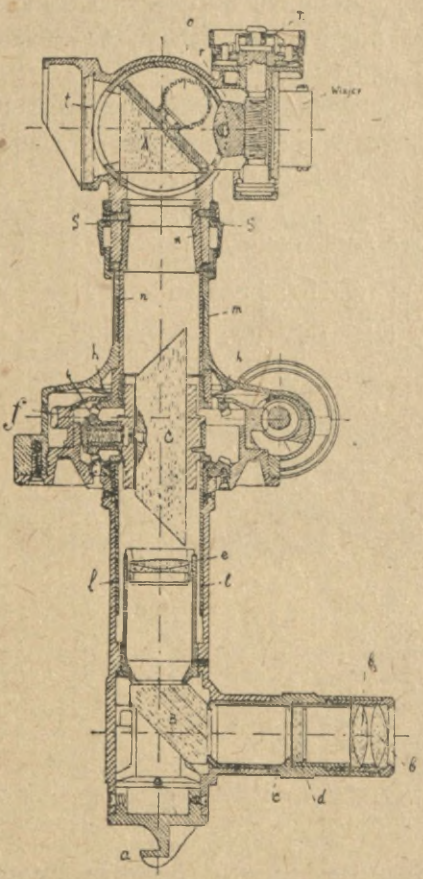
Pryzmat ten zmienia kierunek promieni w kierunku osi okulara i „wyprostowuje" obraz pozorny, obracając go o 180°.

Nad pryzmatem *B* jest umieszczone szkło przedmiotowe *e*. Średnia część rurki rozszerza się i tworzy gniazdo kształtu stożkowo-cylindrycznngo

z poprzecznym cylindrem dla ślimacznicy i mechanizmu, związującego obrót pryzmatów *A* i *C*.

Pryzmat *A* przyjmuje promienie i skierowuje je wdół, wzdłuż osi lunety, pryzmat *C**) służy do odwrócenia obrazu pozornego przy wszelkich położeniach główki lunety.

Główka lunety, w której mieści się pryzmat *A*, jest połączona z rurką *n*, wchodzącą wewnątrz korpusu lunety; pryzmat *C* w pionowej rurce *l* jest wstawiony swobodnie do rurki *m*, stanowiącej korpus lunety. Rurka *n* na swoim dolnym obwodzie posiada ślimacznicę *f* zczepioną ze ślimakiem *p* kątomierza lunety. W rurkę *n* jest wśrubowane stożkowe kółko zębate *h*, które się zaczepia z górnemi zębami kółka zębatego *i*, osadzonego swobodnie na osi wśrubowanej w górną część rurki *l*; kółko zębate *i* swemi dolnymi zębami jest zaczepione (oprócz kółka *h*) z nieruchomą, stożkową nazębnicą *k*, stanowiącą całość z gniazdem lunety.



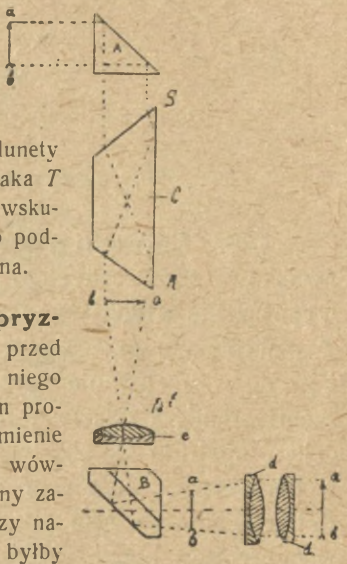
Rys. 207.

Przy obracaniu bębna skalowanego stożkowe kółko zębate *h*, związane z rurką *n*, obraca kółko zębate *i*, to ostatnie tocząc się po nazębnicy *k* obraca rurkę *l*, ponieważ oś kółka zębatego *i* jest umocowana w tej rurce. W ten sposób rurka *l* i umocowany w niej pryzmat *C* obracają się koło pionowej osi z kątową szybkością dwa razy mniejszą niż kątowa szybkość obrotu główki lunety (kółka *f* i rurki *n*). Kółko zębate *i* jest jakby wałkiem, na którym obraca się główka lunety. Dla wyjaśnienia, dlaczego stosunek szybkości równa się 1 : 2 (ilość zębów nie odgrywa żadnej roli), weźmy okrągły ołówek, położmy go na stole i oznaczmy jego położenie. Położmy na górną tworzącą ołówka skraj książki i przetoczmy książkę na ołówku. Oznaczywszy teraz punkt, w którym znalazł się skraj książki, przekonamy się, że przebył on drogę dwa razy dłuższą od tej, którą przebył ołówek. Istota zjawiska polega na tem, że po każdym obrocie ołówka książka przetoczy się po nim na odległość jego obwodu, lecz sam ołówek przetoczy się w tym samym czasie, przy jednym obrocie (przenosząc na sobie książkę), też o cały obrót, t. j. przesunie się na długość swego obwodu.

---

*) Zwany pryzmatem Corrodi lub Wollaston'a.

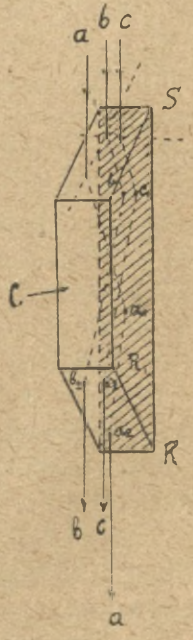
Zapomocą wyżej opisanego mechanizmu pryzmat *A* może obracać się razem z główką o 360° naokoło osi lunety. Oprócz ruchu obrotowego w płaszczyźnie poziomej pryzmat *A* może obracać się w płaszczyźnie pionowej. W tym celu pryzmat jest wstawiony w cylindryczną łuskę *O* ze ślimacznicą *r*, zczepioną ze ślimakiem *T*, zakończonym główką karbowaną z podziałką. Z przodu pryzmat *A* jest zakryty przed kurzem płaskiem szkłem *t*. Przy obracaniu się rurki *n*, obraca się główka lunety i pierścień *S* z podziałką. Przy obracaniu ślimaka *T* obraca się łuska, a razem z nią i pryzmat *A*, wskutek czego linja celowania nachyla się wdół, lub podnosi do góry zależnie od kierunku obrotu bębna.



Rys. 208.

127. Bieg promieni w lunecie pryzmatycznej. (Rys. 208). Przypuśćmy, że przed pryzmatem *A* jest przedmiot *ab*, promienie od niego wchodząc w pryzmat odbijają się pod kątem prostym i skierowują wdół. Jeśliby więc promienie wchodziły wprost do szkła przedmiotowego *e*, wówczas okular dawałby obraz pozorny, odwrócony zależnie od położenia główki lunety, tak np. przy nastawie kątomierza 32 — 0 — obraz pozorny byłby przewrócony, przy nastawie zaś 48 — 0 — pozorny obraz byłby prosty, lecz odwrócony bokiem, t. j. lewa strona byłaby z prawej strony szkła ocznego i t. p.

Oczywiście, że w takich warunkach celowanie nie byłoby możliwe. Dla zapobieżenia temu należy tak „obrócić" obrazy pozorne, by one były przy każdej nastawie proste. „Obrót" ten w lunecie panoramicznej wykonuje pryzmat obracający *C*.



Rys. 209.

Pryzmat ten posiada jednakowo ścięte płaszczyzny od góry i od dołu, wobec tego ścianka *SR*, dająca całkowite wewnętrzne odbicie, zmienia kierunek przełamanych promieni, równoległych do osi pryzmatu tak, że te po wyjściu z niego pozostają równoległemi. Dwa promienie *b*, *c* (Rys. 209), położone w płaszczyźnie prostopadłej do ścianki *SR* po wyjściu z pryzmatu krzyżują się, nie zmieniając płaszczyzny. Jest to własność pryzmatu obracającego, która tylko przewraca obraz pozorny przedmiotu około osi — równoległej do odbijającej ściany *SR* — i prostopadłej do geometrycznej osi pryzmatu. Po wyjściu z pryzmatu *C* promienie krzyżują się, (promienie *a*, *b*, są prostopadłe do płaszczyzny *SR*) i wchodzą do szkła przedmiotowego, wychodzą zaś z niego skrzyżowane, lecz padając na boczne ścianki pryzmatu *B* zmieniają kierunek, skutkiem czego obraz pozorny wyprostowuje się i tworzy prosty, lecz zmniejszony obraz pozorny. Dopiero szkło przedmiotowe (lupa) powiększa ten obraz.

ROZDZIAŁ IV.

Przyrządy obserwacyjne.

128. Lornetki polowe i lunety. Przy znacznej sile burzące pocisków spółczesnych i wysokiej ich cenie niezbędnem jest wyposażenie artylerji w przyrządy obserwacyjne, które pozwalałyby w najkrótszym przeciągu czasu i przy minimalnem zużyciu pocisków na wstrzeliwanie sprowadzić średni tor na cel. Najważniejszem zadaniem obserwatora jest rozpatrzenie i ocena celu—w tym celu zaopatruje się obserwatorów w lornetki polowe, lunety polowe i peryskopy. Zadaniem następnem jest prowadzenie samego wstrzeliwania—w tym celu obserwator korzysta z trójkątów obserwacyjnych, z podziałek lornetki polowej lub lunety i t. p.

Dla umożliwienia obserwacji w warnnkach, gdy trudno jest znaleźć punkty obserwacyjne, oddziały posiadają specjalne drabiny lub wieżyczki ruchome.

Do obserwacji używano niegdyś lornetek polowych Galileusza, składających się z dwóch ziemskich lunet, związanych z sobą. System ten jednak przedstawia bardzo poważne braki, ponieważ obok nadzwyczaj małego pola widzenia, daje nie rzeczywisty lecz pozorny obraz przedmiotu, co uniemożliwia użycie siatek. Zwłaszcza ostatnia okoliczność ma znaczenie w artylerji, ponieważ siatki umieszczone w lunetach, dających obraz rzeczywisty, pokrywają go i umożliwiają obserwację uchylenia rozprysków.

Oprócz tego lunety ziemskie wymagają dużo światła.

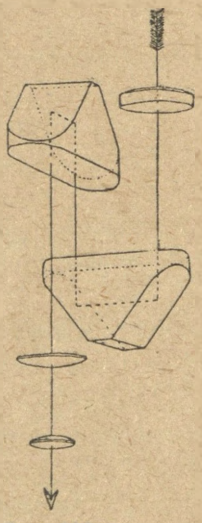
Obecnie w artylerji używa się wyłącznie pryzmatycznych lornetek polowych. System ten optyczny (Rys. 210) składa się ze szkła przedmiotowego, dwóch pryzmatów i astronomicznego systemu szkieł ocznych. Zwykle, dla zapobieżenia zabarwieniu (achromatyzmowi), szkła przedmiotowe i oczne składają z podwójnych, sklejonych soczewek. Zalety pryzmatycznych lornetek polowych są:

1. Wskutek zastosowania pryzmatów możliwe jest użycie astronomicznych szkieł ocznych (z dwóch soczewek), które pochłaniając mniej światła dają większe pole widzenia.

2. Znaczne zmniejszenie długości lunety, ponieważ pryzmaty łamiąc kilkakrotnie promienie skracają odległość między szkłami przedmiotowemi a ocznem.

3. Ponieważ w pryzmatycznej lornetce powstaje nie pozorny lecz rzeczywisty obraz, możliwe jest użycie siatek w płaszczyźnie głównego ogniska.

4. Ponieważ w tych lornetkach szkło oczne nie jest w jednej linji ze szkłem przedmiotowem, możliwe więc jest takie rozmieszczenie części lornetki, przy którem odległość między szkłami przedmiotowemi może być znacznie większa, niż odległość między szkłami ocznemi, czyli osięga się większą stereoskopijność lornetki, czyli plastyczność obrazu*).



Rys. 210.

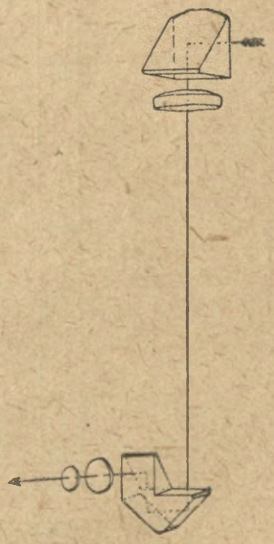
Lunetą nożycową lub lunetą stereoskopijną, nazywamy takie lornetki pryzmatyczne, w których dzięki specjalnemu rozmieszczeniu pryzmatów i znacznej odległości ogniskowej szkieł przedmiotowych osięga się znaczne oddalenie od siebie szkieł przedmiotowych, a więc i większa stereoskopijność.

Bieg średniego promienia i rozmieszczenie szkieł w lunecie stereoskopijnej na rys. 211.

W razie potrzeby szkła przedmiotowe mogą być zbliżone i luneta służy jako peryskop, lecz wówczas traci się plastyczność obrazu.

Oprócz lunet podwójnych (nożycowych) są również i lunety pojedyńcze.

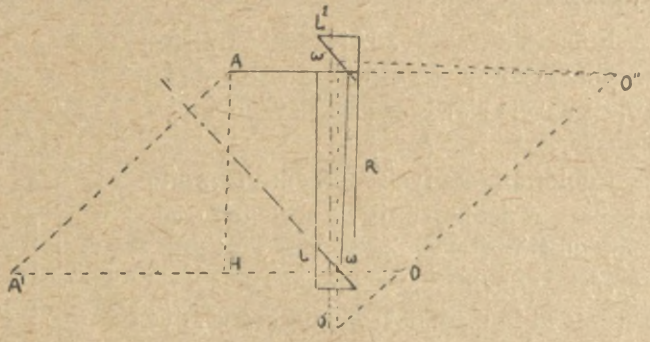
Podstawa lunety posiada podziałkę



Rys 211.

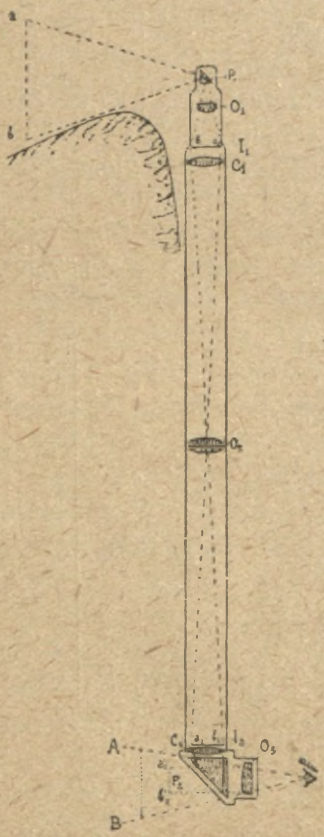
*) Plastycznością nazywamy iloczyn z wielkości gatunkowej plastyczności przez powiększenie lornetki lub lunety. Gatunkową plastycznością nazywamy stosunek odległości między szkłami przedmiotowemi do odległości między szkłami ocznemi. Np. w 8 × lornetce Zeiss'a odległość między szkłami przedmiotowemi $1^3/_4$ razy większa od odległości między szkłami ocznemi, t. j. jego gatunkowa plastyczność $= 1^3/_4$. Plastyczność zaś $= 8 \times 3^3/_4 = 14$. t. j. plastyczność jego jest większa od plastyczności wzroku 14 razy i większa od plastyczności zwykłej 8 × lornetki $1^3/_4$ razy.

tak, że możemy z niej korzystać jak z kątomierza, i poziomnicę do mierzenia kątów położenia.



Rys. 212.

Podstawę lunety ustawia się na trójnogu tak, by szkła oczne były na wysokości oczu.



Rys. 213.

129. Peryskop. Peryskop jest to przyrząd optyczny, pozwalający obserwować z ukrycia. Najprostszy peryskop (Rys. 212) składa się z dwóch luster L i L', ustawionych równolegle— na końcach rury cylindrycznej R (lub czworokątnej) pod kątem 45° do osi tejże. Z otworów przed lustrami jeden jest oczny, drugi—przedmiotowy. Promienie świetlne z punktu A dają, po odbiciu w obydwóch lustrach obraz pozorny A'. Rura jest potrzebna, by dać obraz czysty, nie rozpłynięty. Do ocznego otworu można przystosować lornetkę, wówczas widzi się wyraźniej obraz.

Pole widzenia peryskopu jest ograniczone: przy szerokości lustra 5 cm. wynosi ono około 66 tysiącznych, przy szerokości 7,6 cm. — 100 tysiącznych.

Celem zwiększenia pola widzenia peryskopu wstawia się między lustra soczewkę (lupę), ta ostatnia zbliża obraz pozorny otrzymany przez lustro przedmiotowe i rzuca

go powiększonym na lustro dolne. W użyciu najbardziej rozpowszechnione są następujące typy peryskopowe:

a) peryskopy okopowe od 65—100 cm. długości.
b) peryskopy obserwacyjne dla schronów mało zagłębionych od 2 do 2,5 metra.
c) peryskopy obserwacyjne dla głębokich schronów od 3 metrów i więcej.
d) peryskopy długie 8—14 i więcej metrów.
e) peryskopy dla artylerji okopowej połączone z kątomierzem.

a) *Peryskop okopowy* (Rys. 213), składa się z dwóch pryzmatów zastępujących lustra i z systemu soczewek, dających większe pole widzenia (do 870 tysięcznych).

Część optyczna peryskopu składa się z górnego małego pryzmatu P_1, odbijającego promienie od przedmiotu $a\ b$ i skierowującego je wdół na szkło przedmiotowe O_1, które daje w punkcie I_1 obraz pozorny $a_1\ b_1$—przewrócony. Soczewka zbierająca C_1 umieszczona w bezpośredniej blizkości od punktu I_1 skierowuje wszystkie promienie na soczewkę „wyprostowującą“ O_2, która daje w punkcie I_2 obraz pozorny $a_2\ b_2$, pochodzący od obrazu pozornego $a_1\ b_1$.

Soczewka zbierająca C_2 skieruje promienie na pryzmat P_2, który po odbiciu promieni przesuwa je w kierunku prostopadłym do osi peryskopu i daje obraz pozorny $a'_2\ b'_2$. Szkło oczne O_3 przed którem umieszczamy oko, daje w AB prosty i powiększony obraz pozorny przedmiotu ab.

b) *Peryskop okopowy z kątomierzem* jest wyłącznie przeznaczony do mierzenia kątów poziomych. Kątomierz z podziałką w tysiącznych jest osadzony na trójnogu. Na czop kątomierza nasadza się widełki, w których łożyska wchodzi peryskop pryzmatyczny długości 65 cm. z powiększeniem 6 ×.

130. Półkole jest to przyrząd obserwacyjny, przeznaczony wyłącznie do mierzenia kątów poziomych. Składa się on z półokrągłego stolika z czopem w środku półkola, na stoliku jest nałożony przenośnik cynkowy z podziałką w tysiącznych. Okrągła poziomnica służy do poziomego ustawienia stolika. Na czop nakłada się podstawę dla lornetki polowej, lub inny przyrząd pozwalający odmierzać kąty.

Przeważnie umieszcza się podstawę z lornetką pryzmatyczną. Na dolnym skraju podstawy jest wskaźnik.

Obserwator skierowuje lornetkę z podstawą na rozprysk i odczytuje odchylenie na przenośniku.

Wogóle ilość systemów przyrządów obserwacyjnych jest nadzwyczaj wielka—charakteryzuje je jednak wspólna cecha: wszystkie przyrządy przedstawiają połączenie kątomierza z lornetką.

Dla ułatwienia i umożliwienia obserwacji we wszelkich warunkach istnieją specjalne drabiny lub wieżyczki.

Każda baterja posiada przy jednym z jaszczów drabinę obserwacyjną, która jednek nie ma wielkiego praktycznego zastosowania. Więcej są rozpowszechnione specjalne drabiny, lub wieże, urządzane przeważnie podczas wojny pozycyjnej.

ROZDZIAŁ V.

Przyrządy miernicze.

131. Przyrządy miernicze. Przyrządy miernicze są używane przedewszystkiem celem przygotowania strzelania. Przygotowanie to składa się obecnie z szeregu pomiarów topograficznych w terenie, z określenia stanowiska baterji, celu i stanowiska obserwacyjnego. Na podstawie tych trzech punktów określa się kąty i boki utworzonego trójkąta, co umożliwia nadanie kierunku i podniesienia działom.

Do przygotowania strzelania należy jeszcze uwzględnienie wpływów atmosferycznych.

Po obliczeniu danych dla pierwszego strzału, t. j. kierunku i podniesienia, przygotowanie strzelania jest ukończone.

Z masy przyrządów mierniczych różnych systemów wybieramy dla opisu najważniejsze i te, które są w użyciu w artylerji polskiej.

132. Przenośnik i płytka polowa. Przenośniki są używane do mierzenia kątów. Przenośnik jest to (Rys. 214) płytka metalowa lub z miki z podziałką odpowiadającą podziałkom przyrządów do celowania w kierunku.

Kształt przenośników zależy od ich przeznaczenia. Przenośniki używane do mierzenia kątów na szerszej rozciągłości, w granicach 180°, mają kształt półokrągły, przenośniki używane do mierzenia kątów w wycinku są czworokątne.

W półokrągłych przenośnikach miejscem, skąd się mierzy— jest środek półkola, w czworokątnych—jeden z wierzchołków.

Z wymiarami przenośnika wzrasta dokładność mierzenia kątów.

Wszystkie przenośniki mają podziałkę ciągłą od 0 do 180° lub 3200 tysięcznych i t. p.

Przy mierzeniu kątów przenośnikiem należy mierzyć w jednym, określonym kierunku, by uniknąć błędów.

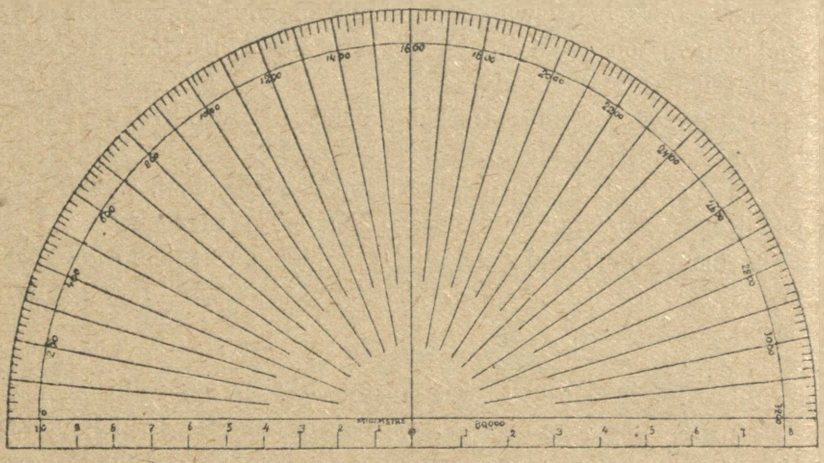
Płytka polowa austrjacka wz. 05 służy do obliczenia odchyleń, normalnej wysokości rozprysku, kątów położenia i najmniejszego celownika.

Płytka jest zawieszona na sznurku 50 cm. długości; przy obliczeniu trzyma się płytkę w ręce na wysokości (sznurek wyciągnięty) i odległości 50 cm. od oka.

Z jednej strony płytki jest podziałka w tysiącznych od 3100 do 3300 tysiącznych ze wskaźnikiem na 3200. Przy pomiarach wskaźnik powinien być skierowany na cel.

Dla mierzenia normalnej wysokości rozprysku płytka ma wcięcie prostokątne, którego poprzecznik równa się 3 tysiącznym.

Najmniejszy celownik oblicza się podług wzoru: $c = S_{(d + 200)} + n$, gdzie $S_{(d + 200)}$ jest kąt podniesienia do szczytu osłony, d — odległość od szczytu osłony plus 200 metrów (na rozsiew), n — kąt położenia osłony, mierzony zapomocą płytki. Np. odległość d od szczytu osłony 700 metrów; $d + 200 = 900$ metrów; $S_{(900)}$ odczytane ze skali umieszczonej na płytce równa się 20. $c = 20 + 30 = 50$ tysięcznych.



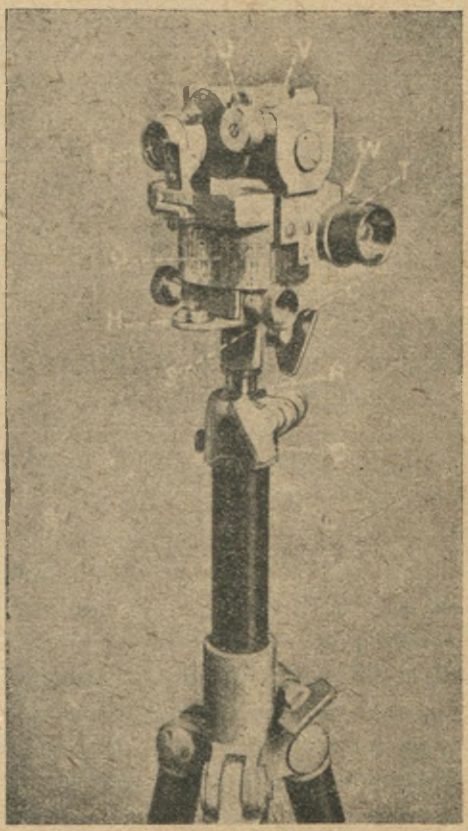
Rys. 214.

133. Kątomierz-busola francuski wz. 1917 r. (Rys. 215). Kątomierz-busola służy do wykonania pomiarów topograficznych i przygotowania strzelania.

Kątomierz, busola składa się z lunetki pryzmatycznej o powiększeniu 4 ×, ruchomej w płaszczyźnie pionowej. Oś optyczna lunetki jest równoległa do kierunku północnego igły magnetycznej busoli.

Do poziomego ustawienia busoli służy śruba mikrometryczna U i poziomnica V. Podziałka wewnątrz lunetki zawiera linję pionową do celowania w kierunku i podziałkę do mierzenia kątów położenia od — 100 do + 100 tysięcznych. Oś optyczna lunetki znajduje się na przecięciu linji pionowej z kreską zero podziałki

kątów położenia. Oprócz tego jest podziałka, służąca do mierzenia odległości do 200 metrów zapomocą drążka 2 metrowego. Busola posiada tylko jeden kierunek oznaczony *NS*. Zapomocą dźwigni igła magnetyczna może być unieruchomiona. Górny krąg kątomierza z lunetką i busolą porusza się w płaszczyźnie poziomej na kręgu dolnym. Większe przestawienia nadaje się zapomocą płaskiej dźwigni *W*, mniejsze zapomocą bębna skalowanego *T*. Ruch ogólny w płaszczyźnie pioziomej, bez zmiany nastawy kątomierza, osiąga się: szybki— przez obluźnianie klucza *C* w rurce podstawy przyrządu i obrót przyrządu ręką; wolny—przez obrót śrubki mikrometrycznej *S* — umieszczonej pod dolnym kręgiem.



Rys. 215.

Podstawa kątomierza tworzy kulę, którą wstawia się do gniazda na trójnogu. Pionowość osi kątomierza osiąga się zapomocą poziomnicy okrągłej *H*, ustawiając ręcznie kątomierz w gnieździe. Dolny nieruchomy krąg posiada ciągłą podziałkę w kierunku ruchu wskazówek zegara od 0 do 6400 tysięcznych w setkach, której odpowiada czarny wskaźnik *X* na kręgu górnym i wskaźnik *Y* na bębnie skalowanym *T*.

Zero podziałki ciągłej (wskaźnik *X* na podziałce zero kręgu dolnego) odpowiada nastawie „krąg 0, bęben 100“ podziałki górnego kręgu.

Jedna z ćwierci górnego kręgu jest podzielona na osiem części, oznaczonych: *PL*. 0, *PL*. 2, *PL*. 3 i t. d. do *PL*. 14. Tej podziałce kręgu odpowia jeden z czterech wskaźników, umieszczonych na podziałkach 0, 16, 32 i 48 kręgu dolnego. Każda z ośmiu części ćwierci kręgu górnego posiada część gładką i część

kreskowaną czerwono. Jeśli wskaźnik znajduje się przed częścią czerwoną, znaczy to, że reszta podziałek jest zawarta między 100 a 200 i należy je odczytać na bębnie skalowanym T przy wskaźniku Z, umieszczonym na czerwonem polu.

Jeśli wskaźnik znajduje się przed częścią gładką, oznacza to, że reszta podziałek będzie zawarta od 0 do 100 i należy odczytywać na bębnie G przy wskaźniku Y, umieszczonym na polu gładkiem. Cały przyrząd wstawia się swoją podstawą w kształcie kuli w gniazdo rurki pionowej trójnogu metalowego.

134. Deklinacja magnetyczna. Do pomiarów topograficznych należy ustawić kątomierz busolę, jak zresztą i każdy instrument topograficzny, podług stron świata, przyjmując pod uwagę deklinację. Deklinacją magnetyczną w jakimkolwiek miejscu jest kąt, który tworzy w tem miejscu igła magnetyczna z północą geograficzną, t. j. z południkiem danego miejsca.

Igła magnetyczna zawsze skierowuje się ku północy magnetycznej, która dla Polski jest na zachód od północy geograficznej. Deklinacja zmienia się od miejsca do miejsca. Powiększa się ona ku zachodowi i od południa ku północy.

Oprócz swoich normalnych wahań od miejsca do miejsca deklinacja ma pewne zmiany lokalne i to dość znaczne (anomalje). W Polsce wielkie anomalje istnieją w Zagłębiu Dąbrowskiem.

Wobec tego przyrząd deklinowany w jednem miejscu nie może być uważany za deklinowany po przeniesieniu w inne miejsce. W praktyce przyjmuje się, że deklinacja nie zmienia się w promieniu 10 klm. od miejsca pomiaru. Deklinacja zmienia się corocznie. Obecnie zmniejsza się ona od 11′ do 14′ rocznie. Zmienia się ona również z godziny na godzinę, około 10 i 18 godziny przyjmuje swoją przeciętną wartość dnia, z czego korzysta się ogólnie, by właśnie w tych godzinach zmierzyć deklinację. Wahania jej dzienne są większe w lecie niż w zimie. Osiąga ona swoje maksimum w czerwcu, spadając do minimum w styczniu.

Deklinację danego miejsca można albo odczytać ze specjalnej mapy, lub zmierzyć zapomocą kątomierza-busoli.

Określenie deklinacji zapomocą kątomierza — busoli odbywa się w następujący sposób:

Przypuśćmy, że w punkcie O wiadomym, oddalonym od mas żelaza, który możemy określić na mapie i z którego możemy widzieć kilka punktów (nie mniej niż trzy) o ile możności znacznie oddalonych A, B, C, D . . . . i również wiadomych, chcemy określić deklinację tegoż. Zapomocą przenośnika lub obliczenia określa się w tysięcznych oddalenie kątowe każdego z kie-

runków *OA, OB, OC, OD* . . . . . od kierunku północy geograficznej, licząc w kierunku ruchu wskazówek zegara. Przypuśćmy, że otrzymaliśmy kąty $\alpha, \beta, \gamma, \varepsilon$ . . . . .

Ustawiamy kątomierz—busolę w punkcie *O*, nastawiamy kąt α, ruchem ogólnym ustawiamy lunetkę w kierunku *A* i sprowadzamy zapomocą śruby mikrometrycznej linję pionową na punkt *A*.

Po wykonaniu tego, zapomocą bębna skalowanego robimy obrót naokoło widnokręgu, wizując na punkty *B, C, D* . . . i zamykając obrót na *A*. Przypuśćmy, że $\alpha', \beta', \gamma', \varepsilon'$ . . . . . są kąty odczytane na kątomierzu. Jeśli one różnią się o 1 tysięczną od obliczonych, uważamy, że kątomierz-busola jest ustawiony (orjentowany). Jeśli różnice są znaczniejsze, należy obliczyć pewną przeciętną poprawkę Δ tych różnic $\alpha-\alpha', \beta-\beta', \gamma-\gamma', \varepsilon-\varepsilon'$ . . . i zapomocą śruby do ruchu ogólnego, wolnego obrócić kątomierz-busolę, zwiększając wszystkie odczytane kąty o poprawkę Δ. Teraz mamy kątomierz orjentowany, t. j. że odczytane kąty są kątami odliczonemi od północy w kierunku ruchu wskazówek zegara (gisements).

Błąd orjentowania kątomierza-busoli nie przekracza 1 metra. Po ustawieniu (zorjentowaniu) kątomierza-busoli, oswabadzamy igłę magnetyczną i, obracając górny krąg przez nacisk na płaską dźwignię, sprowadzamy jej koniec namagnetyzowany do jej wskaźnika, działając na bęben skalowany.

Powtarzając trzy lub cztery razy tę czynność, bierzemy przeciętną z otrzymanych znaczeń, która będzie deklinacją magnetyczną danego miejsca.

Deklinacja magnetyczna określona sposobem powyżej opisanym ma wartość tylko dla kątomierza-busoli, zapomocą którego ją określono.

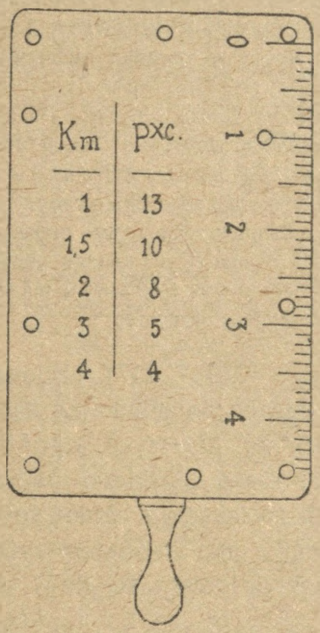
135. Sitometr wz. 1911 r. (Rys. 216 i 217). Sitometr (przyrząd francuski) jest to przyrząd służący do mierzenia kątów położenia, najmniejszego celownika i uchyleń kątowych w podziałkach kręgu i bębna. Sitometr składa się z płaskiego pudełka aluminjowego, na którego zewnętrznych ściankach z jednej strony jest umieszczona busola i kąty celownika na charakterystyczne odległości, z drugiej — tabelka paralaksy na odległości do 4 klm. (p. Cz. I, Art. 51).

System optyczny sitometru (Rys. 217) składa się z dwóch soczewek: *A* — przez którą obserwuje się skalę kątów położenia, skalę najmniejszego celownika, wskaźniki i pęcherzyk poziomnicy i *B*—przez którą obserwuje się skalę uchyleń kątowych; z dwóch pryzmatów: *C*—odbijającego promienie i oświetlającego poziomnicę i *D* — skierowującego promienie od poziomnicy do soczewki *A*; z dwóch skal: *E*—skali uchyleń kątowych i *F* — podwójnej skali kątów położenia i najmniejszego celownika; z poziomnicy *P* i szkła matowego oświetlającego skalę uchyleń.

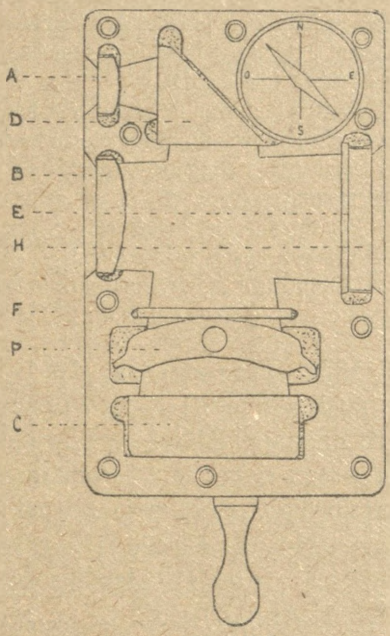
Trzymając przyrząd tuż przed okiem tak, by móc widzieć jednocześnie skalę i przedmiot, którego kąt położenia chcemy określić, sprowadzamy pęcherzyk poziomnicy na środek i patrząc

na prawą skalę — na wysokości celu — odczytujemy kąt położenia.

Dla określenia najmniejszego celownika trzymamy przyrząd— jak poprzednio, zapomocą skali prawej określamy w terenie punkt, którego kąt położenia jest jednakowy z kątem położenia celu, poczem przesuwamy przyrząd tak, by widzieć lewą skalę i na wysokości osłony odczytujemy najmniejszy celownik. Dla mierzenia uchyleń kątowych trzymamy przyrząd poziomo tuż przed okiem, opierając go o prawą stronę nosa tak, by widzieć jednocześnie skalę i cel. Sprowadzając wskaźnik *PL.* 0. 100 na cel



Rys. 216.



Rys. 217.

odczytujemy na skali odpowiednie uchylenie naprzeciw rozprysku, spostrzeżonego ponad przyrządem.

Dla pomiarów — odrazu w tysiącznych — znajduje się ponad skalą w podziałkach kręgu i bębna, skala w tysiącznych, której setki są oznaczone liczbami w kółkach.

Sitometr jest przyrządem kieszonkowym, pozwala więc na szybkie wykonanie wszelkich pomiarów już podczas wywiadu stanowiska baterji.

136. Kątomierz bateryjny (Batterierichtkreis). Korzystanie ze stanowisk osłoniętych jest związane z oddaleniem stanowiska

obserwacyjnego od baterji. Oddalenie to bywa czasami dość znaczne i wpływa na ocenę obserwowanych uchyleń. Znaczenie oddalenia stanowiska obserwacyjnego ma tem większy wpływ, im bliżej jest położony cel.

Największy wpływ wywiera oddalenie stanowiska obserwacyjnego na ocenę uchyleń. Uchylenie, ocenione ze stanowiska obserwacyjnego, nie odpowiada rzeczywistemu co do wielkości a nawet i co do kierunku. Przeznaczeniem kątomierza bateryjnego jest przekształcenie kątów obserwowanych na kąty odpowiadające stanowisku baterji. Osięga się to na przyrządzie przez ułożenie podług danego punktu (stanowisko obserwacyjne) trójkąta, z którego określa się potrzebny kąt dla drugiego (działo kierunkowe). Oddalenie stanowiska obserwacyjnego wywiera wpływ na odległość strzału. Celownik określony ze stanowiska obserwacyjnego nie odpowiada celownikowi baterji. Zapomocą tegoż trójkąta przyrząd przekształca otrzymane odległości na należyte.

Kąty położenia określone ze stanowiska obserwacyjnego wskutek zwykle dość znacznej różnicy poziomów stanowiska i baterji, różnią się od kątów położenia, określonych z baterji — przekształcenie tych kątów uskutecznia się zapomocą kątomierza bateryjnego.

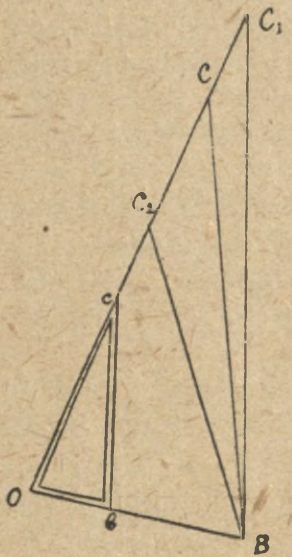
W tym celu, po ułożeniu trójkąta w płaszczyźnie: stanowisko, baterja i cel — podług poziomnicy na kątomierzu określa się kąt położenia dla baterji.

Oddalenie stanowiska obserwacyjnego od baterji wywiera wpływ na obserwację znaków rozprysków. Krótki i długi obserwują się jako uchylenia wprawo i wlewo od celu, nawet przy zupełnie dokładnem skierowaniu na cel. Wskutek tego trzeba wyprowadzać rozpryski na linję: stanowisko obserwacyjne — cel. Kątomierz bateryjny podaje samoczynnie zmiany kątomierza działowego i celownika dla wyprowadzenia rozprysków na linję obserwacji dowódcy.

Istota urządzenia przyrządu (Rys. 218) polega na tem, że na przyrządzie układa się trójkąt, w którym są wiadome dwa boki i kąt między nimi. Jeden bok *Ob* — oddalenie stanowiska obserwacyjnego od baterji *OB* — mierzy się bezpośrednio, drugi bok *Oc* — odległość *OC* od celu — określa się na oko podług mapy, lub zapomocą telemetru (dalmierza). Kąt *cOb* otrzymuje się przez bezpośrednie skierowanie boków *Oc* i *Ob* na cel i na baterję. W ten sposób otrzymuje się również na kątomierzu

trzeci bok *bc*, t. j. odległość baterji od celu *BC* i kąt *cbO* — kąt kierunku baterji na cel *CBO*.

Na kątomierzu podziałka odległości jest w określonej skali, kąt *cOb* jest zawarty między rzeczywistemi kierunkami w terenie, boki *Oc* i *OB* są proporcjonalne do rzeczywistych odległosci. Trójkąt *COB* otrzymany przy strzale jest proporcjonalny do trójkątu *cOb* na przyrządzie (równe kąty i proporcjonalne boki). Istota urządzenia jest taka, że mimo jakiegokolwiek błędu w określeniu odległości celu, pierwsze strzały podług danych, otrzymanych na przyrządzie, będą zawsze w linji: stanowisko obserwacyjne—cel.



Rys. 218.

Przypuśćmy, że dowódca baterji określił odległość celu zamiast *OC*—przez OC_1 lub OC_2 wskutek tego na przyrządzie pozostanie inny trójkąt i bok *bc* (celownik) będzie miał inne znaczenie i inny będzie kąt kierunku na cel, lecz rozpryski jednak będą w kierunku: stanowisko obserwacyjne—cel. Wyjątkowo tylko wskutek niedokładnie zmierzonej odległości stanowiska obserwacyjnego od baterji i rozsiewu nie otrzymamy rozprysków na linji *OC*. Błędy pierwszego rodzaju usuwa samoczynnie przyrząd na podstawie obserwacji pierwszych rozprysków, błędy zaś drugiego rodzaju ujawnią się dopiero podczas strzelania.

Kątomierz bateryjny jest nadzwyczaj dogodny w obchodzeniu się i zupełnie dokładny. Ponieważ na przyrządzie układamy trójkąt podobny do trójkątu w terenie, więc miejsce, gdzie jest przyrząd nie stanowi różnicy, aby tylko te dane, podług których ustawia się przyrząd, odpowiadały rzeczywistym danym w terenie. Kątomierz może być przy baterji, dowódca zaś może mieć busolę lub lunetę z kątomierzem, co określenia danych nie zmienia lecz nawet ułatwia.

Z kątomierzy bateryjnych znane są: rosyjski systemu Michałowskiego-Turowa i austrjacki wz. 05.

137. Telemetry (dalmierze). Odległość celu możemy określić: a) na oko, b) strzelaniem, c) telemetrem, d) na podstawie mapy.

a) Przy określeniu odległości na oko otrzymujemy dość znaczne błędy. Doświadczenia w ocenie odległości na oko przeprowadzone w 1868 roku w Szwajcarji wykazały, że na odległość około 3 klm. przeciętny błąd arytmetyczny dochodził do 20% ocenianej odległości.

b) Dla określenia odległości używa się map i planów o wielkiej podziałce, np. 1:50,000, 1:25,000 i t. d. (Plan directeur).

c) Sposób określenia odległości zapomocą wstrzeliwania wynika z przepisów strzelania.

d) Mimo określenia, że działo jest najlepszym z telemetrów — telemetr jako przyrząd pomocniczy, jest niezbędny w każdej baterji, ponieważ zaoszczędza amunicję przez wskazanie odległości celu.

Wszystkie telemetry możemy podzielić na dwie wielkie grupy: 1) telemetry, w których określenie odległości opiera się na rozwiązaniu płaskiego trójkąta, utworzonego przez końce podstawy i dany punkt celu, i 2) telemetry optyczne i akustyczne. Druga grupa telemetrów są to przyrządy przeważnie przestarzałe i niedogodne w użyciu, wymagające dodatkowych obliczeń, kilku stanowisk obserwacyjnych i licznej obsługi.

Telemetry zbudowane na zasadach geometrycznych, zależnie od swej podstawy, mogą być podzielone na telemetry z podstawą pionową i telemetry z podstawą poziomą.

Dokładność określenia odległości przez telemetr, zależy nie tylko od systemu, lecz również od warunków atmosferycznych, od natury celu i innych warunków, przy których odbywa się obserwacja.

Przypuszczając, że warunki obserwacji są sprzyjające, granice dokładności, którą można będzie osiągnąć, będą zależały przedewszystkiem od długości podstawy i od tego, jak mały kąt może ująć dany przyrząd.

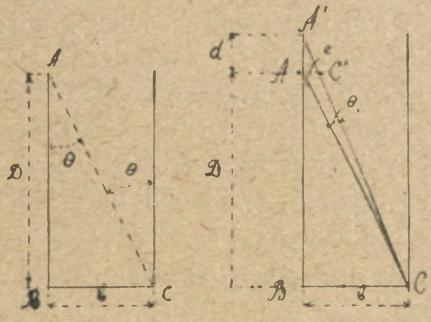
Ze względu na długość podstawy wszystkie istniejące telemetry mogą być podzielone na dwie grupy: 1) z długą podstawą i 2) z krótku podstawą.

Obecnie korzysta się przeważnie z telemetrów z krótką podstawą, jako bardziej dogodnych w użyciu.

W pierwszych typach telemetrów Barra i Struda *AB* (Rys. 219) równało się 250 yardom (228,5 metra) a podstawa *b* równała się 3 yardom (2,74 m.).

Przypuśćmy, że A jest najbliższym przedmiotem, którego odległość należy określić, kąt $tg\Theta = \frac{b}{AB}$, a więc dla telemetrów Barra i Struda $\Theta = \frac{3}{250} = 21'$ czyli około $\frac{1^0}{3}$. Jest to ten kąt, który powinien być podzielony na części przedstawiające cały szereg odległości od 250 yardów do nieskończoności.

Oznaczmy przez Θ_1 kąt ACA' t. j. ten minimalny kąt, który może ująć dany telemetr, wówczas różnica d między $A'B$ i AB będzie przedstawiała taką wielkość, którą zaledwie można określić przyrządem, możliwy błąd przy mierzeniu odległości D będzie $\pm d$. Z podobieństwa trójkątów $A'AC'$ i $A'BC$ mamy $d : e = (D + d) : b$, odrzucając d w porównaniu do D, otrzymamy $d = \frac{eD}{b}$, a ponieważ



Rys. 219.

bez wielkiego błędu możemy przyjąć że $e = D \cdot tg\Theta_1$ więc

$$d = D^2 \frac{tg\Theta_1}{b} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 102)$$

Z wzoru (102) widzimy, że przy stałych b i Θ błąd d przy odległości D, jest wielkością proporcjonalną do kwadratu odległości. Przedstawiając równanie (102) w postaci:

$$tg\Theta_1 = \frac{d \cdot b}{D^2} = \frac{d}{D} \cdot \frac{b}{D}$$

i przyjmując jako miarę dokładności 1% otrzymamy, że np. przy długości podstawy 2,7 metra (3 yardy) i $D = 2700$ metrów

$$tg\Theta_1 = \frac{1}{100} \cdot \frac{2,7}{2700} = 1 \text{ sek.}$$

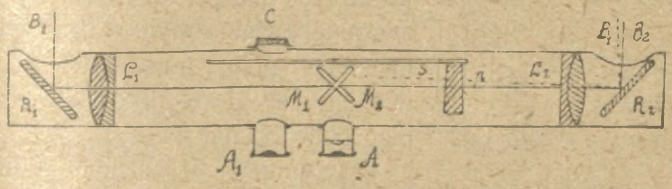
Z powyższego widzimy, że główną przeszkodą przy konstrukcji telemetru z krótką podstawą jest urządzenie tak dokładnego fizyko-optycznego przyrządu, któryby, dając dokładne obliczenia, nie niszczył się przez użycie w służbie polowej *).

*) Wpływ błędu w kącie na odległość może być określony w następujący sposób: z rysunku 219 mamy: $D = \frac{b}{\Theta}$, biorąc pochodną otrzymamy $\delta D = -\frac{b\,\delta\Theta}{\Theta^2}$, zamieniając $\frac{b}{\Theta}$ na D otrzymamy: $\delta D = -\frac{D\,\delta\Theta}{\Theta}$, skąd $\frac{\delta D}{D} = -\frac{\delta\Theta}{\Theta}$, t. j. procentowy błąd w kącie wywołuje taki sam błąd w odległości, lecz z odwrotnym znakiem.

Poniższa tabelka daje główne dane telemetrów Barra i Struda będących w użyciu w wojskach lądowych.

TYP	Podstawa metr.	Powiększenie	Waga kg.	Największa odległość metr.	Dokładność na 1000 metr. %	Dokładność na 5000 metr. %	Dokładność na 10000 metr. %
Ręczny	1,00	15	2,7	6000	0,5	2,4	—
Polowy . . .	1,37	26	8	10000	0,2	1,0	2,00
Pozycyjny . .	2,74	30	74	15000	0,1	0,4	0,84

138. Istota urządzenia telemetru systemu Barra i Struda (Rys. 220). Promienie świetlne oddalonego przedmiotu padają na reflektory-pryzmaty R_1 i R_2, po odbiciu od reflektorów promienie przechodzą przez system soczewek L_1 i L_2 i padają na ustawione po środku przyrządu dwa małe lusterka M_1 i M_2,



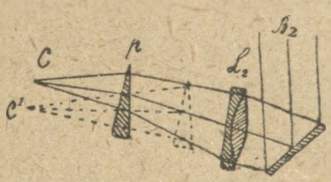
Rys 220.

umieszczone jedno nad drugiem, lustra zaś te odbijają promienie w okular lunety A. Wskutek takiego urządzenia w polu widzenia lunety widzi się rozdzielone dwie części przedmiotu tak, że w górnej połowie pola widzenia otrzymamy obraz przedmiotu z lewego reflektora przyrządu, a w dolnej połowie — z prawego.

Przypuśćmy, że promienie B_1 i B_2 oddalonego przedmiotu padają na reflektory R_1 i R_2 (Rys. 220) i że dwa poszczególne obrazy zupełnie się schodzą. Jeśli teraz przedmiot będzie zbliżał się do przyrządu wzdłuż linji B_1 wówczas promień padający na reflektor R_2 będzie miał nowy kierunek, wskazany na rysunku przez linję przerywaną; poszczególne obrazy nie będą się już schodzić i zajmą inne położenie.

Stąd widzimy, że odległość między dwoma poszczególnemi obrazami może być miarą odległości; im bliżej przedmiot, tem większa będzie odległość między obrazami. Dokładny jednak pomiar tej odległości jest rzeczą bardzo trudną, a przy ruchu

celu—niemożliwą. Wobec tego telemetr posiada specjalny przyrząd achromatyczny, przełamujący promienie—pryzmat p z małym kątem, który umieszczony z prawej strony, na drodze promieni od reflektora R_2 porusza się wzdłuż rury telemetru. Pryzmat ten służy do zmiany kierunku promienia B_2, aby dwa poszczególne obrazy można było złączyć. Działanie pryzmatu p jest wskazane na rys. 221; z rysunku tego widzimy, że jeśli przełamujący pryzmat przesunie się na pewną odległość, np. 1 m., wówczas obraz C przesunie się na $\frac{1}{n}$ m. i ułamek $\frac{1}{n}$ przedstawia niejako spółczynnik przesunięcia. Do wskazania odległości przedmiotu jest przystosowana skala S (dla przezroczystości zrobiona z kości słoniowej), oświetlana przez specjalne okienko. Dla uniknięcia trudności przy początkowem odszukaniu przedmiotu, do którego trzeba znaleźć odległość, telemetr posiada dla lewego oka specjalny poszukiwacz C z okularem A_1. Poszukiwacz jest tak przystosowany, że, gdy przedmiot będzie widziany w środku pola widzenia, jednocześnie będzie on widziany także znacznie zwiększonym w bardziej ograniczonem polu prawej lunety. Stąd widzimy, że lewe oko powinno spełniać dwie czynności.



Rys. 221.

Czynność określenia odległości zapomocą telemetru będzie więc polegała: 1) na odszukaniu przedmiotu zapomocą poszukiwacza i sprowadzeniu go na środek pola widzenia lewego oka, 2) na sprowadzeniu do ścisłego złączenia się poszczególnych obrazów, widzianych w polu widzenia prawego oka i 3) na obliczeniu odległości na skali lewem okiem. Urządzenie podobne czyni przyrząd tak dogodnym w obchodzeniu się, że odległości można określać w przeciągu 8 — 10 sek., licząc czas od chwili, gdy obserwator weźmie przyrząd do rąk.

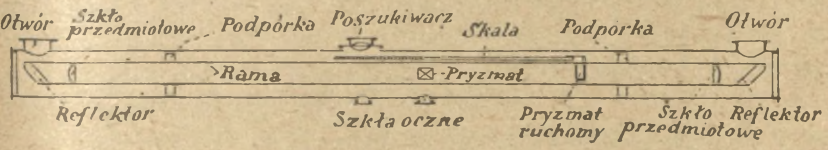
Wogóle cały system optyczny telemetru jest skonstruowany nadzwyczaj pomysłowo; jedną z charakterystycznych cech systemu jest to, że obraca on obrazy, dając je prostemi.

Jeśli zamiast przedmiotu posiadającego wymiary będziemy obserwowali punkt, np. gwiazdę lub jakieś światło oddalone, wtedy oczywiście nie może ono być przedzielone linją poziomą przez pół i odległość świecącego się punktu nie może być określona przez złączenie dwóch poszczególnych obrazów.

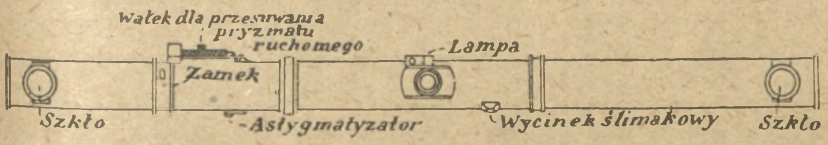
Kwestja zastosowania telemetru do określenia odległości świe-

cącego się punktu, co stanowi jedno z ważniejszych zastosowań telemetru, zwłaszcza na morzu, przedstawiła wynalazcom znaczne trudności, pokonane jednak w prosty sposób przez umieszczenie na drodze promieni od prawego i lewego końca przyrządu małego cylindrycznego szkła (astygmatyzatora), umieszczonego pionowo i wpoprzek kierunku promieni. Działanie szkła polega na rozpraszaniu promieni w jednym tylko pionowym kierunku, a pozostawieniu ich bez zmiany w kierunku poziomym tak, że obraz źródła światła występuje w postaci długiej, świetlnej linji pionowej. Oczywiście, że w takim razie złączenie tych linij może być osiągnięte w zwykły sposób.

Do umożliwienia odczytywania skali w nocy stosuje się przy telemetrze lampę elektryczną, oświetlającą skalę.



Rys. 222.



Rys. 223.

Celem korzystania z przyrządu ustawia się go na trójnogu, umożliwiającym położenie poziome i pionowe telemetra.

Telemetry podają odległość przedmiotu w momencie mierzenia jej, nie dają jednak „uprzedzenia“ na odległość przy celu ruchomym, co utrudnia ich zastosowanie przy strzelaniu do celów ruchomych, zwłaszcza w powietrzu.

System optyczny telemetru zawarty w mocnej, miedzianej ramie jest razem z nią umieszczony w rurze na specjalnych podpórkach, które nie dopuszczają ruchu w rurze. Na rysunkach 222 i 223 są wskazane ważniejsze części telemetru Barra i Struda.

139. Istota urządzenia telemetru Zeiss'a. Podwójna luneta pryzmatyczna, której szkła przedmiotowe są rozstawione (jak w telestereoskopie Helmholza) na znaczną odległość, służącą za podstawę telemetru. Lunety astronomiczne, z wielkiem polem widzenia; dla wyprostowania obrazu zastosowano system pryzmatów. W okulary obydwóch lunet są wstawione szklane

płytki z naznaczonemi na nich zapomocą fotografji punktami, obliczonemi i umieszczonemi tak, że przy patrzeniu przez obydwie lunety, stereoskopijny ich obraz przedstawi się jako szereg punktów, oddalających się od obserwatora; punkty są oznaczone cyframi, oznaczającemi odległości.

W ten sposób obserwator widzi w telemetrze teren i wzdłuż niego skalę z numerowanych punktów, wobec czego może natychmiast, bez żadnych dodatkowych pomiarów, wskazać odległość obserwowanego przedmiotu.

Dla nocnej obserwacji jest specjalny przyrząd, oświetlający skalę w okularach.

ROZDZIAŁ VI.

Oddziały pomiarowo-podsłuchowe *).

140. Historyczne dane o oddziałach pomiarowych. Pierwszem działaniem zaczepnem, które walkę pozycyjną przemieniło na jakiś czas w walkę ruchową, było przerwanie frontu rosyjskiego nad Dunajcem w początkach roku 1915. Wojska państw centralnych nagromadziły ogromne masy artylerji wszystkich kalibrów. Baterje zajmowały stanowiska w nocy i maskowały je przed lotnikami nieprzyjacielskimi. W chwili ogólnego ataku artylerja skutecznie wykonała swoje zadanie.

Widzimy zatem, że udało się w tym wypadku jednej ze stron wojujących ściągnąć i ustawić niespostrzeżenie takie ilości dział, że gdy przyszło do działania decydującego, skuteczny opór Rosjan był niemożliwy.

W roku 1914—1915 wojska walczące posiadały następujące środki rozpoznawcze:

a) *Lotnik.* Środek niepewny, zależny przedewszystkiem od pogody. Parę dni mgły, deszczu, śniegu lub silnego wiatru uniemożliwia mu wgląd w to, co się dzieje za frontem przeciwnika. Tych kilka dni umożliwi stronie zaczepnej ustawienie masy artylerji potrzebnej do rozpoczęcia działań.

b) *Balon na uwięzi* ma te same wady co lotnik, gdyż jest w tym samym stopniu zależny od pogody tak, że o ciągłej i pewnej obserwacji nie może być mowy.

c) *Wywiad tajny.* Jest to również środek niepewny. W walce pozycyjnej nie jest rzeczą łatwą przedostać się przez front nieprzyjacielski i własny i złożyć raport o tem, co się dzieje u przeciwnika. Najważniejszą rzeczą jednak jest to, że raport taki może przyjść za późno i jest zatem bezwartościowy, ponieważ strona broniąca musi również użyć dłuższego czasu na koncentrację odwodów i ustawienie artylerji.

---

*) Autorowie wyrażają głęboką wdzięczność Panu Pułkownikowi Julianowi Stasiniewiczowi za łaskawe umożliwienie korzystania z Jego pracy.

Wynika więc konieczność, aby każdy dowódca artylerji posiadał środek rozpoznawczy zupełnie pewny, któryby rejestrował dokładnie stan artylerji przeciwnika. Takim środkiem rozpoznawczym są artyleryjskie oddziały pomiarowe.

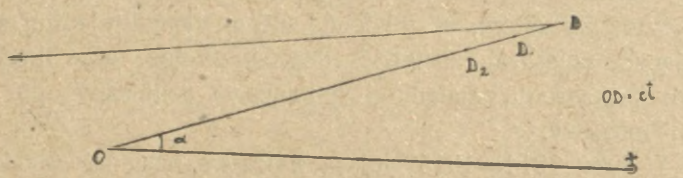
Oprócz funkcyj rozpoznawczych pełnią artyleryjskie oddziały pomiarowe funkcje obserwacyjne. Podają one w metrach odchylenie wgłąb, wszerz i wzwyż każdego strzału, ułatwiają i przyśpieszają wstrzeliwanie.

Pierwszem wojskiem, które utworzyło oddziały pomiarowe, było francuskie. W roku 1915 oddziały pomiarowe dzieliły się na 2 części:

S. R. L.: sections de répérage par lueur,
S. R. S.: „ „ „ „ le son.

Z końcem roku 1915 zaprowadziło dowództwo wojsk niemieckich pierwszy pluton pomiarów optycznych. (Lichtmesstrupp).

Wojsko francuskie posługiwało się przez cały rok 1915 jedynie metodą subjektywną, a dopiero w początkach roku 1916 za-



Rys. 224.

częto używać oscillografów, w tym samym czasie, gdy w Niemczech zorganizowano plutony dla pomiarów akustycznych (Schallmesstrupp).

W początkach roku 1917 porzucono we Francji metodę subjektywną i używano jedynie metody objektywnej, czem się tłumaczy przewaga artylerji francuskiej. Wobec tego dowództwo wojsk niemieckich starało się zdobyć choć jeden oscillograf, co udało się dopiero w kwietniu 1918 roku.

Z dniem 1.11.1918 otworzyli Niemcy pierwszy kurs pomiarów akustycznych, przeprowadzonych metodą objektywną, a 1.12. 1918 r. — 50 takich oddziałów miało wyruszyć na front.

141. Sposób działania artyleryjskich oddziałów pomiarowych.

a) *Metoda dźwiękowo-świetlna.*

Działo zdradza się przy strzale przez błysk i huk. Wyobraźmy sobie w punkcie *D* (Rys. 224) działo strzelające w jakimkol-

wiek kierunku, w punkcie O obserwatora. W chwili strzału ustala obserwator O kierunek działa strzelającego i naciska na guzik zegarka (Stopper), gdy usłyszy huk strzału—zatrzymuje zegarek przez powtórne naciśnięcie guzika. W ten sposób można odczytać na zegarku czas, który upłynął pomiędzy spostrzeżeniem błysku, a usłyszeniem fali huku strzału. Ponieważ szybkość dźwięku wynosi przy 3°C, 333,33 m/sek., można więc otrzymać odległość OD, mnożąc czas t przez szybkość dźwięku.

Ze względu na to, że reakcja obserwatora na błysk różni się od reakcji na huk, zachodzi przy tej metodzie ta niedokładność, że punkt D będzie się znajdował na pewnej przestrzeni bliżej lub dalej—punktu O (D_1, D_2).

Ta niedokładność jest powodem, że metody dźwiękowo-świetlnej używa się jedynie jako metody pomocniczej.



Rys. 225.

b) *Pomiary optyczne.* Pomiary optyczne polegają na topograficznem przeniesieniu celu na plan.

Jeżeli umieścimy w terenie obserwatorów A, B, D (Rys. 225) z przyrządami, umożliwiającemi dokładny pomiar kątów poziomych, a skierowanemi na punkt zasadniczy, to po nastawieniu w chwili strzału obserwowanego działa przyrządów w kierunku błysku, dymu lub kurzu, można odczytać na przyrządach kąty α, β, γ, zawarte między kierunkiem zasadniczym (głównym) a kierunkami na działo strzelające. W punkcie przecięcia się tych trzech kierunków znajduje się cel C. Trzeci obserwator D służy tylko do celów kontroli; przy dobrze wykonanych pomiarach wszystkie kierunki powinny przejść przez cel.

Pomiary optyczne wymagają, aby cel był widoczny, lub też aby się zdradzał przez błysk, dym lub kurz.

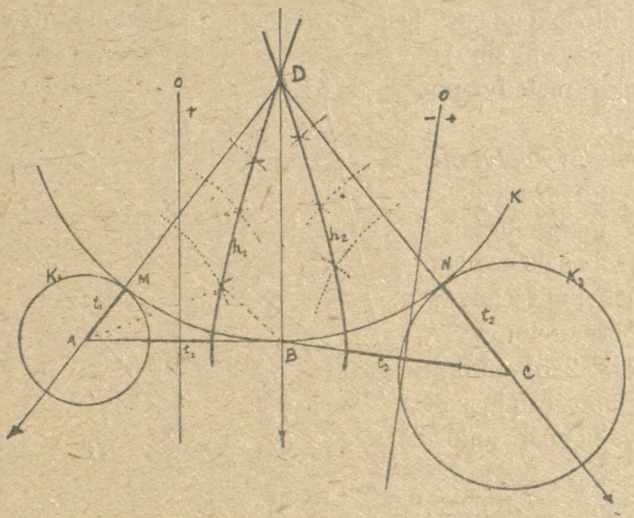
c) *Pomiary akustyczne.* Działa ukryte nie zdradzają się przez błysk, lecz tylko przez huk strzału. Metoda pomiarów akustycznych ma na celu dokonywanie pomiarów dział stojących w ukryciu.

Przedstawmy sobie, że w punkcie D (Rys. 226) znajduje się

strzelające działo. W punktach A i B umieszczamy dwóch obserwatorów, z których jeden — A — posiada zegarek (Stopper z podziałką 0,02 sek.), a drugi — B — brzęczyk telefoniczny. W chwili, gdy B usłyszy huk strzału — naciska na brzęczyk. Obserwator A, usłyszawszy brzęczyk, naciska guzik zegarka i puszcza go w ruch. Z chwilą zaś, gdy A usłyszy huk strzału, naciska powtórnie guzik zegarka i zatrzymuje go.

W ten sposób możemy na zegarku odczytać czas t_1. Jest to różnica czasu, jaki huk strzału zużył, by dojść od A do B.

Jeżeli użyjemy jeszcze trzeciego obserwatora C, wtedy otrzymamy drugą różnicę czasu t_2.



Rys. 226.

Dla określenia punktu D, kreślimy koło K, które przechodzi przez punkt B i styka się z kołami K_1 i K_2 o promieniach t_1 i t_2; albo też kreślimy na AB jako odległości ogniskowej i na t_1 jako stałej różnicy — hyperbole h_1, na BC i na t_2 — stałej różnicy — hyperbole h_2. Na przecięciu się tych dwóch hyperbol leży punkt D.

142. Organizacja pomiarów optycznych. Pluton pomiarów optycznych składa się z pewnej ilości placówek pomiarowych (5—8) i z centrali (dowództwo plutonu). Poszczególne placówki mierzą w terenie kąty między punktem zasadniczym a celem za pomocą lunety nożycowej w dzień, lub też zapomocą kątomierza świetlnego Weckersa w nocy i podają kąt odczytany centrali.

W centrali wykreśla się kąty na planie pomiarów poziomych i przez to otrzymuje położenie celu. Pomiary te można przeprowadzić systemem pojedyńczym, przy którym każda placówka pracuje samodzielnie, lub też systemem głównym, przy którym wyznacza się jedną placówkę jako główną, która kieruje każdym pomiarem.

a) *Strzelanie z obserwacją plutonu pomiarów optycznych.* Pluton pomiarów optycznych jest jedynie organem obserwacyjnym. Poprawki potrzebne daje dowódca baterji. Pluton pomiarów optycznych jest w stanie podać w metrach odchylenie od celu każdego strzału. Wobec tego odpada potrzeba wstrzeliwania wideł i uwzględniania wpływów dnia przy pierwszem wstrzeliwaniu. Pomiary można uskuteczniać przy strzelaniu uderzeniowem i rozpryskowem.

Przy strzelaniu uderzeniowem dąży się do uchwycenia każdego rozprysku, poczem przesyła się kąt odczytany do centrali, gdzie przez wykreślenie podanych kiarunków i znalezienie punktu przecięcia się ich otrzymuje się położenie rozprysku względem celu. Odchylenie wgłąb i wszerz podaje się dowódcy baterji.

Przy strzelaniu rozpryskowem mierzy każda placówka wysokość rozprysku nad poziomem placówki, dokonuje zatem pomiarów kątów poziomych (jak przy ogniu uderzeniowym) i kątów pionowych.

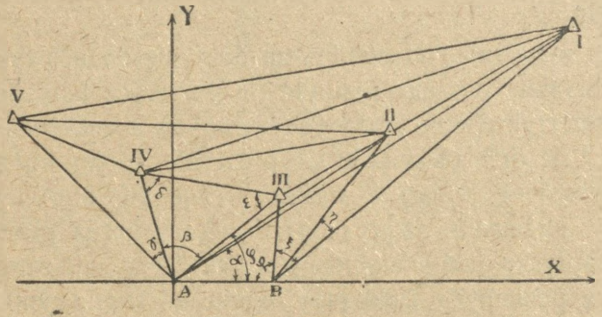
Z wymierzonej wysokości rozprysku nad poziomem placówki i z kąta położenia celu otrzymuje się wysokość rozprysku nad poziomem celu. Z tabel strzelniczych odczytuje się kąt upadku. W ten sposób można wykreślić tor, przechodzący przez punkt rozprysku — uważając ostatnią część toru za linję prostą. Można jednak uwzględnić i zakrzywienie ostatniej części toru (tabele graficzne torów pocisków).

Przy strzelaniu ogniem rozpryskowym używa się w centrali dwóch planów, a mianowicie: planu pomiarów poziomych i planu pomiarów pionowych. Przy pomocy tych planów wszystkie obliczenia przeprowadza się mechanicznie, wobec czego na obliczenie pomiarów dokonanych traci się tylko minimalną ilość czasu tak, że przy wyćwiczonej obsłudze może być co 2 minuty obliczony jeden strzał.

Strzelanie rozpryskowe może być zastosowane z jednakową dokładnością w dzień i w nocy. Pomiarom wcale nie przeszkadza ogień artylerji własnej i nieprzyjacielskiej.

b) *Położenie placówek.* Aby praca plutonu pomiarów optycznych dała dobre wyniki, powinny być wszystkie placówki geodetycznie wytyczone i umieszczone na planie podług spółrzędnych.

Prace te wykonuje oddział pomiarów topograficznych. Ponieważ jednak podczas wojny oddziały pomiarów topograficznych są bardzo przeciążone pracą, powinien każdy pluton pomiarów optycznych posiadać odpowiednie środki, by te prace przeprowadzić samodzielnie. Baterje, które mają strzelać z obserwacją plutonu pomiarów optycznych, powinny być także geodetycznie wytyczone, jak również niektóre stanowiska obserwacyjne, których obserwacja stanowi cenne uzupełnienie pracy plutonu pomiarów optycznych.



Rys. 227.

Jeśli pluton pomiarów optycznych jest zmuszony samodzielnie określić położenie placówek, przeprowadza te prace zwykle w sposób następujący:

Przedewszystkiem wybiera się jakąś podstawę (bazę) długości 300 do 1000 m., zaopatrując końce jej i wszystkie placówki w pistolety do rakiet świetlnych. Pistolety stawia się przy pomocy poziomnicy w ten sposób, aby każdy strzał świetlny był oddany zupełnie pionowo. Z każdego punktu daje się kolejno kilka strzałów. Wszystkie placówki i obserwatorzy na końcach podstawy mierzą kąty od kierunku zasadniczego do kierunku na rakiety świetlne. W ten sposób otrzymuje się kąty α, β, γ, δ, ϵ, φ, ϕ, ζ, η (Rys. 227). Podstawę przenosi się w skali na plan, poczem począwszy od punktów A i B zaznacza się na planie położenie wszystkich placówek.

Praktycznem jest przeprowadzenie systemu spółrzędnych w ten sposób, aby jedna oś (np. x) przechodziła przez podstawę, a punkt początkowy systemu był w punkcie A lub B (Rys. 227).

143. Pomiary akustyczne. Przy pomiarach podług huku strzału odróżniamy 2 zasadnicze metody: metodę subjektywną, czyli psychologiczną i metodę objektywną.

Metoda subjektywna polega na tem, że człowiek z zegarkiem w ręku puszcza go w ruch lub zatrzymuje na odgłos huku strzału lub na dany sygnał. Przy przenoszeniu wrażenia głosu na zegarek upływa zawsze pewien czas, t. zw. „czas reakcji". Czasy reakcji są dość znaczne i powinny być przy pomiarach uwzględniane. W temperaturze 3° C. szybkość głosu wynosi 333.33 m/sek. przy czasie reakcji 0,01 sekundy powstaje błąd 3.33 m., przy czasie zaś reakcji 0,30 sekundy—aż 100 m. przy ustalaniu celu. Podczas wojny światowej posługiwały się metodą subjektywną wojska włoskie, niemieckie i austrjackie oraz do r. 1916 włącznie i francuskie.

Dodatnią stroną metody subjektywnej jest stosunkowa taniość przyrządów potrzebnych do wykonania pomiarów. Zastosowanie metody subjektywnej jest planowane w artylerji polskiej.

Metoda objektywna posługuje się specjalnemi aparatami, które samoczynnie reagują na huk strzału i dzięki temu dają wyniki zupełnie dokładne. Ta metoda była podczas wojny światowej używana przez wojska francuskie i angielskie.

144. Metoda subjektywna.

a) *System początkowo-brzęczykowy, czyli metoda dwóch zegarków.*

Placówka *B.* (Rys. 228) znajduje się najbliżej działa strzelającego *D.* W chwili, gdy obserwator B usłyszał huk strzału, naciska na brzęczyk telefoniczny i daje znać obserwatorom *A* i *C*, zaopatrzonym w zegarki, że dźwięk strzału doszedł do niego. Obserwatorowie *A* i *C* na znak podany brzęczykiem puszczają swoje zegarki w ruch. W tej samej chwili znajduje się huk strzału na fali kulistej o promieniu *DB*, czyli na kole *K*. Dźwięk strzału będzie zatem — w chwili, gdy *B* daje znak brzęczykiem — w kierunku do obserwatora *A*—w punkcie *M*, w kierunku zaś do obserwatora *C* — w punkcie *N*.

Ponieważ w tym samym momencie obserwatorowie *A* i *C* puszczają swoje zegarki w ruch i zatrzymują je, gdy huk strzału dojdzie do nich, zegarki wskazują czas t_1 i t_2, w przeciągu którego fala dźwięku przebywa odległość *MA* względnie *NC*.

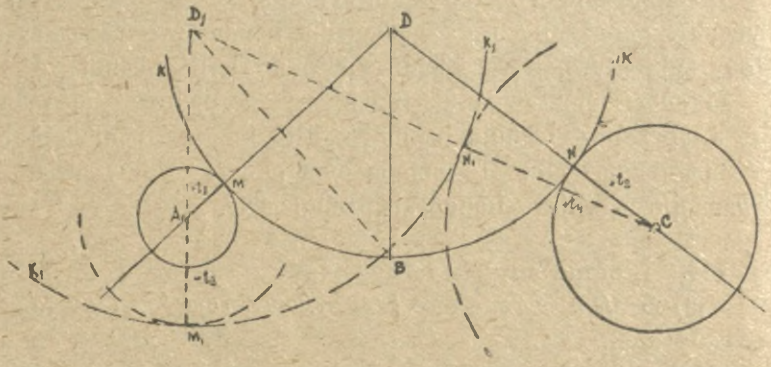
Czasy, przy których zauważono najpierw znak brzęczykowy, a później huk strzału, melduje się centrali jako czasy dodatnie.

Jeśli działo strzelające znajduje się w punkcie D_1, który jest bliżej placówki A niż placówki B, wówczas obserwator A usłyszy najpierw huk strzału, a potem dopiero brzęczyk telefoniczny, który oznajmia, że fala dźwiękowa znajduje się na kole K_1 o promieniu D_1B. W tym wypadku powinien obserwator A puścić zegarek w ruch w chwili, gdy usłyszy huk strzału, a zatrzymać go na znak brzęczykowy. Czas ten, odpowiadający odległości AM_1, podawany również centrali, oznacza się jako czas ujemny.

Obserwatorowie mają zatem przy tym systemie dwa trudne zadania do spełnienia:

1) uważać na huk strzału i na brzęczyk telefoniczny i puszczać odpowiednio swoje zegarki w ruch oraz zatrzymywać je.

2) meldować do centrali wymierzone czasy, raz jako dodatnie, drugi raz — jako ujemne.



Rys. 228.

Oprócz tego ma ten system i tę wadę, że przy kilkakrotnych pomiarach tego samego działa—czasy odczytane na zegarkach są prawie zupełnie jednakowe — różnią się tylko o parę setnych sekundy, wobec czego centrala nie ma możności kontroli placówek, gdy podadzą one czasy fałszywe.

Największą jednak wadą tego systemu jest to, że działa, które leżą na średniej prostopadłej jednej podstawy (AB lub BC) lub też wpobliżu jej, nie mogą być tym sposobem wymierzone, ponieważ różnice czasu są za małe, aby je człowiek mógł uchwycić.

Natomiast wielką zaletę tego systemu stanowi minimalna strata czasu, potrzebna na każdy oddzielny pomiar.

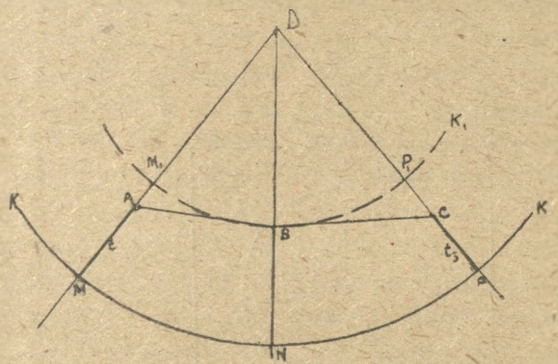
b) *System końcowo-brzęczykowy, czyli metoda trzech zegarków.*

Każdy z trzech obserwatorów A, B, C, (Rys. 229) posiada zegarek i puszcza go w ruch w chwili, gdy usłyszy huk strzału.

Zatrzymanie wszystkich zegarków następuje równocześnie na komendę z centrali: raz — dwa — stój, lub na znak brzęczykowy. W chwili, gdy zegarki zostały zatrzymane, fala dźwiękowa znajduje się na kole K, na zegarkach zatem odczytuje się czasy t_1, t_2 i t_3, odpowiadające odległościom AM, BN i CP. Jeżeli od tych trzech czasów odejmiemy wszędzie t_2, otrzymamy dwie różnice czasów: $(t_1 - t_2)$ i $(t_3 - t_2)$, które nam dadzą 2 hyperbole i na ich przecięciu się — punkt D. Odejmując zaś czas t_2 przechodzimy z systemu końcowo-brzęczykowego do początkowo-brzęczykowego.

Zalety tego systemu:

1) Czas reakcji — na huk strzału i na komendę „stój"—ten sam przy dobrze wyszkolonej obsłudze, a zatem czasy wymierzone będą zupełnie te same, co czasy rzeczywiste.



Rys. 229.

2) Możność kontroli placówek przez to, że komenda „stój" następuje — raz prędzej, raz później — tak, że czasy odczytane są zawsze inne, podczas gdy różnice czasów $(t_1 - t_2)$ i $(t_3 - t_2)$—pozostają te same.

3) Możność dokonania pomiarów wszystkich dział, a więc i tych, które leżą na średniej prostopadłej jednej podstawy lub wpobliżu jej.

4) Praca na wszystkich placówkach jest ta sama, a zatem możność dokonania pomiarów ludźmi mniej wyszkolonymi.

System końcowo-brzęczykowy posiada jednak tę wadę, że na dokonanie każdego pomiaru traci się stosunkowo dużo czasu.

c) *System elektryczny czyli metoda jednego zegarka.*

System ten był częściowo używany w wojsku austrjackiem. Polega on na umieszczeniu w centrali zegara elektrycznego,

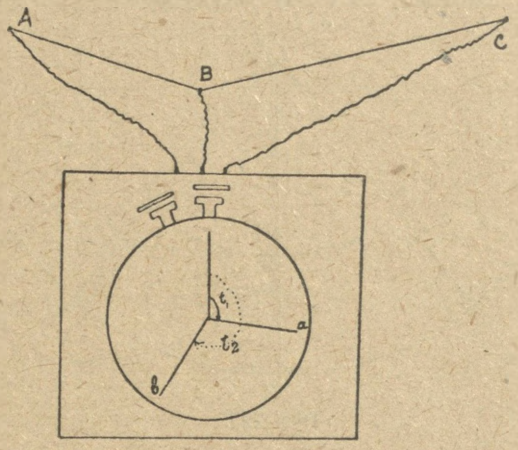
z przewodami elektrycznemi do wszystkich placówek. Każdy obserwator posiada wyłącznik w kształcie kuli, na który naciska w chwili, gdy usłyszy huk strzału.

Zegar posiada dwie wskazówki i dwa guziki.

Jeżeli obserwator *A* (Rys. 230) pierwszy usłyszy huk strzału— naciska na wyłącznik i zamyka prąd elektryczny, przez co powoduje puszczenie w ruch obu wskazówek zagara elektrycznego, leżących jedna na drugiej.

Naciśnięcie przez drugiego obserwatora *B* na wyłącznik powoduje zatrzymanie pierwszej wskazówki (*a*) zegara elektrycznego.

Gdy wreszcie trzeci obserwator *C* naciśnie na wyłącznik w chwili, gdy usłyszy huk strzału, zatrzymuje drugą wskazówkę (*b*).



Rys. 230.

Na zegarze możemy zatem odczytać dwie różnice czasów i otrzymamy 2 hyperbole, a na ich przecięciu się—punkt *D*, oznaczający działo strzelające.

System ten daje możność bardzo szybkiej pracy i usuwa przyczyny błędów, popełnianych przez placówki, ma jednak tę ujemną stronę, że oprócz przewodów sieci telefonicznej potrzebuje osobnej sieci dla przewodów prądu elektrycznego.

d) *Niemiecki system zegarów elektrycznych.*

Na placówkach są umieszczone zegary elektryczne, z których każdy ma dwa wyłączniki: jeden do uruchomiania, a drugi do zatrzymywania zegara. Zegary te są połączone ze sobą. Obserwator na placówce, położonej najbliżej działa nieprzyjacielskiego,

naciska pierwszy wyłącznik w chwili, gdy usłyszy huk strzału. To naciśnięcie powoduje, że wszystkie zegary zostają jednocześnie puszczone w ruch. Inne placówki zatrzymują zegary z chwilą dojścia do nich fali dźwiękowej.

Jest to ulepszony system początkowo-brzęczykowy, przy którym zamiast brzęczyka telefonicznego są użyte dwa wyłączniki przy każdym zegarze.

145. Metoda objektywna.

Francuskie systemy metody objektywnej są:

system T. M. (Telegraphie Militaire)
„ Dufour
„ Bull
„ Cotton Weiss.

Systemy te polegają na tem, że drgania powietrza, wywołane przez falę balistyczną*) i falę dźwiękową, są notowane na nadzwyczaj wrażliwych przyrządach. Przyrządy te dają możność określenia stanowiska działa strzelającego przy pomocy fali balistycznej. Ten sposób ustalenia stanowiska działa nieprzyjacielskiego wymaga posługiwania się tabelami strzelniczemi i jest mniej dokładny. Oprócz tego traci się przy nim więcej czasu.

Jakikolwiek z powyższych systemów jest w użyciu, pluton pomiarów akustycznych składa się zawsze z pewnej liczby aparatów podsłuchowych (mikrofon, ruptor), które reagują na falę dźwiękową, i z kilku przyrządów, pozwalających otrzymać różnicę czasu między poszczególnemi reakcjami.

Przy pierwszych trzech systemach przyrządy podsłuchujące są umieszczone na placówkach na 1000 do 2000 metrów jeden od drugiego. Sam przyrząd notujący znajduje się w centrali i ma połączenie z każdym przyrządem na placówce. Notowanie odbywa się na taśmie papierowej, rozwijanej samoczynnie. Dwie placówki tworzą podstawę, przy pomocy której określa się linję przechodzącą przez źródło dźwięku.

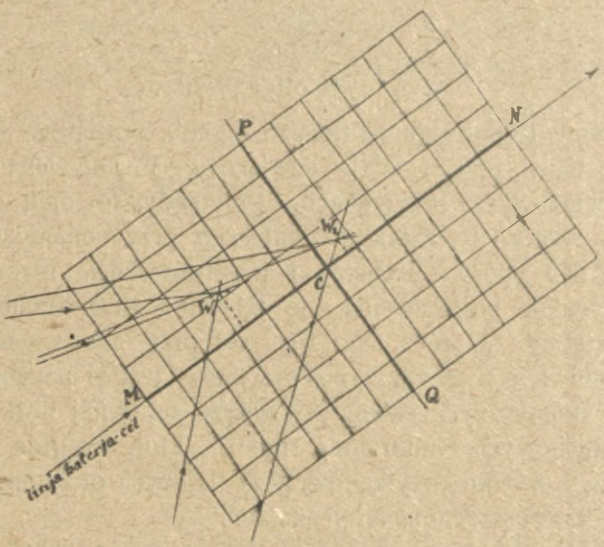
Przy systemie Cotton Weiss przyrządy notujące są ustawione parami na 300 m. od siebie. Każda para placówek wyznacza kierunek.

Podczas gdy przy metodzie subjektywnej placówki pomiarowe muszą znajdować się na 4—5 km. od siebie, ażeby różnice czasu nie były za małe, a zatem cały system pomiarowy wymaga

*) Patrz uwaga przy końcu rozdziału.

przestrzeni 12—15 km. (4 placówki), metoda objektywna umożliwia ustawienie całego systemu pomiarowego na przestrzeni 3 do 6 km., co jest jej wielką zaletą.

146. Strzelanie z obserwacją plutonu pomiarów akustycznych. Przy strzelaniu z obserwacją plutonu pomiarów akustycznych mierzy się huk strzału każdego własnego pocisku na pewien cel. Osiągnięcie tych samych różnic czasu, co przy pomiarach huku strzału ostrzeliwanego działa przeciwnika, jest dowodem, że cel i rozprysk leżą w tym samym punkcie, a więc strzał był celny.



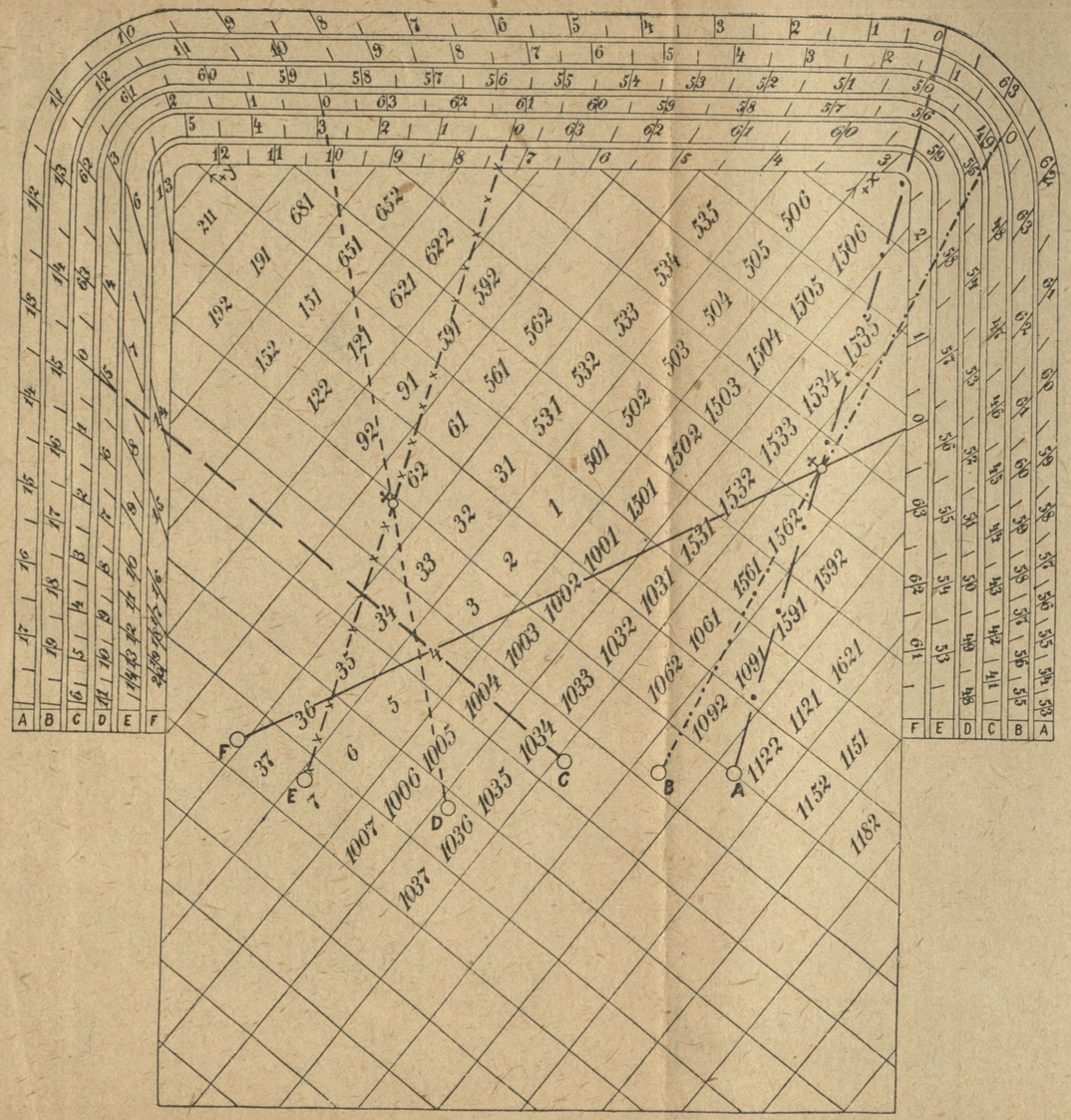
Rys. 231.

O ile czasy te nie są jednakowe, wówczas oblicza się każdy rozprysk zosobna na planie i otrzymane w ten sposób odchylenie toru pocisku wszerz i wgłąb od celu podaje się dowódcy baterji.

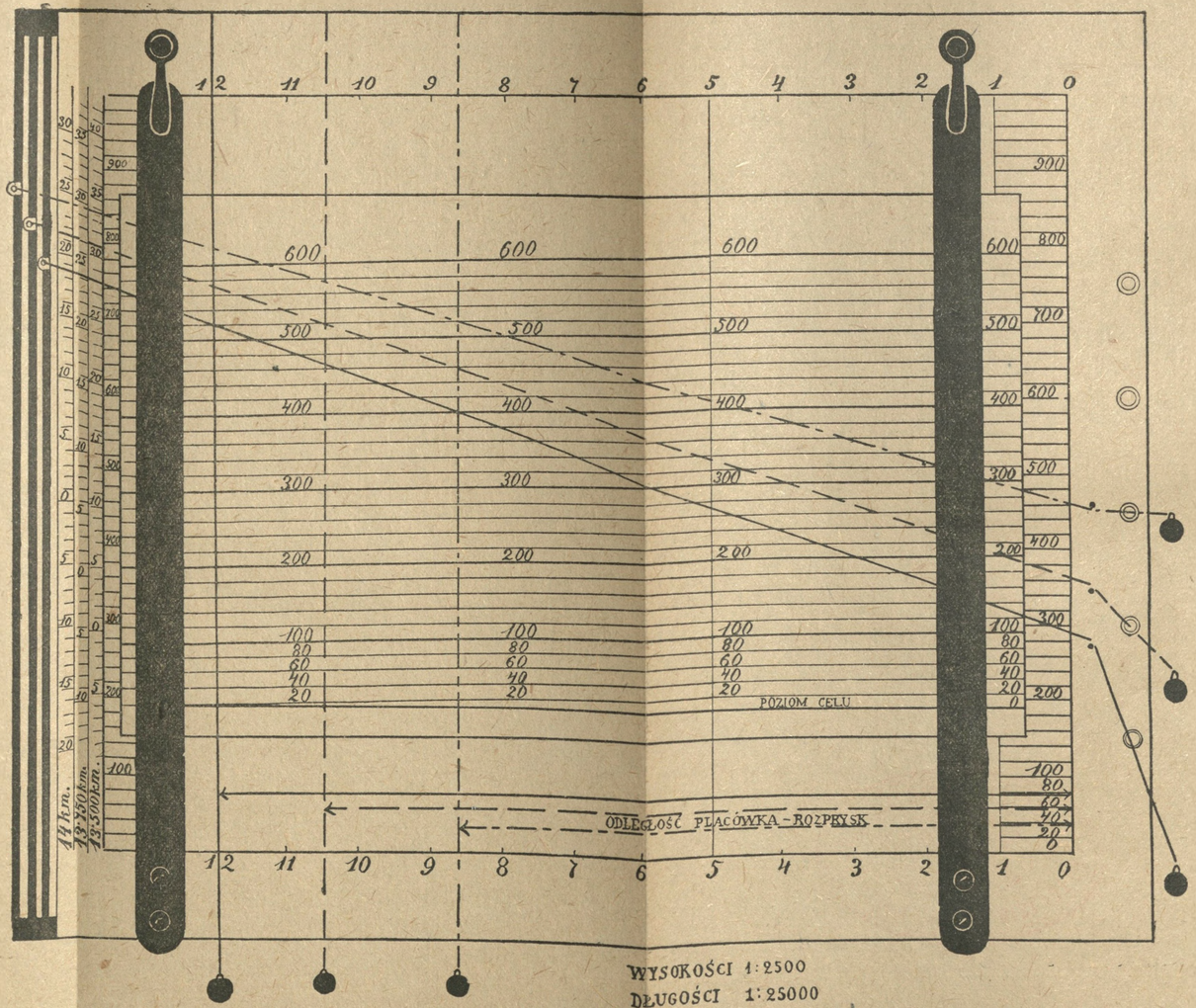
Ponieważ huk rozprysku własnego pocisku powinien być bardzo wyraźny, aby wszystkie placówki mogły go uchwycić, przeto do strzelania z obserwacją akustyczną nadają się jedynie kalibry od 150 mm. wzwyż. Strzelanie takie można przeprowadzić jedynie ogniem uderzeniowym.

147. Zużytkowanie pomiarów optycznych. Do zużytkowania pomiarów optycznych oraz do strzelania z obserwacją plutonu pomiarów optycznych służą dwa plany: plan pomiarów poziomych i plan pomiarów pionowych.

PLAN POMIARÓW POZIOMYCH



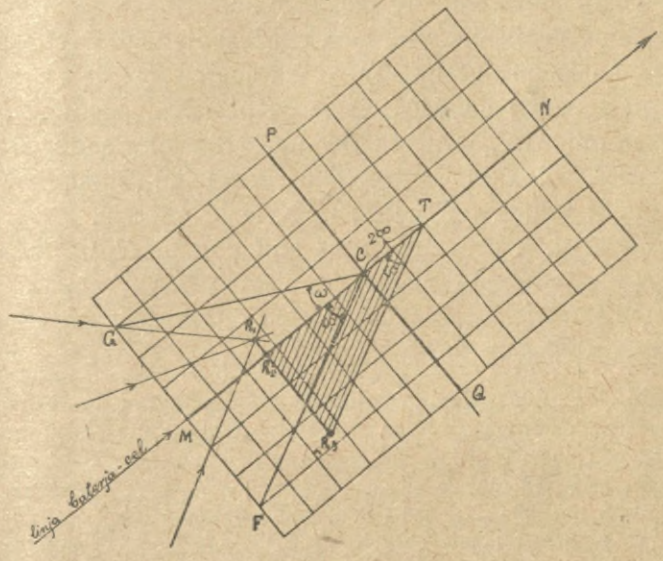
PLAN POMIARÓW PIONOWYCH



WYSOKOŚCI 1:2500
DŁUGOŚCI 1:25000

Plan pomiarów poziomych (Tablica I). Plan pomiarów poziomych przedstawia prostokąt, na którym umieszczona jest sieć kwadratów a w sieci—placówki podług ich współrzędnych. Plan jest otoczony podziałkami odpowiadającemi placówkom. Każda placówka jest oznaczona innym kolorem, a podziałka na skraju planu pomiarowego—odpowiednim kolorem placówki *).

Każda placówka posiada jeden główny kierunek, oznaczony zwykle zerem. Luneta nożycowa na odpowiedniej placówce w terenie jest zorjentowaną na punkt zasadniczy, przez nastawienie pod kątem zero.



Rys. 232.

Każdy kąt poziomy, wymierzony przez placówkę w terenie, może być szybko i dokładnie przeniesiony na plan; punkt przecięcia się kilku kierunków wyznaczc położenie danego celu.

Przy strzelaniu uderzeniowem kładzie się czworokąt papieru milimetrowego na cel (Rys. 231) tak, aby przecięcie się linij środkowych *MN* i *PQ* leżało na celu, dłuższa linja *MN* pokrywała linję baterja — cel. Ponieważ do strzelania używa się planu pomiarów poziomych o podziałce 1:10000, przeto 1 mm. (na papierze milimetrowym) odpowiada 10 m. W ten sposób można prędko i dokładnie odczytać odchylenie każdego rozprysku wszerz i wgłąb od celu.

*) Na tablicy zastąpiono kolory różnym rodzajem linij.

Np.: Rozprysk W_1 jest 130 m. na lewo i 290 m. przed celem; rozprysk W_2 natomiast jest 50 m. na lewo i 60 m. za celem.

Przy strzelaniu rozpryskowem używa się podobnego papieru milimetrowego. W punkcie C (Rys. 232) rysuje się kąt padania, odpowiedni do danej odległości celu tak, że płaszczyznę strzału niejako obraca się o 90^0 około osi baterja — cel.

Przy pomiarach rozprysku otrzymuje się na planie pomiarów poziomych rzut rozprysku na poziom celu (R_1) przez przecięcie się kierunków z poszczególnych placówek na rozprysk.

Punkt R_1 przenosi się na linję baterja-cel zapomocą rzutu prostopadłego i otrzymujemy punkt R_2.

Z planu pomiarów pionowych uzyskuje się wysokość rozprysku nad poziomem celu. Tę wysokość przenosi się z punktu R_2 w linji prostopadłej do MN, przez co powstaje punkt R_3. Jeśli teraz przez punkt R_3 wykreśli się linję równoległą do boku CF kąta padania, wówczas w przecięciu się tej linji z linją MN otrzyma się punkt trafienia T i jego odchylenie od celu.

Mały błąd, popełniony przez rzut punktu R_2 na linję MN, może pozostać nieuwzględniony.

Celownik jest zatem o 200 m. za długi. Wynik ten podaje się dowódcy baterji.

148. Plan pomiarów pionowych. (Tablica II). Plan pomiarów pionowych daje możność mechanicznego odczytywania wysokości rozprysku nad poziomem celu lub nad poziomem wylotu.

Mimo, że praca obliczenia zostaje w tym wypadku zredukowaną do minimum, sposób ten daje pewność i dokładność obliczeń.

Plan pomiarów pionowych sporządza się w następujący sposób:

Wszystkie punkty, które leżą na jednakowej wysokości nad poziomem morza, stanowią jedną warstwicę. Jeśli wyobrazimy sobie szereg takich warstwic w odległości 10 m. jedna od drugiej i przeprowadzimy pionową płaszczyznę przez nie, w takim razie ukażą się one jako linje krzywe, odpowiadające ukształtowaniu pionowemu ziemi. Plan pomiarów pionowych przedstawia taki przekrój. Do planu używa się podziałki długości od 1 : 25000 do 1 : 50000, podziałki wysokości 1 : 2500 w terenie płaskim, a 1 : 10000 w górzystym.

Najpierw kreśli się system spółrzędnych i wpisuje liczby, odpowiadające użytej podziałce długości.

Celem otrzymania krzywizny linji wysokości, odpowiadającej ukształtowaniu ziemi i refrakcji promieni pomiędzy placówką, a celem uwzględnia się przy poziomych linjach pewną specjalnie obliczoną poprawkę wysokości.

Jeśli na planie pomiarów pionowych mają być uwzględnione odległości do 10 kilometrów, w takim razie można tych poprawek nie uwzględniać.

Linja, łącząca punkty w ten sposób otrzymane, przedstawia jedną warstwicę wysokości, jej punkt najwyższy leży na pionowej w punkcie zero podziałki długości.

Oznaczenie tych linij zależy od warunków lokalnych. Jeżeli najniższy punkt własnego i nieprzyjacielskiego terenu leży np. 200 m. nad poziomem morza, wtedy praktyczniejszem będzie wpisanie tej liczby zamiast zera na skali podziałki długości.

Punkty placówek pomiarowych zaznacza się na podziałce, w miejscu odpowiadającem ich wysokości. Nadto na linji przechodzącej przez zero podziałki długości w miejscu odpowiadającem stanowisku każdej placówki, wpina się igłą z oczkiem. Na przeciwległym skraju planu umieszcza się podziałki kątów wysokości. Ponieważ podziałka wysokości jest większą od podziałki długości, przeto nie można przenieść kątów w tysięcznych zapomocą przenośnika, lecz trzeba je przeliczyć na metry podług wartości tangensów i przenieść jako miary długości.

Ruchome podziałki wysokości, umieszczone na taśmach papieru, wykreślone są jedne obok drugich. Zera każdej podziałki leżą na poziomie odpowiedniej placówki pomiarowej. Taśmy układa się na odpowiednich odległościach od zera podziałki odległości, wielkości linjowe tysięcznych są zatem różne na każdej taśmie. Celem łatwiejszego rozróżnienia taśmy mają kolory odpowiednich placówek. Umieszczenie podziałek na taśmach ruchomych daje tę korzyść, że można wyrównać ewentualne błędy lunet nożycowych zapomocą przesuwania zera.

Np. poziomnica lunety nożycowej placówki niebieskiej daje błąd o 4 tysięczne w kierunku zniżenia, t. j. oś optyczna lunety jest pozioma, jeżeli poziomnica ma nastawę na 3204, przy podziałce więc niebieskiej trzeba ustawić kreskę 4 na poziom placówki niebieskiej i odliczać od niej jak od zera.

Jeżeli taśmy z podziałkami nie są ruchome, błędy lunet należy uwzględnić w centrali.

Odległość rozprysków pocisków od placówek mierzy się na planie pomiarów poziomych, zaokrągla się je do 50 m. i oznacza na planie pomiarów pionowych przez nitki w kolorach placówek *) w odległościach punktów rozprysku. Nitki te (nitki odległości) obciążone ciężarkami zawieszone są na suwakach znajdujących się na 2 przeciwległych krawędziach planu.

Przesuwanie nitek odległości dla każdego strzału przy małych różnicach odległości od celu nie daje większej dokładności.

Przez każdą igłę umieszczoną w punkcie placówki przeciąga się również nitkę o kolorze tej placówki (nitki pomiarowe). Jeżeli dwie placówki leżą na tej samej wysokości, przeciąga się obie nitki przez jedną igłę. Na lewym skraju planu przymocowuje się te nitki do suwaków, na prawym skraju obciąża się je ciężarkami. Jeżeli ustawi się nitkę pomiarową na meldowaną liczbę wysokości, punkt, w którym nitka pomiarowa przetnie się z odpowiednią nitką odległości, daje wysokość rozprysku nad poziomem morza, np. 710 m. Jeżeli cel leży na wysokości 190 m., w takim razie wysokość rozprysku nad poziomem celu wynosi 520 m.

Dla otrzymania tej liczby odrazu z planu kreśli się linje wysokości na papierze ruchomym, przesuwanym w taki sposób aby linja zero podziałki wysokości była na wysokości czasowego celu.

Jeśli kilku obserwatorów zmierzyło ten sam rozprysk, powinny wszystkie punkty przecięcia się jednokolorowych nitek pomiarowych i odległościo-

---

*) Na tablicy kolory zastąpiono różnym rodzajem linij.

wych leżeć na tej samej warstwicy wysokości, np. 520 m., która wskazuje wysokość rozprysku nad poziomem celu.

Przy lunetach różnice pojedynczych pomiarów rzadko kiedy są większe niż 1 tysięczna tak, że pojedyncze, większe odchylenia można odrazu zauważyć i jako błędne opuścić. Odczytywanie pojedynczych pomiarów jest zbyteczne. Wystarczy jeden rzut oka na linje wysokości, by odrazu odczytać przeciętną wartość, zwykle tylko o 2 do 3 m., która różni się od obliczonej, a zatem posiada dostateczną dokładność.

Przy znacznych odległościach i wielkich kątach wysokości i przy wielkim rozsiewie pocisków, można uwzględnić większe różnice wysokości przy odczytywaniu. Przesunięcie nitek odległości nie jest potrzebnem.

149. Zużytkowanie pomiarów akustycznych. Na każdej placówce pomiarowej prowadzi się zeszyt obserwacyjny. Wszystkie placówki podają kolejno swoje wyniki centrali, gdzie spisuje się w zbiorowej książce obserwacyjnej.

Różnice czasów, otrzymane przez pomiary, nazywa się „czasami tymczasowemi“. Dla otrzymania różnic czasów odpowiadających poszczególnym hyperbolom należy uwzględnić poprawkę na temperaturę, na wiatr, na wysokość, na reakcję i na odstęp balistyczny *).

Te poprawki uskutecznia oficer pracujący przy planie w zeszycie do zużytkowania pomiarów.

Po uwzględnieniu tych poprawek, które się oblicza zapomocą specjalnych tabel, otrzymuje się czasy właściwe.

Czasy właściwe dają nam w przybliżeniu punkt określający działo nieprzyjacielskie (Art. 141 p. c.).

Dla otrzymania dokładnego położenia celu, posługujemy się cyrklem do hyperboli, ułatwiającym szybkie i dokładne otrzymanie źródła głosu na specjalnym planie hyperbol.

---

*) Pocisk poruszający się z szybkością większą od szybkości dźwięku powoduje powstanie drugiego dźwięku, t. zw. dźwięku balistycznego. Ten dźwięk balistyczny przeszkadza w pomiarach dźwięku fali wylotowej, ponieważ jest zawsze pierwszym dźwiękiem, który obserwator zauważy. Na każdej placówce jest osobny obserwator, który przeprowadza pomiary tej fali dźwięku balistycznego zapomocą zegarka Stoppera o 2 guzikach. „Odstęp balistyczny“ jest to czas, który upływa pomiędzy zauważeniem (przez obserwatora) dźwięku balistycznego i dźwięku strzału.

Największy odstęp balistyczny wynosi:

a) przy działach o torze płaskim (75 mm.) 0,7 do 1,3 sek.
b) przy działach o torze płaskim kalibru około 100 mm.—12 do 2 sek.
c) przy działach o torze płaskim o kalibrze 120—170 mm.—3 do 6 sek,
d) przy najcięższych działach o torze płaskim do 20 sek.

DZIAŁ VI.

Amunicja artyleryjska. — Skuteczność pocisków.

ROZDZIAŁ I.

Zewnętrzne urządzenie pocisków.

150. Ogólne podstawy urządzenia pocisków. „W artylerji działo jest maszyną, proch — siłą popędową, pocisk zaś — narzędziem, które zmienia się zależnie od rodzaju wyznaczonej mu niszczącej pracy *). Pocisk uderza i zagłębia się w cel, naruszając spójność cząsteczek; na tem polega uderzeniowe działanie pocisku.

Pocisk, wybuchając po zagłębieniu się siłą prężności gazów swego ładunku wybuchowego, rozrzuca naruszone cząsteczki celu; na tem polega kruszące działanie pocisku.

Odłamki pocisków po wybuchu pocisku rozlatując się w różne strony rażą cele, uderzając w nie; na tem polega rozpryskowe działanie pocisku.

Podczas przejścia przez przewód lufy dno pocisku znajduje się pod silnem ciśnieniem gazów prochowych, dochodzącem od 500 do 3000 klg. na cm².

Na podstawie promieni siły ciśnienia gazów prochowych w każdym dziale można obliczyć każdy składowy element pocisku.

Ciśnienie gazów prochowych na dno pocisku wyraża się przez wzór:

$$F = \frac{\pi a^2 P}{4} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (103)$$

*) Girardon. Organisation du matériel d'artillerie.

gdzie a — kaliber działa, P — ciśnienie na centymetr kwadratowy powierzchni dna pocisku.

Pod wpływem siły F pocisk otrzymuje pewne przyśpieszenie G, a pod wpływem swego ciężaru przyśpieszenie siły ciążenia $g = 9{,}81$ m/sek. Każda cząsteczka pocisku opiera się temu ciśnieniu z siłą równą iloczynowi z masy cząsteczki przez przyśpieszenie G, czyli z siłą równą iloczynowi ze stosunku $\frac{G}{g}$ na ciężar pocisku.

Stosunki tych przyśpieszeń stanowi spółczynnik przyśpieszenia pocisku:

$$\frac{G}{g} = \frac{\pi a^2 P}{4\,p} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (104)$$

gdzie p jest ciężarem pocisku.

Współczynnik przyśpieszenia 75 mm. szrapnela, przy szybkości wylotowej 535 m/sek., ciężarze pocisku 7,24 klg. i ciśnieniu na centy metr kwadratowy dna pocisku 2400 klg., wynosi:

$$\frac{G}{g} = \frac{\pi a^2 P}{4\,p} = \frac{3{,}14 \,.\, 7{,}5^2 \,.\, 2400}{4 \,.\, 7{,}240} = \text{ok. } 14600$$

Znaczy to, że w momencie największego ciśnienia każda cząsteczka wywiera na inną, do której przylega, ciśnienie 14.600 razy większe od jej własnego ciężaru.

Lotki szrapnelowe ważące około 3,15 klg. (268 lotek po 12 gr.) wywierają na przegrodę szrapnela ciśnienie:

$$3{,}15 \times 14600 = 51830 \text{ kg.}$$

Spółczynnik przyspieszenia dla stalowo-surowkowego granatu 75 mm. wynosi:

$$\frac{G}{g} = \frac{3{,}14 \,.\, 7{,}5^2 \,.\, 2400}{4 \,.\, 5{,}300} = \text{ok. } 20000.$$

Ciśnienienie więc ładunku materjału wybuchowego na dno pocisku przy ciężarze ładunku 0,775 kg. wynosi:

$$0{,}775 \times 20000 = 15400 \text{ kg.}$$

Powyższe przykłady wykazują, że dnu i ścianom pocisku należy nadać odpowiednią grubość, aby zdolne były opierać się tak znacznym ciśnieniom. Z drugiej strony zwiększenie grubości ścian pocisku prowadzi do zwiększenia martwego ciężaru pocisku i zmniejszenia wewnętrznej jego objętości.

Grubość ścian pocisku zmniejsza się od dna ku ostrołukowi, zmniejszenie idzie stopniowo, zależnie od tej siły bezwładności, którą powinny wytrzymać coraz wyższe przekroje.

Zmniejszenie do minimum grubości ścian może być urzeczywistnione tylko w pociskach ze stali najwyższego gatunku.

Ponieważ warunki oszczędnościowe nie pozwalają wytwarzać wielkich ilości pocisków ze stali, używa się przeto do wyrobu pocisków żeliwa i żeliwa stalistego. Stal jest wyłącznie zachowana dla szrapneli, w których żeliwo i stalo-żeliwo nie wytrzymują tak wielkich ciśnień.

Z kwestją znacznych ciśnień rozwijanych na dno pocisku wiąże się ściśle kwestja ładunku wewnętrznego. Jeśli materjał wybuchowy nie zapełnia ściśle całego wnętrza pocisku, przy strzale warstwy wyższe gwałtownie opuszczą się, cisnąc na niższe; uderzenie warstw górnych może wywołać wybuch pocisku w lufie działa.

Każdą warstwa ładunku wybuchowego przy ładowaniu powinna wytrzymać ciśnienie równe temu, które otrzyma przy strzale.

151. Ruch pocisku w przewodzie lufy. Zewnętrzne urządzenie pocisków. Zagadnienie prawidłowego ruchu pocisku w przewodzie lufy ściśle wiąże się z zewnętrznem urządzeniem pocisku.

Prawidłowy ruch pocisku w lufie osiąga się przez

a) zejście się osi pocisku z osią przewodu lufy podczas drogi pocisku przez przewód lufy, co wymaga dokładnego środkowania pocisku w jego przedniej i tylnej części i umieszczenia środka ciężkości pocisku na jego osi geometrycznej (podłużnej);

b) należyte umieszczenie pocisku przy ładowaniu w przewodzie lufy działa.

Pierwszy warunek prawidłowego ruchu pocisku w przewodzie lufy, t. j. aby oś pocisku schodziła się z osią przewodu lufy, czyli by pocisk był dokładnie środkowany w przewodzie lufy osiąga się przez pierścień wiodący i zgrubienie środkujące.

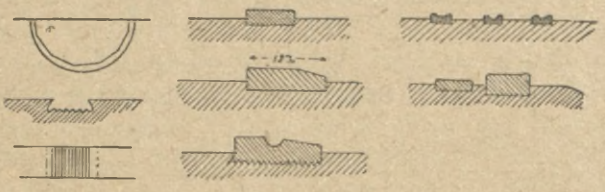
Pierścień wiodący jest to pierścień z czerwonej miedzi, wprasowany w rowek pierścieniowy na cylindrycznej części pocisku. Wyłączne użycie tej miedzi na pierścienie wiodące jest wywołane łatwem wrzynaniem się w gwinty obok dostatecznego oporu prowadzących występów, stawianego ścinającej sile gwintów, małym ciężarem, łatwym sposobem wytwarzania ich i wytrzymałość na wysokie temperatury.

Pierścień wiodący ma na celu: a) zamknięcie drogi gazom, przerywającym się między powierzchnią pocisku a ścianami przewodu lufy; b) przez wrzynanie się w gwinty, nadanie pociskowi ruchu obrotowego około jego osi geometrycznej, c) dokładne środkowanie pocisku w lufie działa i d) dokładne umieszczenie pocisku w położeniu załadowania.

Dla umieszczenia pierścienia wiodącego wyżłabia się na pocisku rowek pierścieniowy, posiadający w poprzecznym przekroju kształt ogona jaskółczego. Dno rowka nacina się bruzdami, w które wchodzi metal pierścienia wiodącego, czem usuwa się możliwość obracania się pierścienia pod wpływem oporu gwintów.

Głębokość rowka jest niewielka ze względu na osłabienie przez to ścian pocisku.

Zewnętrzny kształt pierścienia wynika z wielkości ciśnienia gazów prochowych, które powinien pierścień wytrzymać (siła ścinająca).



Rys. 233.

Pierścień wiodący nakłada się w następujący sposób: miedziany pręt czworokątny, rozmiarem nieco większy od wymiarów pierścienia wiodącego, wprasowuje się w rowek pierścieniowy tak, aby metal wypełnił cały rowek i wszedł w bruzdy na dnie rowka, poczem obtacza się pierścień celem nadania mu potrzebnego kształtu. Rys. 233 przedstawia różnorodne kształty pierścieni, używane obecnie.

Zewnętrzna powierzchnia pierścienia wiodącego ma przeważnie kształt stożkowo-cylindryczny.

Średnica części cylindrycznej pierścienia stosuje się do średnicy przewodu lufy między bruzdami, najmniejsza zaś średnica pierścienia w części jego stożkowej jest nieco mniejsza od średnicy komory ładunkowej.

Pierścień przy dosyłaniu pocisku przylega szczelnie do stożka przejściowego swoją częścią stożkową, czem nie dopuszcza się gazów prochowych między pierścieniem, a ścianami przewodu lufy.

Dla ułatwienia wrzynania się pierścieni w gwinty na powierzchni pierścieni wiodących wycina się pierścieniowe wyżłobienia. Miedź ścinana przez gwinty wchodzi do wyżłobień.

Pociski większego kalibru posiadają po dwa lub trzy pierścienie wiodące, co zapewnia lepsze środkowanie pocisku w przewodzie lufy. Jeżeli stosuje się dwa pierścienie, to pierwszy ma na celu wrzynanie się w gwinty i nadanie ruchu obrotowego pociskowi, drugi—tylko prowadzenie i środkowanie pocisku podczas ruchu w przewodzie lufy.

Zgrubiene środkujące umożliwia środkowanie przedniej części pocisku w przewodzie lufy. Zgrubienie środkujące ma kształt cylindryczny o średnicy mniejszej od kalibru o kilka mikrometrów, w tym celu aby swobodnie mogło wchodzić w gwintowaną część komory i nie było przyczyną zaklinowania się pocisku.

Zgrubienie środkujące umieszcza się na cylindrycznej części pocisku w takiej odległości od wiodącego pierścienia, aby ono było zawsze w gwintowanej części przewodu lufy.

W niektórych pociskach (zwłaszcza niemieckich) zamiast zgrubienia umieszcza się pierścień środkujący z miedzi czerwonej, o średnicy nieco większej, niż kaliber działa tak, że pierścień nieco wrzyna się w gwinty. Pierścień środkujący lepiej środkuje pociski niż zgrubienie i zupełnie usuwa wahania osi geometrycznej pocisku przy ruchu w przewodzie lufy, co daje się zauważyć przy zgrubieniach środkujących, natomiast pierścienie środkujące potrzebują dla swego umieszczenia rowka pierścieniowego, który osłabia głowicę pocisku, zwłaszcza w pociskach o cienkich ścianach, jak szrapnele i granaty kruszące.

Drugim warunkiem prawidłowego ruchu pocisku w przewodzie lufy jest położenie środka ciężkości pocisku na jego osi geometrycznej.

Jeśli środek ciężkości nie znajduje się na tej osi pocisku, wówczas podczas ruchu pocisku oscyluje na pierścieniu wiodącym i powoduje uderzenia o gwinty, tworząc wgniecenia na ścianach pocisku, oprócz tego kierunek osi geometrycznej pocisku jest skośny do osi przewodu lufy przy wylocie, co powoduje mniejszą celność.

Trzecim warunkiem prawidłowego ruchu pocisku w przewodzie lufy jest należyte umieszczenie pocisku przy ładowaniu w przewodzie lufy działa.

Szybkość wylotowa i największe ciśnienie w przewodzie lufy przy danym pocisku i ładunku prochu są zależne od pojemności komory ładunkowej, t. j. od przestrzeni zawartej między przedniem ścięciem trzona zamkowego a dnem pocisku. Należytą objętość komory ładunkowej uzyskuje się przez ścisłe przyleganie pierścienia wiodącego do stożka przejściowego. Na dosyłanie pocisku należy zwrócić baczną uwagę; niedosyłanie powoduje większy rozsiew pocisków przez zmieniającą się szybkość wylotową, pierścień wiodący uderzając o stożek przejściowy pod gwałtownem ciśnieniem gazów prochowych może się zerwać i wywołać przedwczesne działanie zapalnika lub nawet rozbicie pocisku, powodując wybuch w przewodzie lufy; pierścień wiodący zwykle bywa zgniecionym i nie wrzyna się w gwinty, i przez to pocisk niema ruchu obrotowego, co prowadzi do naruszenia stateczności pocisku podczas lotu i wywołuje ruch obrotowy pocisku głowicą wtył (koziołkuje się) około osi poziomej przechodzącej przez jego środek ciężkości.

152. Ruch pocisku po wylocie z lufy. Zewnętrzny kształt pocisku. Doświadczenie wykazało, że kształt pocisku i położenie pierścienia wiodącego wpływają na szybkość wylotową pocisku, a więc na dalekonośność strzału i celność. Wojna 1914—1918 roku zastała wszystkie artylerje, wyposażone w pociski cylindryczno-ostrołukowe, t. j. przedstawiające połączenie cylindrycznego czerepu (kadłuba) z ostrołukową głowicą. Ostrołuk głowicy tworzy się przez obrót około osi pocisku łuku stycznego do części cylindrycznej i przechodzącego przez wierzchołek pocisku. Łuk ten jest zakreślony promieniem wychodzącym ze środka, położonego na wysokości granicy między częścią cylindryczną a głowicą pocisku. Czasami krzywa tworząca ostrołuk, składa się z kilku łuków o różnych promieniach.

Długością ostrołuku nazywamy odległość od wierzchołka ostrołuku do jego podstawy. Doświadczenia stwierdziły, że im większa jest wysokość ostrołuku, tem mniejszy opór stawia powietrze, a więc zwiększa się szybkość wylotowa, donośność i celność. Co do kształtu zewnętrznego czerepu to powinien on być cylindrycznym, dno zaś bez żadnego ścięcia kantów tworzyć kąt prosty, prostopadły do osi pocisku. Pierścień wiodący umieszczano możliwie najbliżej dna pocisku.

Doświadczenia generała Desaleux, rozpoczęte przed wojną 1914 — 1918 roku wykazały, że wydłużenie ostrołuku z jednej

strony i zwężenie tylnej części pocisku z drugiej zwiększają donośność.

Jednakowoż celność tych pocisków zmniejszyła się i dla jej zachowania zmniejszano kąt nachylenia tylnej części pocisku do dna.

Podczas wojny zastosowanie czepców ostrołukowych polepszyło celność i nadało pociskom większą donośność przy zachowaniu kształtu, obliczonego przez generała Desaleux.

Od ogólnie przyjętego kształtu pocisków odbiegają niektóre bomby artylerji okopowej, wyrzucane z dział gładkich. Ponieważ po wylocie z lufy nie posiadają one ruchu obrotowego, więc dla zachowania stateczności przy locie są zaopatrzone w skrzydełka i ogon, które utrzymują pocisk podczas lotu zawsze w położeniu głowicą wprzód.

Długość pocisków zależy od pochylenia gwintów danego działa.

Aby otrzymać prawidłowy lot pocisku w powietrzu, należy zachować następujący stosunek między długością skoku gwintów a długością pocisku:

Długość skoku gwintów (kalibry)	45	30	25
Największa dopuszczalna długość pocisku (kalibry) . .	2,75	3,5	4

153. Rodzaje pocisków. W art. 150 określiliśmy działanie pocisków jako uderzeniowe, wybuchowe i rozpryskowe — dotychczas niema pocisku, któryby posiadał wszystkie trzy wymienione warunki w całkowitej mierze. Dotychczasowe pociski uniwersalne, jak np. pocisk Erhardta lub granato szrapnel austrjacki nie dały rezultatów zadawalających.

Dla uzyskania więc pewnego działania należy nadać pociskowi specjalne urządzenie, co powoduje różnorodność pocisków dla każdego typu dział.

Wszystkie rodzaje pocisków używane obecnie w artylerji możemy podzielić na kilka głównych grup:

a) *granaty*—pociski, napełnione materjałem wybuchowym i przeznaczone do działania uderzeniowego i kruszącego.

b) *szrapnele*—pociski, napełnione lotkami i przyznaczone do działania wyłącznie rozpryskowego.

c) *pociski gazowe* — przeznaczone do działania chemicznego.

d) *pociski specjalne* — służące do wykonania poszczególnych zadań artyleryjskich, jak oświetlające, dymowe, zapalające i t. p.

e) *pociski ćwiczebne* — zastępujące ostre ładunki przy strzelaniach ćwiczebnych.

f) *pociski doświadczalne* — służące do przeprowadzania prób ze sprzętem artyleryjskim na poligonach.

ROZDZIAŁ II.

G r a n a t.

154. Granat. Granat składa się z czerepu metalowego, zawierającego materjał wybuchowy i zamkniętego przez zapalnik. Granat posiada w pełnej mierze działanie uderzeniowe i wybuchowe, rozpryskowe zaś w małym tylko stopniu.

Metal używany do wytwarzania granatów ze względu na działanie uderzeniowe powinien być dostatecznie twardy, by granat nie rozbijał się przedwcześnie przy uderzeniu o przeszkodę, ścianki jednak granatu powinny być możliwie cienkie, by zawartość ładunku wybuchowego w granacie była największą. Najbardziej rozpowszechnionemi materjałami dla wytwarzania granatów są staliste-żeliwo i stal.

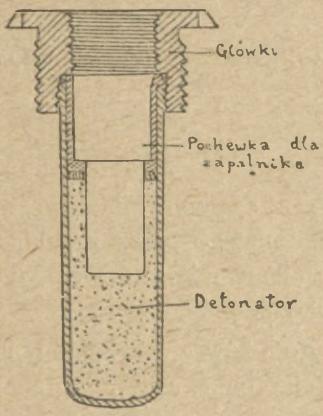
Charakterystykę granatów jednakowego kalibru i typu stanowi procentowy stosunek ciężaru ładunku wybuchowego do ciężaru granatu, t. zw. pojemność ładunku wybuchowego. Grubość ścianek granatu zależna od jego przeznaczenia, t. j. od $^1/_3$ do $^1/_{10}$ kalibru w cylindrycznej części. Ściany granatów są cieńsze u dna i zlekka zgrubiają się ku szczytowi głowicy. Zgrubienie ścian u szczytu głowicy ma na celu wzmocnienie głowicy osłabionej przez wycięcie oka dla zapalnika i zabezpieczenie pocisku od przedwczesnego rozbicia przy uderzeniu o przeszkodę. Granaty większych kalibrów celem ułatwienia wytwarzania posiadają oprócz oka w głowicy — dno wśrubowane.

Granaty, które zaopatruje się w zapalniki dopiero podczas strzelania (art. francuska), posiadają specjalne pochewki stalowe (Rys. 234), przeznaczone do wśrubowania w nie detonatorów i zapalników.

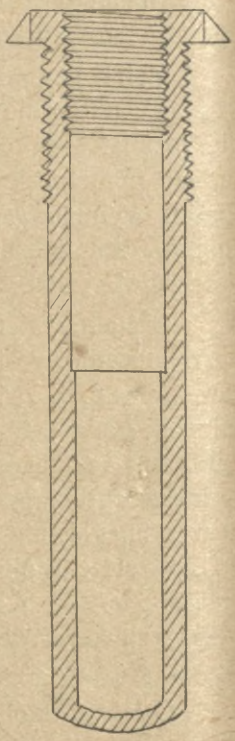
Pochewka-detonator (Rys. 235) jest przeznaczona do wśrubowania zapalników - detonatorów. Składa się ona z główki, pochewki dla zapalnika i detonatora (sproszkowany melinit). Pochewki są szeroko zastosowane w artylerji francuskiej, pozwalają

one na dowolne użycie zapalników, a przez to na przystosowanie działania granatu do rodzaju celu.

Ze względu na masowy wyrób zapalników niektóre oka, zwłaszcza w granatach wielkich kalibrów, są zbyt wielkie tak, że śrubowanie zapalnika przeznaczonego do mniejszych kalibrów, a mimo to nadającego się do wielkich, jest niemożliwe; używa się wówczas specjalnych pierścieni wśrubowanych w oko granatu. W pierścień ten dopiero wśrubowuje się zapalnik, ewentualnie pochewkę. Granat przy strzale otrzymuje gwałtowne uderzenie gazów prochowych na dno; uderzenie to udziela się ładunkowi wybuchowemu, który na zasadzie bezwładności opiera się mu z siłą równą iloczynowi z masy i przyspieszenia (Art. 150). Im większy kaliber pocisku i im dłuższy jest pocisk, tem większe ciśnienie wywołują górne warstwy materjału wybuchowego na dolne, wskutek czego może rozwinąć się tak znaczna ciepłota, że nie jest wykluczony wybuch pocisku w lufie działa. Celem zapobieżenia temu poprzeczna i wśrubowana w ściany pocisku przegroda dzieli ładunek wybuchowy na dwie części. Przegroda posiada otwory, któremi przedostaje się ogień do dolnej części ładunku wybuchowego. W ostatnich czasach zastosowano w przegrodzie drugi zapalnik uderzeniowy celem bezwzględnego zapewnienia wybuchu pocisku, jeśliby zawiódł zapalnik w głowicy lub dnie. Od ogólnej charakterystyki granatów odbiegają bomby artylerji okopowej: są to pociski podłużne, stalowe, o cienkich ścianach, zaopatrzone w skrzydełka, które nadają im stateczność przy locie o małej szybkości wylotowej.



Rys. 234.


Rys. 235.

Zapalnik umieszcza się w oku w głowicy bomby. Bomby

okopowe odznaczają się znaczną pojemnością ładunku wybuchowego w porównaniu z granatami innych rodzajów artylerji.

Moździerz okopowy J. D. 75 mm.,	pojemność ładunku wybuch.			34%
Armata 75 mm. wz. 1897	„	„	„	14%
Moździerz okopowy 150 mm.	„	„	„	36,8%
Haubica 150 mm.	„	„	„	23,2%
Moździerz okopowy 340 mm.	„	„	„	47,6%
Armata 340 mm.	„	„	„	13,8%

155. Ładunek wybuchowy granatu. Ładunek wybuchowy granatu składa się z materjałów wybuchowych kruszących, jak melinit, bawełna strzelnicza, trotyl i t. p.; wyjątkowo tylko używa się, jak np. w granatach przeciwpancernych, prochu bezdymnego.

Ładunek wybuchowy granatu powinien odpowiadać dwom warunkom: dawać silne działanie wybuchowe i być opornym na to uderzenie, które otrzymuje w momencie strzału, t. j. nie wybuchać w przewodzie lufy.

Niektóre materjały wybuchowe tworzą niebezpieczne połączenia wybuchowe, jeśli nie są izolowane od ścian pocisku (np. kwas pikrynowy i jego pochodne). W celu izolacji pobiela się wnętrza pocisków lub pokrywa pokostem.

Ładunek wybuchowy może być wlany do granatu lub wprasowany.

Wlewanie materjału wybuchowego, znajdującego się w stanie płynnym, jest czynnością szybką i bardzo prostą, co przy masowem wytwarzaniu granatów ma wielkie znaczenie. Jednakowoż nie wszystkie materjały wybuchowe można w ten sposób wlewać, ponieważ materjał wybuchowy wlany w stanie płynnym po ostygnięciu zmniejsza swą objętość, wskutek czego tworzy się pewna przestrzeń między ścianami granatu a materjałem wybuchowym, jak również pęcherzyki (pustoty) w samym materjale wybuchowym. Z tego powodu może powstać przy strzale wewnątrz pocisku gwałtowne przesunięcie materjału wybuchowego, które czasami wywołuje wybuch niektórych materjałów w lufie działa.

Wprasowywanie materjału wybuchowego w granaty polega na czynnościach następujących: rozkruszony materjał wybuchowy wsypuje się do granatu, poczem zapomocą prasy hydraulicznej prasuje się go w jednolitą masę.

W granatach małego kalibru, posiadających tylko oko w głowicy, prasowanie odbywa się zapomocą trzona stalowego, połączonego z prasą hydrauliczną i przechodzącego przez oko; w gra-

natach większego kalibru z dnem wśrubowanem wprasowuje materjał wybuchowy prasa hydrauliczna.

Wprasowanie ma tę wyższość nad wlewaniem, że doprowadza materjał wybuchowy do znacznego stopnia spojenia, co powiększa pojemność ładunku wybuchowego w granacie.

Stroną ujemną wprasowywania jest potrzeba urządzenia specjalnych instalacji i zachowania ostrożności (osobne gmachy o grubych murach) przy prasowaniu, które może wywołać wybuchy pocisków.

156. Rodzaje granatów. Wszystkie granaty, stoswnie do ich przeznaczenia, możemy podzielić na trzy grupy:

1) *granaty kruszące* o cienkich ścianach, o wielkiej pojemności ładunku wybuchowego (od 20% do 30%), przeznaczone wyłącznie do działania kruszącego. W grupie tej oddzielny rodzaj tworzą granaty kruszące przeciwpancerne, o cienkich ścianach ok. 1/5 — 1/6 kalibra ze wzmocnioną znacznie głowicą i pojemnością ładunku około 15%, przeznaczone do działania przeciw umocnieniom lądowym.

2) *granaty przeciwpancerne* — o nadzwyczaj grubych ścianach od 1/4 do 1/3 kalibra i z masywną, jednolitą głowicą. Pojemność ładunku wybuchowego około 2%. Granaty te są przeznaczone wyłącznie do rozbijania pancerzy okrętowych.

3) *bomby artylerji okopowej* — pociski o cienkich ścianach, o wielkiej pojemności ładunku wybuchowego, od 30% do 50%, przeznaczone wyłącznie do działania kruszącego.

157. Granaty kruszące. Granaty kruszące są przeznaczone do działania prężnością gazów ładunku wybuchowego. Działanie ich jest analogiczne z działaniem min. Używa się ich do niszczenia budowli z ziemi i słabszych budowli z kamienia.

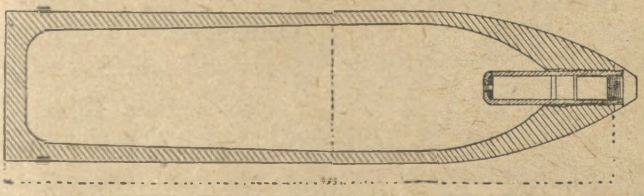
Wobec tego granaty kruszące powinny być dostatecznie mocne, by nie rozbijały się przy uderzeniu o cel i zawierały możliwie większą ilość ładunku wybuchowego. Granaty kruszące wyrabia się przeważnie ze stali najlepszego gatunku, co zapewnia przy dostatecznie cienkich ścianach należytą moc i odporność. Celem zwiększenia ilości ładunku wybuchowego robi się granaty kruszące możliwie długiemi.

Grubość ścian granatu kruszącego określa się rodzajem celu, przeciw któremu są one przeznaczone i wielkością ciśnienia gazów prochowych w przewodzie lufy. Grubość więc ścian waha się od 1/10 do 1/15 kalibra.

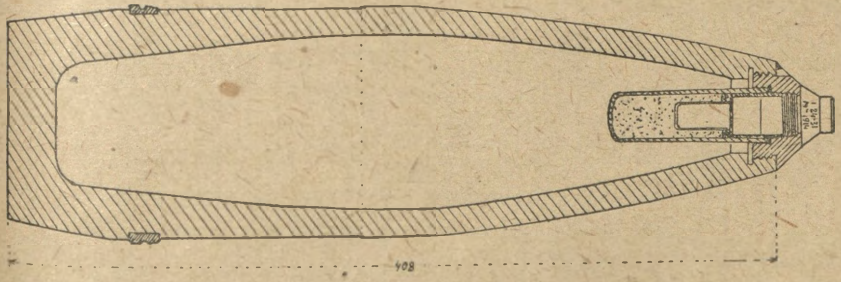
Oko dla zapalnika umieszcza się w głowicy. Dno pocisku— w większych kalibrach wśrubowane. Dla zabezpieczenia ładunku wybuchowego od przeniknięcia gazów prochowych kładzie się na występ dna cienki ołowiany pierścień. Ostatnio, ze względów ekonomicznych, zaczęto wyrabiać granaty kruszące ze stalistego żeliwa, które jest materjałem znacznie tańszym od stali; wprawdzie ustępuje jej w mocy, lecz nadaje się do szybkiego, masowego wytwarzania. Ściany granatów są wobec tego znacznie grubsze i pojemność ładunku wybuchowego mniejsza.

Przytaczamy jako przykłady typowe wzory granatów kruszących:

Rysunek	Kaliber pocisku	Ciężar pocisku	Ciężar ładunku wybuch.	Pojemność ładunku wybuchow.	Metal
236	120 mm. francuski	20 kg.	4,2 kg.	20,4%	stal
237	120 mm. franc. wz. 1915. B.	18,7 „	2,65 „	14,1%	„
238	150 mm. L. 5. niemiecki .	42,865 „	4,47 „	10,4%	„
239	210 mm. Długa Berta niem.	100 (?) „	12 (?) „	12% (?)	stal chromoniklowa



Rys. 236.

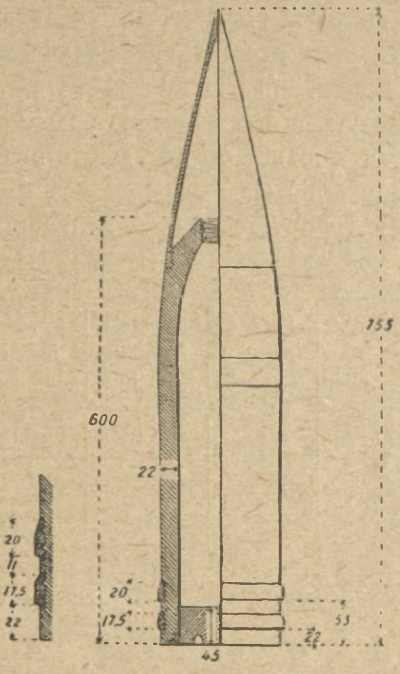


Rys. 237.

Urządzenie wewnętrzne i zewnętrzne granatów przytoczonych jest zrozumiałe z opisów ogólnych, poprzedzających przykłady, i z rysunków.

Wyjątek przedstawia granat słynnej Długiej Berty *) (Rys. 239).

Granat stalowy z czepcem. Wewnętrzna przestrzeń granatu jest podzielona na dwie części przegrodą stalową z sześciu otworami; w przegrodę jest wśrubowany drugi zapalnik. Cały pocisk jednolity, z otworem w dnie dla zapalnika i z płaską pokrywą zamiast głowicy.

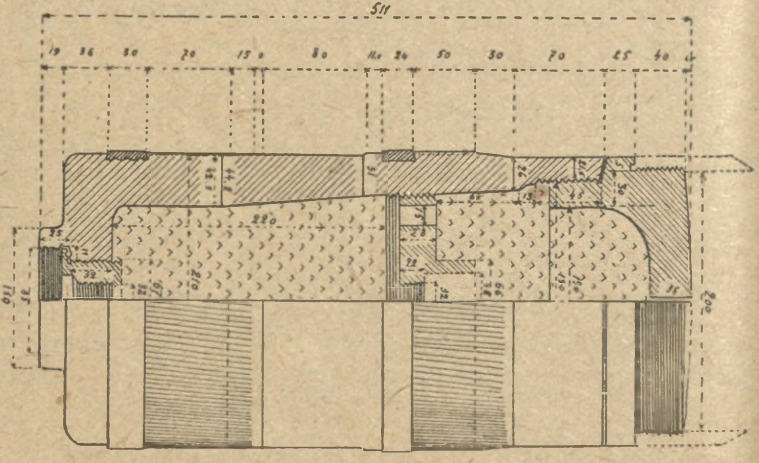


Rys. 238.

Na wewnętrznej stronie granatu znajdują się dwa pierścienie: dolny wiodący i górny środkujący z miedzi czerwonej; bezpośrednio nad pierścieniami—gwinty głębokości 2,5 mm. z pochyleniem około 4°—szerokość pól około 3 mm. Gwinty są przeznaczone do zapobieżenia uderzeniom pocisku w lufie.

Materjał pocisku—stal z domieszką 1,3% węgla, 1,55% chromu i 2,15% niklu.

Drugą grupę granatów kruszących stanowią *granaty*



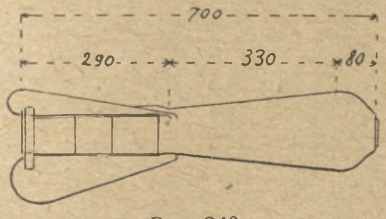
Rys. 239.

*) Podług Bulletin de renseignements de l'artillerie. Avril—Mai 1918

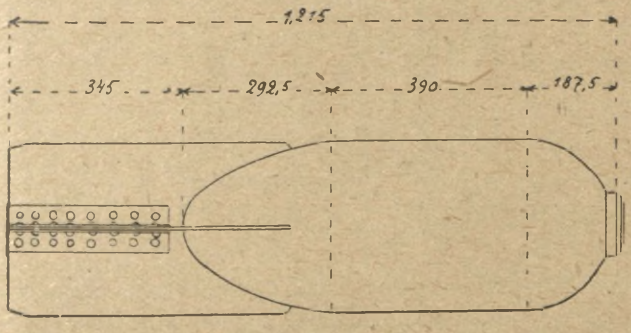
kruszące przeciwpancerne, przeznaczone do rozbijania mocnych schronów. Grubość ścian około 1/6 kalibru, głowica jednolita na wysokości 1/2 do 2/3 kalibru. Oko dla zapalnika umieszcza się tylko w dnie, by nie osłabiać głowicy. Pojemność ładunku wybuchowego około 10%. Pociski te wyrabia się wyłącznie ze stali.

Przytaczamy typowe przykłady granatów kruszących przeciwpancernych:

Rysunek	Kaliber pocisku	Ciężar pocisku	Ciężar ładunku wybuch.	Pojemność ładunku wybuchow.	Metal
240	274 mm. wz. 1915 francuski	261 kg.	19,4 kg.	7,4%	stal
241	520 mm. wz. 1916 francuski	1654,1 „	190,7 „	11,5%	„
242	240 mm. L/4,1 niemiecki .	150 „	15 „	10%	„



Rys. 240.



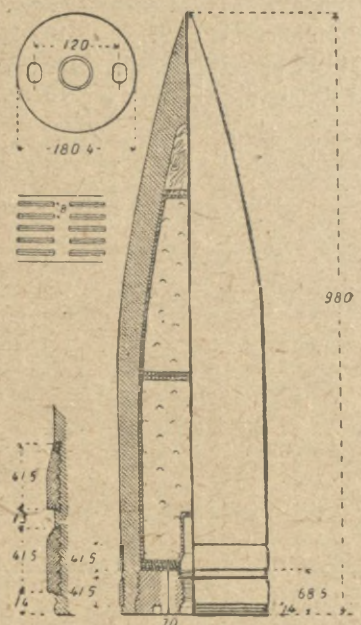
Rys. 241.

158. Granaty przeciwpancerne. Granaty tego typu są używane wyłącznie w artylerji morskiej i służą do przebijania pancerzy okrętowych. Zewnętrzny kształt przeciwpancernych granatów różni się od kruszących tem, że są krótsze a nadto głowica bardziej zaostrzona, zaopatrzona jest w specjalny, pełny czepiec z miękkiej stali. Doświadczenie wykazało, że granaty z takim

czepcem lepiej przebijają pancerze. Dla zwiększenia działania uderzeniowego hartuje się głowicę i robi ją jednolitą od zgrubienia środkującego do szczytu (ok. 1 kalibru). Granaty przeciwpancerne, używane podczas wojny ostatniej w polu, były bez czepców a tylko z hartowaną głowicą.

Wewnętrzna próżnia przedstawia stożek z zaokrąglonym szczytem. Grubość ścian przy głowicy—$^1/_3$ kalibru, przy dnie $^1/_4$ kalibru. Dno wśrubowane.

Ponieważ zniszczenie wywołane przez granat przeciwpancerny wzrośnie, jeśli oprócz uderzeniowego będzie posiadał jeszcze



Rys. 242.

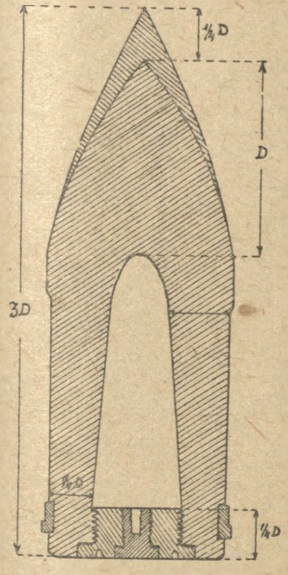
i kruszące działanie, z tego więc powodu, zawierają przeciwpancerne pociski silne materjały wybuchowe.

Przy wyborze materjału wybuchowego kruszącego, należy uważać, by był oporny i nie wybuchał jak tylko na skutek działania zapalnika przy uderzeniu o pancerz, ponieważ przedwczesny rozprysk pocisku znacznie obniża jego działanie uderzeniowe; do tego najbardziej nadaje się dotychczas proch bezdymny lub trotyl. Zapalnik wśrubowany w dno.

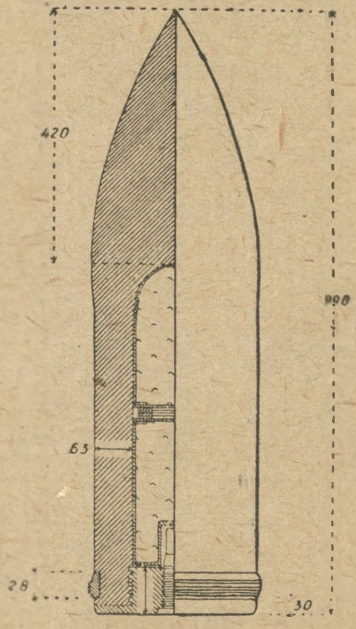
Długość współczesnych przeciwpancernych granatów nie przekracza 3 kalibrów, ponieważ dłuższe granaty prędzej rozbijają

się przy uderzeniu o twarde przeszkody. Przedwcześnie rozbijający się granat przenika na mniejszą głębokość (część żywej siły zużywa się na własne jego zniekształcenie). Granaty przeciwpancerne posiadają w dnie specjalny przyrząd, który pozwala śledzić lot granatu przy strzelaniu nocnem.

Rysunek	Kaliber pocisku	Ciężar pocisku	Ciężar ładunku wybuch.	Pojemność ładunku wybuchow.	Metal
243	304 mm. rosyjski	331 kg.	10 kg.	3%	stal
244	280 mm. 06. niemiecki . .	350 „	11,38 „	3,25%	„



Rys. 243.

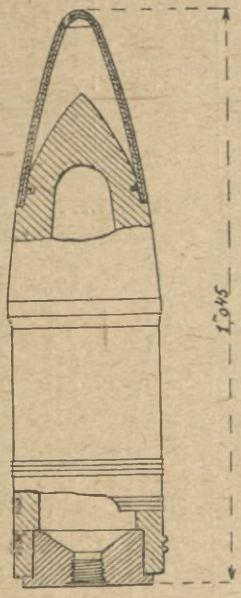


Rys. 244.

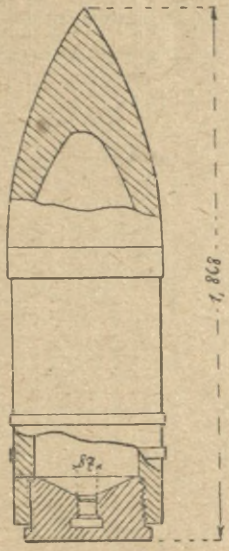
159. Bomby artylerji okopowej. Bomby z cienkiej stali mają różnorodny kształt zewnętrzny. Prawie wszystkie bomby artylerji okopowej francuskiej, posiadają skrzydełka zabezpieczające stateczność podczas lotu. Bomby niemieckie typu pocisków zwykłych są przeważnie bez skrzydełek. Charakteryzuje bomby nadzwyczaj wielka pojemność ładunku wybuchowego, dochodząca nawet do 50%.

Bomby okopowe są przeważnie przeznaczone do działania kruszącego z powodu swoich słabych ścian i małych szybkości wylotowych.

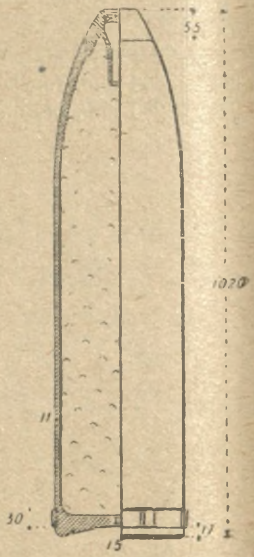
Rysunek	Kaliber pocisku	Ciężar pocisku	Ciężar ładunku wybuch.	Pojemność ładunku wybuchow.	Metal
245	V. D. francuski	19,5 kg.	6,25 kg.	32%	stal
246	340 mm. francuski	195 „	88 „	45,1%	„
247	250 mm. niemiecki	94 „	47 „	50%	„
248	76 mm. niem. wz. 1916 r.	4,5 „	0,56 „	12%	„



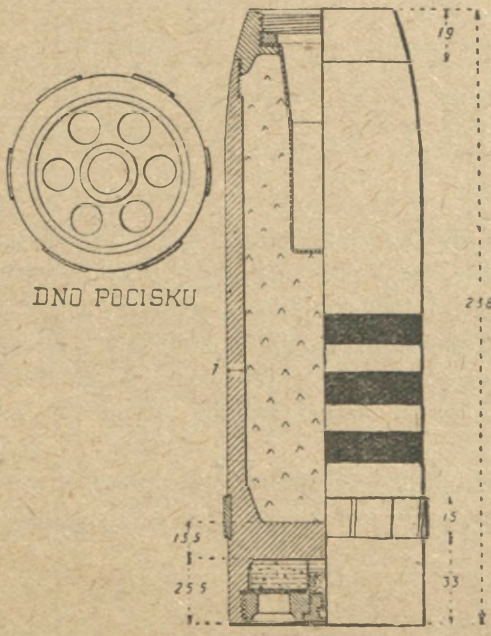
Rys. 245.



Rys. 246.



Rys. 247.



Rys. 248.

Na specjalną uwagę zasługuje urządzenie niemieckiej bomby 76 mm. wz. 1915. Denna część pocisku posiada komorę ładunkową 10 mm. głębokości i 58 mm. średnicy. Ładunek składa się z prochu bezdymnego w postaci krążków; zmiana ilości tegoż wpływa na odpowiednią donośność pocisku (320 m.; 540 m.; 800 m. i 1050 m.). Ładunek przytrzymuje krążek stalowy z sześciu otworami, przez które przechodzą gazy prochowe. W środku krążka otwór dla spłonki. Dalekonośność bomby 1050 metrów.

ROZDZIAŁ III.

Szrapnel.

160. Szrapnel. Jest to pocisk o działaniu wyłącznie rozpryskowem, przeznaczony do ostrzeliwania celów żywych, odsłoniętych.

Celem skutecznego działania szrapnel powinien dawać wielką ilość odłamków i pokrywać niemi znaczną przestrzeń.

Wobec znacznego działania rozpryskowego działanie uderzeniowe i kruszące szrapnela jest prawie żadne.

Szrapnel składa się ze stalowego czerepu (kadłuba) w kształcie szklanki z całkowitem dnem i przyśrubowaną głowicą z okiem dla zapalnika.

Wewnątrz czerepu są umieszczone lotki i ładunek prochu, który wyrzuca lotki z czerepu szrapnela.

Wewnętrzny ładunek szrapnela jest znacznie cięższy niż ładunek wybuchowy granatu, przeto szrapnele jednego kalibru i jednakowego ciężaru co granaty — są krótsze.

Czerep szrapnela powinien posiadać dostateczną odporność, by wytrzymać ciśnienie gazów przy strzale, ciśnienie ładunku wewnętrznego (około 50 tonn w polówce) i ciśnienie gazów prochowych przy rozprysku szrapnela.

Ciśnienie ładunku wewnętrznego składa się z ciśnienia na dno i siły odśrodkowej lotek, pochodzącej od ruchu obrotowego szrapnela. Ciśnienie to dąży do rozszerzenia i rozerwania szrapnela. Ciśnienie zwiększa się ze zwiększeniem szybkości wylotowej i szybkości obrotowej szrapnela.

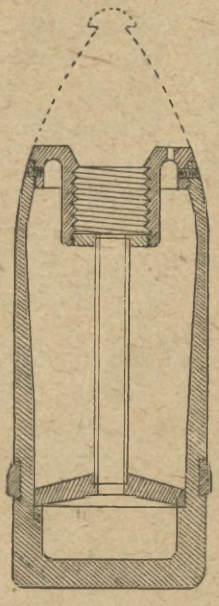
Oprócz ciśnienia lotek na ściany czerepu, istnieje jeszcze ciśnienie gwintów na wiodący pierścień, które może wywołać wgięcie ścian i pierścienia pocisku. Wskutek tego pierścień nie będzie wrzynał się w gwinty, a pocisk nie otrzyma należytego ruchu obrotowego. Aby tego uniknąć, umieszcza się pierścień wiodący już-to przy dnie, już-to naprzeciw przegrody.

Grubość ścian czerepu szrapnela, wynosząca przy dnie około 1/6—1/7 kalibru, zmniejsza się ku głowicy do 1/12—1/15 kalibru.

Ponieważ szrapnel powinien dawać wielką ilość cząsteczek rażących, przeto powiększa się objętość wewnętrzną zachowując jednak dostateczną odporność ścian. Pogodzenie tych sprzecznych wymagań osiąga się przez zastosowanie do wyrobu czerepów szrapneli stali w dobrym gatunku.

Celem skutecznego działania rozpryskowego głowica szrapnela nie powinna być mocno związana z czerepem; związanie powinno być tylko takie, by szrapnel pod wpływem ciśnienia gazów prochowych swego ładunku wewnętrznego mógł się otworzyć i wyrzucić lotki— czyli działał analogicznie do działa.

Z powodu osłabienia głowicy działanie uderzeniowe jest nikłe, a z powodu małego ładunku wybuchowego działanie kruszące— żadne.



Rys. 249.

161. Wewnętrzne urządzenie szrapnela. (Rys. 249). Wewnątrz szrapnel przedzielony jest przegrodą na dwie części: dolną dla ładunku prochu i górną dla lotek. Przegroda służy do nadania lotkom równomiernej szybkości wylotowej. Między przegrodą a głowicą wstawiona jest rurka ogniowa której przeznaczeniem jest: a) przeprowadzenie ognia od zapalnika do ładunku prochu, w tym celu napełniona jest również dymnym (t. zw. czarnym) prochem; b) podtrzymanie głowicy w chwili strzału, by ta nie osiadła i nie wgniotła się w czerep; c) usunięcie ściśnięcia lotek między przegrodą a głowicą. Przy rozprysku szrapnela przegroda pod wpływem gazów prochowych porusza się naprzód, naciska na rurkę ogniową i ta ostatnia (nie lotki) odrzuca głowicę. Celem unieruchomienia lotek i zmniejszenia ciśnienia na ściany czerepu zalewa się lotki kalafonją lub innym materjałem smolistym. Każdy rząd lotek prasuje się lekko, przyczem po 3 cim lub 5 tym rzędzie umieszcza się masę dymorodną do zwiększenia widoczności rozprysku. W niektórych szrapnelach niema komory na proch—wtedy wsypuje się go między lotki. Rurka ogniowa pozostaje jednak i jest napełniona prochem.

162. Wewnętrzny ładunek szrapnela (lotki i ładunek prochu). Szrapnel działa swemi lotkami. Skuteczność działania szrapnela zależy od ilości lotek, materjału, kształtu, ciężaru i szybkości końcowej. Doświadczenie pokazuje, że na lotki szrapnelowe należy używać metalu o większym ciężarze gatunkowym. Pozwala to zmniejszyć wymiary lotek i zwiększyć ich ilość, przez co lotki dłużej zachowują swoją skuteczność rażenia.

Przeważnie do wyrobu lotek używa się ołowiu z antymonem (10 %), celem nadania twardości, potrzebnej lotkom i zabezpieczenia ich od zniekształcenia przy strzale.

Najdogodniejszy kształt lotki jest kulisty, ponieważ przy takim kształcie najmniej wpływa opór powietrza.

Ciężar lotek waha się zależnie od kalibru działa i od szybkości końcowej. Przy znacznych szybkościach końcowych lżejsze lotki mają zupełnie dostateczną siłę rażenia, z drugiej strony rozsiew lotek będzie tem większy, im lotki będą cięższe. Wobec tego przyjmuje się, że przy przeciętnych odległościach strzelania lotka powinna zachować siłę rażenia do 200 metrów od punktu rozprysku. Ciężar lotek wynosi przy armatach lekkich od 10 do 15 gramów, przy działach zaś ciężkich 20—25 gramów.

Ładunek prochu szrapnela może być umieszczony:

a) w głowicy,
b) w rurce ogniowej,
c) zmieszany z lotkami lub
d) w dennej części czerepu.

Szrapnele z ładunkiem prochu w głowicy i w rurce ogniowej wyszły obecnie z użycia, szrapnele z ładunkiem, zmieszanym z lotkami, spotyka się tylko w artylerji francuskiej, wszystkie zaś współczesne szrapnele mają ładunek w części dennej. Przy ładunku prochu zmieszanym z lotkami wykorzystuje się wewnętrzną przestrzeń szrapnela—przez co zwiększa się ilość lotek.

Przy ładunku prochu, umieszczonym w dennej części szrapnela osiąga się możność umieszczenia silnego ładunku, a przez to zwiększenie przestrzeni rażonej i zwiększenie rozwarcia snopa lotek. Czerep szrapnela odgrywa w danym wypadku rolę lufy działa, lotki — rolę pocisku.

Ujemną stroną szrapnela o ładunku w części dennej jest trudność wyrabiania czerepu (występ dla przegrody), użycie rurki ogniowej i przegrody, co zwiększa ciężar martwy (tara) szrapnela i zmniejsza przestrzeń przeznaczoną dla lotek.

Ładunek prochu powinien być ograniczony do minimum, aby móc tylko otworzyć szrapnel; w ten sposób zmniejsza się rozwarcie snopa lotek i martwy ciężar szrapnela, a zwiększa przestrzeń, przeznaczoną dla lotek.

Jako ładunku używa się prochu dymnego (czarnego, drobnoziarnistego).

163. Rodzaje szrapneli. Wszystkie szrapnele spółczesne możemy podzielić na dwie grupy:

a) szrapnele z ładunkiem dennym i

b) szrapnele z ładunkiem zmieszanym z lotkami.

Szrapnele pierwszego typu były już opisane w art. 161, szrapnele drugiego typu z ładunkiem zmieszanym nie posiadają komory prochowej. Ładunek prochu, sprasowany z lotkami zajmuje całą wewnętrzną przestrzeń pocisku, przez którą przechodzi tylko rurka ogniowa, napełniona prochem.

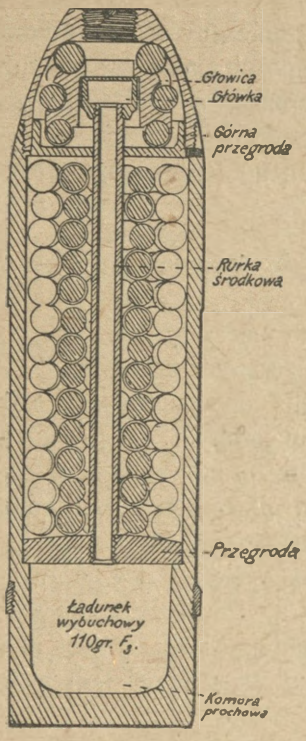
Czysty proch umieszczony jest do wysokości 4 dolnych warstw lotek, dalej miesza się go z saletrą. Z wierzchu masa lotek jest pokryta warstwą saletry sprasowanej. Jeśli zamiast mieszaniny tej użyje się tylko czystego prochu, to szrapnel taki może działać jako pocisk zapalający.

Na rysunkach umieszczonych niżej są wskazane typowe rodzaje szrapneli:

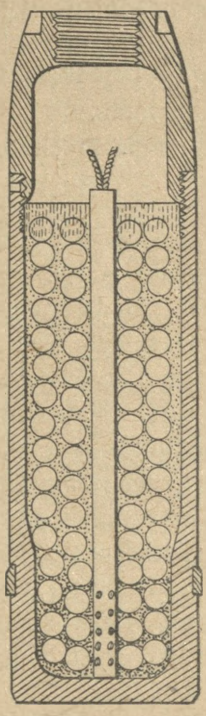
Rysunek	Kaliber pocisku	Ciężar szrapnela	Ilość lotek	Ciężar lotki	Materjał lotek	Ładunek prochu
250	75 mm. fr. wz. 1897	7,24 kg.	261	12 gr.	90% ołowiu 10% antym.	110 gr.
251	75 mm. francuski wz. 1897 — 1911	7,24 „	269	12 „	90% ołowiu 10% antym.	380 „
252	240 mm. niemiecki	?	1500	16,5 „	ołów hart. i stal	?

164. Kartacze. Pocisk niegdyś rozpowszechniony w artylerji, nadzwyczaj skuteczny przy strzelaniu na bliskie odległości do celów żywych, obecnie jest wycofany z użycia. Do strzelania na bliskie odległości służą szrapnele, których zapalniki nastawiane są na natychmiastowy rozprysk.

Kartacze możemy spotkać w artylerji fortecznej i działkach piechoty. Dla przykładu podajemy opis kartacza 76,2 mm. armaty rosyjskiej wz. 1914 r., przeznaczonej specjalnie do obrony fos (Rys. 253).



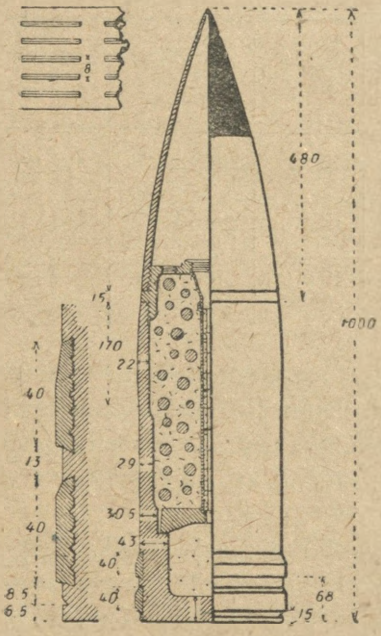
Rys. 250.



Rzs. 251.



Rys. 253.



Rys. 252.

Powłoka kartacza z cienkiej blachy stalowej, o kształcie pocisku cylindro-ostrołukowego posiada pierścienie prowadzące i wyżłobienie, w które wgina się łuskę dla lepszego związania kartacza z łuską. Kształt wspomniany ułatwia ładowanie przy szybkiem strzelaniu.

Zewnętrzny kształt kartacza nie odgrywa żadnej roli, ponieważ kartacz wylatuje z lufy działa z rozdartą powłoką. Kartacze starych typów miały kształt cylindrów. Kartacz jest wypełniony lotkami.

ROZDZIAŁ IV.

Pociski specjalne i gazowe.

165. Granato-szrapnele *). Granato-szrapnele są próbą rozwiązania zagadnienia konstrukcyjnego uniwersalnego pocisku, t. j. pocisku łączącego w sobie wszystkie własności kruszące granatu i własności rozpryskowe szrapnela. Liczne próby w tym kierunku nie dały dodatniego rezultatu, jednakowoż w artylerji austrjackiej i niemieckiej były przyjęte obok szrapneli i granatów, granato-szrapnele. Specjalnie granato-szrapnel był przeznaczony do ostrzeliwania dział okrytych tarczami.

Efekt materjalny granato-szrapneli nie jest znaczny z powodu małej pojemności materjału wybuchowego i z powodu słabej głowicy; sprawia on jednak znaczny efekt moralny. Oprócz tego granato-szrapnele służą jako pociski przeznaczone do wstrzeliwania.

Granato-szrapnel austrjacki 100 mm. haubicy górskiej wz. 1916 (Rys. 254) składa się z czerepu, podobnego do czerepu szrapnela z ładunkiem dennym, i z głowicy z okiem dla zapalnika, wsadzonej w czerep. Głowica tworzy granat; zawiera ona materjał wybuchowy.

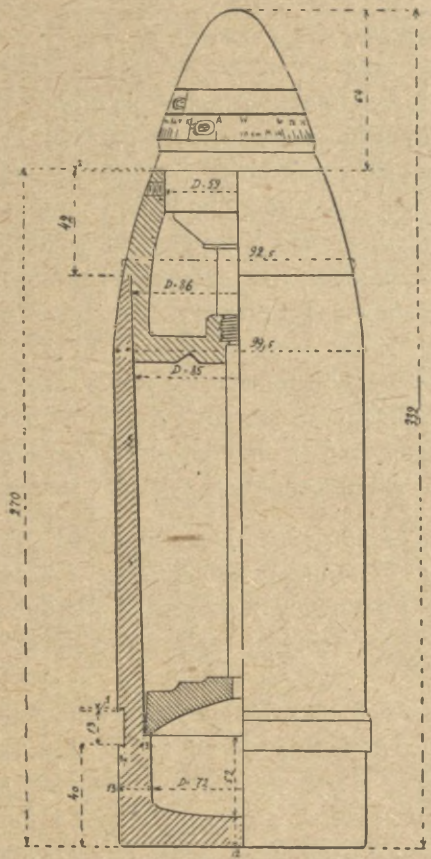
Przestrzeń między przegrodą a głowicą jest zapełniona jak zwykły szrapnel. Zapalnik o podwójnem działaniu ma długi ogon, przechodzący przez całą wysokość głowicy. Przy nastawieniu na rozprysk—płomień udziela się przez rurkę środkową wprost ładunkowi dennemu, który wyrzuca głowicę i lotki. Głowica leci dalej i wybucha, uderzając o przeszkodę. Przy nastawieniu na uderzenie głowica wybucha przy uderzeniu o przeszkodę, przyczem działa równocześnie i część szrapnelowa.

Dane: ciężar pocisku 13,5 kg., ładunek wybuchowy głowicy 210 gr., pojemność ładunku wybuchowego 1,5%; ilość lotek ?; ciężar lotki 9 gramów, metal — stal.

*) Właściwie szrapnelo-granat ze względu na kolejność działania.

Granato-szrapnel niemiecki wz. 1905 r. 105 mm. haubicy różni się od wyżej opisanego tylko swoją głowicą. Głowica jest mniejsza i wśrubowana w czerep szrapnela.

Materjał wybuchowy zawarty w oddzielnej powłoce bezpośrednio nad lotkami, również zmieszanemi z materjałem wybuchowym. Działanie granato-szrapnela niemieckiego jest analogiczne z działaniem granato-szrapnela austrjackiego.



Rys. 254.

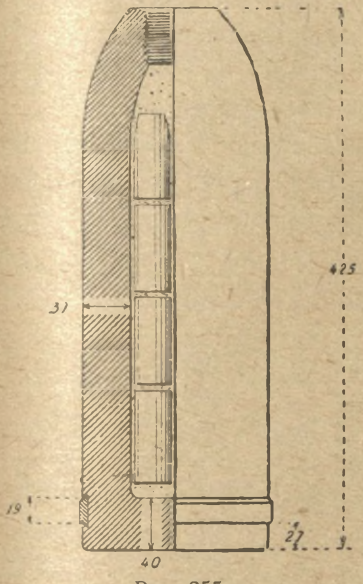
Dane: ciężar pocisku 15,7 kg., ładunek wybuchowy głowicy 340 gr., między lotkami 560 gr., ciężar prochu 150 gr., razem ładunek wybuchowy 1,05 kg., pojemność ładunku wybuchowego 6,6%, ilość lotek 400, ciężar lotki 10 gr., metal — stal.

166. Pociski zapalające. Pociski starych typów z żeliwa, o ładunku z prochu czarnego jak również szrapnele na uderzenie posiadały w małym stopniu własności zapalające. Po wprowadzeniu silnych materjałów wybuchowych kruszących trzeba było dopiero tworzyć pociski zapalające. Wojna światowa zastała tylko artylerję państw centralnych z gotowemi już wzorami pocisków zapalających. Jako środek zapalający w tych pociskach spotyka się celuloid, termit i t. p. Pociski zapalające są przeważnie uderzeniowe, rzadziej spotyka się je jako rozpryskowe (ros. 3 cal. szrapnel termitowy).

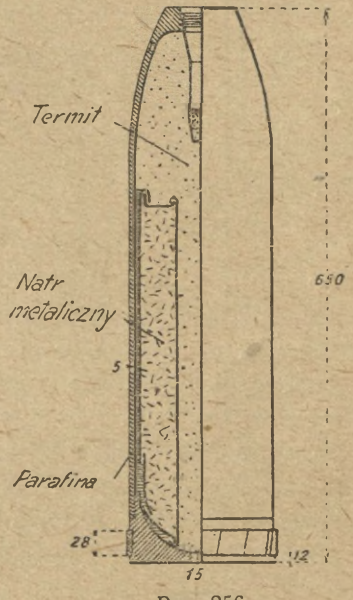
1. *Niemiecki 150 mm. pocisk zapalający Mod. B.* (Rys. 255). Czerep granatu starego typu z żeliwa jest napełniony 12-tu cylindrami z celuloidu, ustawionemi w trzy kolumienki po 4 cylindry. Pozostała wolna przestrzeń jest napełniona zwykłym prochem dymnym.

Dane: ciężar pocisku 42 kg., ciężar ładunku wybuchowego 300 gr., ciężar cylindrów celuloidowych 850 gr. Przy wybuchu pocisk pęka, nie dając odłamków, rozrzucając natomiast cylindry płonące dookoła miejsca wybuchu.

2. *Niemiecka 170 mm. mina zapalająca systemu Erhardta Mod. 1914 r.* (Rys. 256). Czerep miny posiada w głowicy oko dla zapalnika i kilka otworów zakorkowanych; dno wśrubowane z pierścieniem prowadzącym. Do miny jest włożony cylinder z blachy, zawierający 6 kg. sodu metalicznego; cylinder jest przy-



Rys. 255.



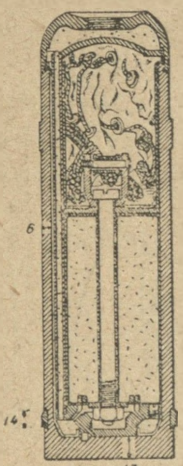
Rys. 256.

mocowany do ścian miny zapomocą parafiny. Pozostała wolna przestrzeń jest napełniona 10 kg. termitu. W chwili uderzenia zapalu się termit, od termitu sód i płonąca masa wylewa się przez otwory w głowicy i szczeliny pękniętego pocisku.

Dane: ciężar pocisku 37,4 kg. ciężar masy zapalającej 16 kg., metal—stal. Mina może działać jako pocisk rozpryskowy i uderzeniowy.

167. Pociski oświetlające. Specjalne pociski oświetlające ukazały się w artylerji celem zmiany rakiet i innych pocisków, niedogodnych w obchodzeniu się i wymagających specjalnych dział i urządzeń.

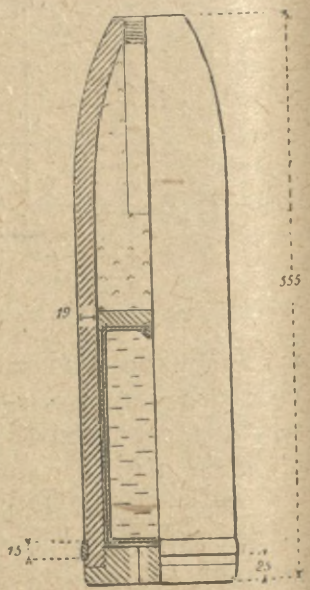
Pociski oświetlające są to szrapnele zawierające zamiast lotek świecące się i zaopatrzone w spadochrony kule, które wyrzucone przy rozprysku pocisku powoli opadają w dół, oświetlając teren. Zapalnik rozpryskowy pozwala dowolnie regulować wysokość i odległość rozprysku. Promień przestrzeni oświetlonej wynosi killkaset metrów, czas oświetlenia około minuty.



Rys. 257.

Niemiecki pocisk oświetlający 105 mm. haubicy (Rys. 257), składa się z cylindrycznego czerepu o cienkich ścianach, w który jest wstawiony cylinder, podzielony przegrodą na dwie części: górną ze spadochronem i dolną z masą świecącą. Przez dolną część cylindra przechodzi trzpień, przytrzymujący w górnej części strzemiączko, do którego są przymocowane sznurki spadochronu.

Głowica i część denna zawierają ładunki prochu, połączone boczną rurką napełnioną również prochem. Dolny ładunek prochu połączony jest z masą świetlną okienkiem w dnie cylindra. Głowica płaska, wśrubowana, z okiem dla zapalnika. Przy rozprysku w powietrzu górny ładunek prochu wysadza głowicę, aby przez to uwolnić przyrząd oświetlający, poczem płomień, udziela się dolnemu ładunkowi przez rurkę boczną, który zapala masę świetlną i wyrzuca przyrząd z pocisku. Spadochron rozwija się natychmiast, przyrząd ze świecącym się cylindrem powoli opada wdół.



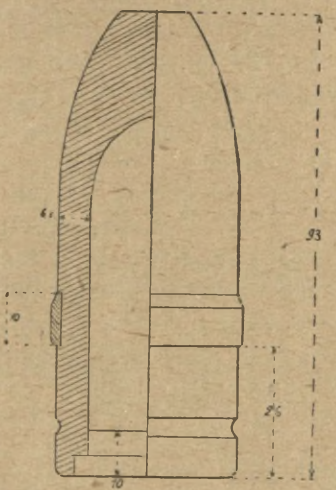
Rys. 258.

Dane: ciężar pocisku 12,5 kg., ciężar ładunku prochu 79 gr., (50 w głowicy i 29 w dennej części) metal—stal.

168. Pociski dymne. Pocisków tego rodzaju używa się do wytwarzania zasłon dymowych, osłaniających własne działania i uniemożliwiających obserwację przeciwnikowi. Pociski dymne są przeważnie ładowane fosforem lub innemi dymorodnemi materjałami.

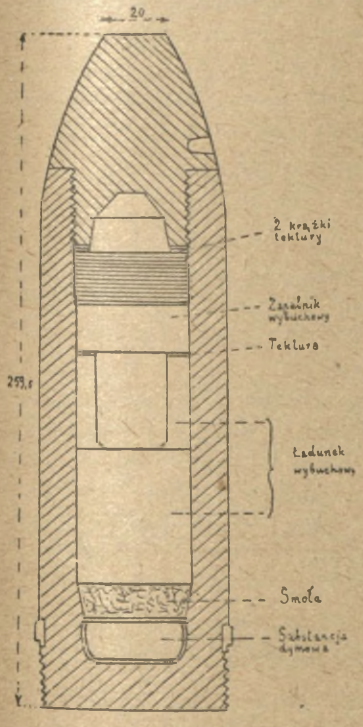
Niemiecki 150 mm. pocisk dymny (Rys. 258). Czerep pocisku posiada dno wśrubowane, w głowicy oko dla zapalnika. W dolnej części pocisku mieści się puszka ołowiana, napełniona masą dymorodną. Puszka jest obłożona cementem. W górnej części pocisku jest ładunek wybuchowy. Przy wybuchu pocisk rozrywa się, puszka pęka, przyczem temperatura wybuchu wystarcza do spowodowania rozkładu materjału dymorodnego.

Dane: ciężar pocisku 41,7 kg., ciężar ładunku wybuchowego, 29,5 kg., ilość płynu 1550 cm^3, metal—stal.



Rys. 259.

169. Pociski smugowe. Pociski tego rodzaju są przeznaczone do ostrzeliwania balonów na uwięzi.



Rys. 260.

Posiadają one własności zapalające i pozostawiają za sobą ślad, oznaczający ich tor, czem ułatwiają wstrzelanie. Pod względem kostrukcji są to granaty napełnione masą palną, która przy locie pocisku, paląc się, wyrzuca płomień i dym przez otwory w głowicy lub dnie pocisku. Niektóre pociski, jak np. 20 mm. niemiecki, wyrzucają świecące się gwiazdki.

Niemiecki 37 mm. pocisk smugowy (Rys. 259) składa się z czerepu granatu, napełnionego mieszaniną magnezji, azotanu baru i gumy arabskiej, którą to masę zapala zapalnik z prochu czarnego, umieszczony w dnie pocisku. Pocisk pozostawia zieloną smugę.

Dane: ciężar pocisku 420 gr., ciężar masy palnej 39 gr. Na odległościach do 800 metrów używano tego pocisku do walki z czołgami.

170. Pociski przeciwczołgowe. *Niemiecki 77 mm. pocisk przeciwczołgowy* (Rys. 260) składa się z czerepu cylindrycznego i wśrubowanej, masywnej głowicy ze ściętym ostrołukiem. Płask głowicy ma 20 mm. średnicy. Zapalnik uderzeniowy natychmiastowy, wewnętrzny, pod głowicą. W dennej części pocisku jest umieszczona masa dymorodna, oddzielona od ładunku wybuchowego warstwą smoły.

Dane: ciężar pocisku 6,75 kg., ciężar ładunku wybuchowego 185 gramów.

171. Pociski do wstrzelania, ćwiczebne i doświadczalne. *Pociski do wstrzelania* mają na celu ułatwienie wstrzelania przez danie wielkich obłoków dymu. Ładunek wewnętrzny tych pocisków zawiera fosfor. Zastosowanie pocisków do wstrzeliwania pozwala na oszczędzanie amunicji i umożliwia dobre, bez błędów i szybkie wstrzelanie.

Pociski ćwiczebne są przeznaczone do ostrych strzelań ćwiczebnych, które mają na celu wyszkolenie w prowadzeniu ognia i nauczenie obserwacji; same zaś rezultaty strzelania przeważnie nie mają znaczenia. Wobec tego pociski ćwiczebne wyrabiają się tylko z żeliwa o takim ładunku wybuchowym, by dawał obłok dymu, podobny do obłoku zwykłego (ostrego) szrapnela lub granatu.

Ciężar pocisków ćwiczebnych i wewnętrzne ich urządzenie ściśle odpowiada ciężarowi i urządzeniu wewnętrznemu pocisków ostrych tak, że wszystkie czynności związane z przygotowaniem strzelania i oddaniem strzału niczem się nie różnią od rzeczywistych.

Pociski doświadczalne służą do przeprowadzenia doświadczeń nad sprzętem artyleryjskim na poligonach (ciśnienia w lufie działa, szybkości wylotowe i t. p.). Są to jednolite cylindry, odpowiadające ciężarem i kształtem pociskom rzeczywistym. Pociski te nie rozbijają się przy padaniu i do ponownego strzelania wymagają tylko zamiany pierścienia wiodącego.

172. Pociski gazowe *). Pocisk gazowy składa się z czerepu o cienkich ścianach, napełnionego płynem. Przy upadku po-

*) W artykule tym damy tylko opisy pocisków gazowych niemieckich; płyny trujące i ich działanie jest opisane w części I-ej „Nauki artylerji“ w dziale VII; kwestje użycia pocisków gazowych są zawarte w osobnych przepisach; istota użycia jest w części I-ej „Nauki Artylerji“ w dziale V. przedstawiona.

cisk pęka (otwiera się) i płyn zależnie od swych własności zaczyna parować natychmiast lub rozpryskuje się drobnemi kropelkami wokoło. Wszystkie pociski gazowe możemy podzielić na trzy grupy:

1) drażniące,
2) trujące,
3) żrące:
   a) o działaniu natychmiastowem,
   b) o działaniu powolnem.

Pociski drażniące wywołują rozdrażnienie powłok śluzowych, łzawienie i kichanie.

Pociski trujące wywołują natychmiastowe zatrucie, działając na narządy oddechowe.

Płyny, wydzielające gazy drażniące i trujące, są lotne i parują całkowicie w chwili wybuchu pocisku, tworząc obłok, który względnie szybko traci swoją skuteczność, rozsiewając się w powietrzu.

Pociski żrące o natychmiastowem działaniu wywołują otrucie i obrażenie skóry.

Płyny, dające gazy żrące o natychmiastowem działaniu parują częściowo w chwili wybuchu. Obłok gazu nie wywiera odrazu skutków śmiertelnych, lecz wywołuje natychmiastowy skutek drażniący, reszta płynu jest rozrzucona drobnemi kropelkami i paruje stopniowo w ciągu kilku dni, zatruwając powietrze. Czas parowania płynów żrących od 6 godzin do 15 dni (camite). Pociski żrące o powolnem działaniu wywołują otrucie i obrażenia skóry.

Płyny, dające gazy żrące o powolnem działaniu, nie parują natychmiast, lecz rozpryskują się wokoło, parując powoli w ciągu 15 dni.

Wpływ gazu nie jest natychmiastowy, ukazuje się dopiero po upływie paru godzin, a nawet dni. Gaz przenika przez ubranie, działa na skórę i nawet na drogi oddechowe, wywołując otrucie.

Poniżej przytaczamy typowe pociski gazowe niemieckie.

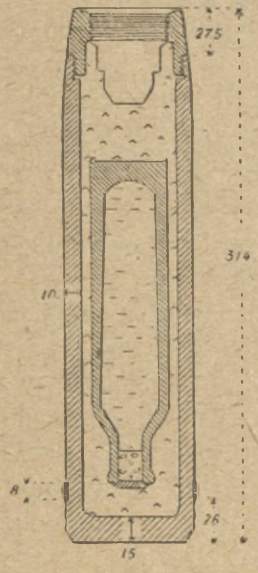
1. *77 mm. pocisk gazowy z niebieskim krzyżem* (Rys. 261). Czerep pocisku cylindryczny, z cienkiemi ścianami i przyśrubowaną głowicą z okiem dla zapalnika.

Pocisk, szklanne naczynie z płynem trującym, otoczone materjałem wybuchowym.

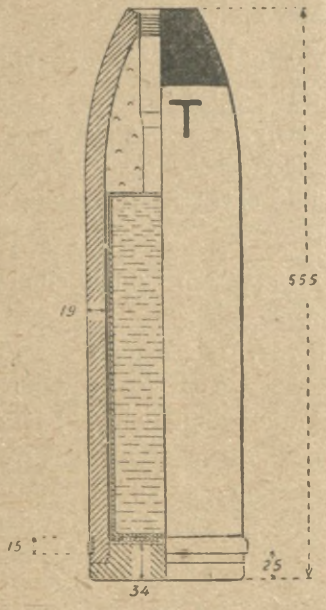
Dane: ciężar pocisku 6,88 kg., ciężar materjału wybuchowego 620 gr., ciężar płynu trującego (100 cm^3)—135 gr., metal — stal.

Pocisk zawiera chloro-dwufenylo-arsen $[(C_6H_5)_2 As Cl_5]$ — gaz drażniący, wywołujący silne kichanie.

2. *155 mm. pocisk gazowy* T *zielony* (Rys. 262). Pocisk granat wz. 1912 r. z dnem wśrubowanem, stosowany jako pocisk gazowy. Głowica zawiera materjał wybuchowy, w części cylindrycznej czerepu umieszczone naczynie ołowiane z trującym płynem. Między dnem a naczyniem jest warstwa filcu, ściany boczne naczynia są oddzielone parafiną od ścian czerepu.



Rys. 261.



Rys. 262.

Dane: ciężar pocisku 43,3 kg., ciężar materjału wybuchowego 1,5 kg., objętość płynu 2,300 cm^3, metal — stal.

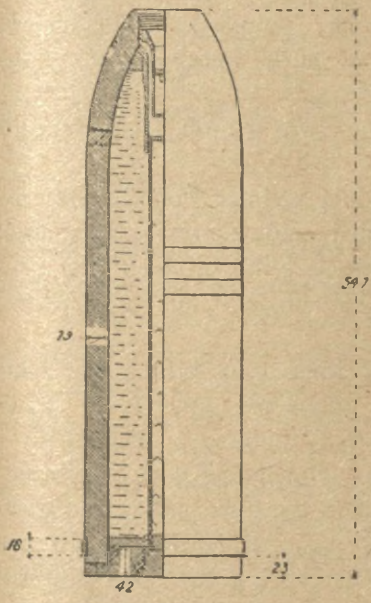
Pocisk zawiera mieszaninę z bromku xylilu $\left[C_6H_4 < \begin{matrix} CH_2Br \\ CH_3 \end{matrix}\right]$ gazu drażniącego i bromo-acetonu $[CH_2Br—CO—CH_3]$ — gazu drażniącego i trującego.

3. *150 mm. pocisk gazowy z zielonym krzyżem 2* (Rys. 263). Pocisk jest zmienionym granatem wz. 1912. Ładunek wybuchowy jest zawarty w rurce środkowej, osadzonej dolnym końcem na wy-

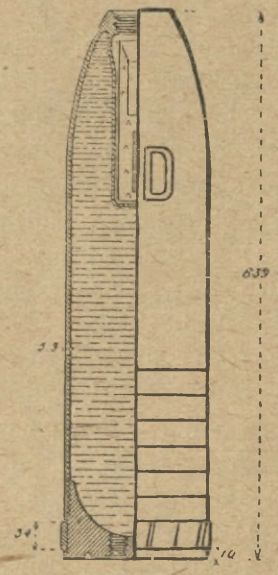
stępie dna pocisku, górnym — w pochewce. W bocznej ścianie głowicy jest specjalny otwór do nalewania płynu.

Dane: ciężar pocisku 41,42 kg., ciężar materjału wybuchowego 165 gr., objętość płynu trującego 2,300 cm^3, metal — stal.

Płyn trujący jest mieszaniną 60% fosgenu [$COCl_2$] — gazu trującego i duszącego, 28% chloromrówczanu trójchlorometylu [$Cl—CO_2CCl_3$] — gazu trującego i 12% chloro-dwufenyloarsenku — gazu drażniącego.



Rys. 263.



Rys. 264.

3. *170 mm. mina gazowa D* (Rys. 264). Pocisk z cienkiej blachy stalowej w śrubowanem dnem; w dnie otwór do napełniania płynem. W oko głowicy wstawiona jest pochewka, zawierająca materjał wybuchowy i masę dymorodną, składającą się z fosforu i arszeniku.

Dane: ciężar pocisku 34,5 kg., ciężar ładunku wybuchowego 300 gramów, ciężar płynu (8.500 cm^3) — 12 kg., metal — stal. Płyn trujący — fosgen $COCl_2$ — gaz trujący i duszący.

ROZDZIAŁ V.

Zapalniki. — Zapalniki uderzeniowe.

173. Zapalniki. Do zapalania ładunków wybuchowych, umieszczonych wewnątrz pocisków służą specjalne przyrządy, zwane zapalnikami.

Zapalniki możemy podzielić na dwie grupy: a)zapalniki uderzeniowe, b) zapalniki czasowe.

Zapalniki uderzeniowe powodują wybuch pocisku przy uderzeniu o przeszkodę. Zapalniki uderzeniowe mogą być dwóch typów: 1) zapalnik zwykły—t. j. dający tylko płomień i 2) zapalnik — detonator, t. j. powodujący wybuch ładunku wybuchowego, zawartego w pocisku.

Zapalniki pierwszego typu używane przy kruszących materjałach wybuchowych, wymagają uzupełnienia oddzielnym detonatorem; zapalniki tego typu wychodzą stopniowo z użycia.

Zapalniki czasowe powodują wybuch pocisku w wybranym punkcie toru przed celem. Zapalniki czasowe mogą być dwóch typów: 1) zapalnik czasowy zwykły — t. j. powodujący wybuch tylko w powietrzu, i 2) zapalnik czasowy o podwójnem działaniu, t. j. powodujący wybuch i w powietrzu i przy uderzeniu o ziemię.

Zapalnika czasowego, zwykłego używa się do strzelania przeciw samolotom.

Wszystkie zapalniki powinny:

1) powodować we właściwym czasie wybuch pocisku i działać niezawodnie;
2) dawać dostateczne bezpieczeństwo przy przechowaniu i przewożeniu;
3) wykluczać przedwczesne wybuchy w lufie i przed lufą działa;
4) nie powinny niszczyć się podczas przechowania po wśrubowaniu ich w pocisk, a nadto powinny zabezpieczać od zniszczenia ładunek wybuchowy pocisku i
5) wymagać minimum czynności przygotowawczych w doprowadzeniu do gotowości przed ładowaniem.

174. Zapalniki uderzeniowe. Zapalniki uderzeniowe zależnie od miejsca umieszczenia ich w pocisku dzielą się na głowicowe, wewnętrzne i denne. Istota wewnętrznego urządzenia tych zapalników nie zmienia się wcale, zachodzą tylko pewne różnice w urządzeniu zewnętrznem.

Co do rodzaju wzajemnego działania swoich części składowych w momencie uderzenia, zapalniki uderzeniowe możemy podzielić na dwie grupy:

a) zapalniki działające wskutek siły uderzenia pocisku;
b) zapalniki działające na zasadzie bezwładności.

W zapalnikach pierwszej grupy przy upadku pocisku iglica, spotykając przeszkodę, wbija się w spłonkę, wywołując tem płomień i wybuch detonatora, a zatem i całego ładunku wybuchowego pocisku.

W zapalnikach drugiej grupy iglica jest nieruchomą i przy upadku pocisku spłonka pod wpływem siły bezwładności uderza o iglicę, wywołując tem płomień i wybuch detonatora.

Do grupy pierwszej należą wszystkie nowe zapalniki o natychmiastowem działaniu.

Do grupy drugiej—zapalniki o działaniu normalnem i z opuźnieniem.

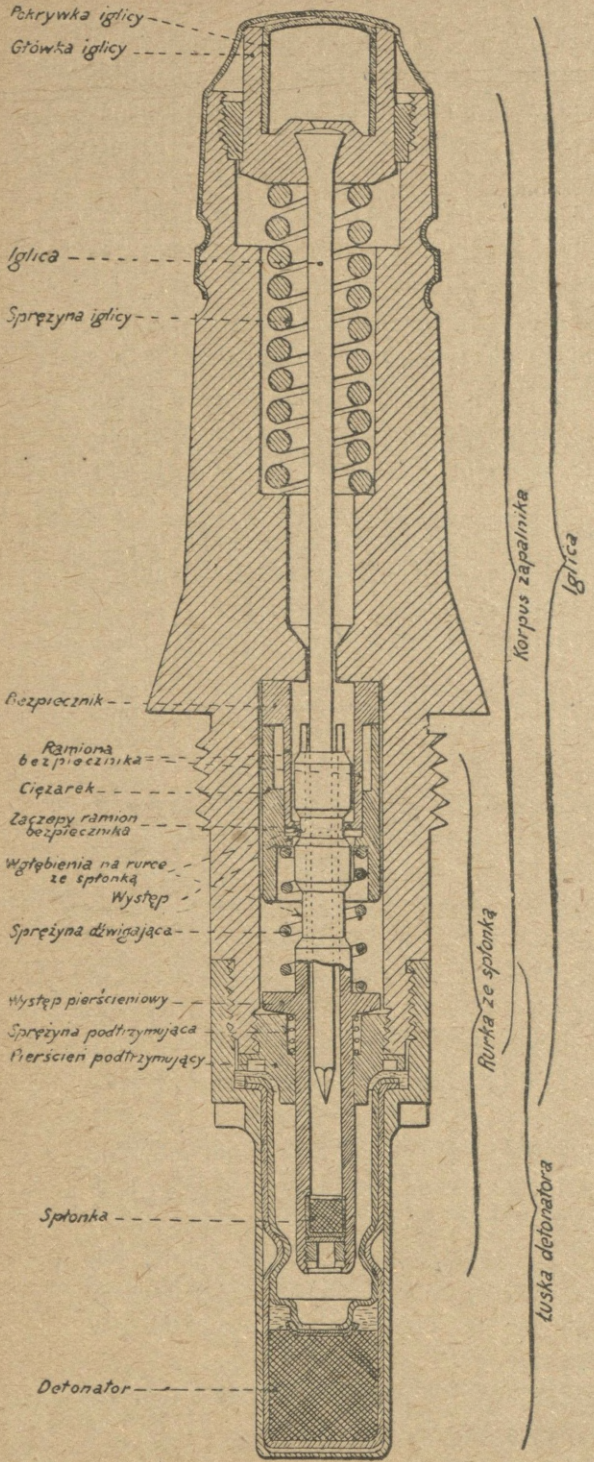
175 Zapalniki uderzeniowe działające wskutek siły uderzenia pocisku. Zapalniki tego typu składają się z długiej iglicy o szerkiej główce, wstawionej w rurkę ze spłonką. Iglica może przesuwać się wzdłuż, wewnątrz rurki. Przy uderzeniu o ziemię główką iglica uderza w spłonkę i powoduje wybuch.

Przedstawicielem tego typu zapalników jest *francuski zapalnik, detonator natychmiastowy 24/31 R. Y. Wz. 1917.* (Rys. 265 przed strzałem; Rys. 266 podczas lotu).

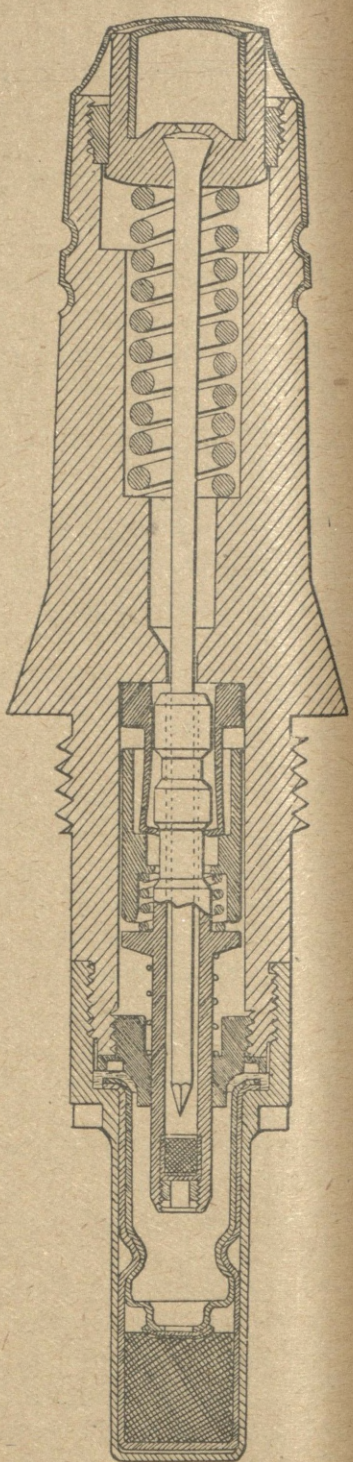
Zapalnik składa się z łuski z dwiema komorami i z detonatora.

W łusce zapalnika znajduje się iglica stalowa, umocowana w główce iglicy, zamkniętej pokrywką aluminjową; główka spoczywa na sprężynie, umieszczonej w górnej komorze łuski; iglica wchodzi w rurkę ze spłonką. Rurka, umieszczona w dolnej komorze łuski, posiada z zewnętrznej strony występ pierścieniowy i dwa wgłębienia pierścieniowe; na rurkę jest nałożony okrągły ciężarek z występem wewnątrz.

Między występem ciężarka a występem iglicy jest umieszczona sprężyna, podtrzymująca ciężarek.



Rys. 265.



Rys. 266.

Bezpiecznik, z sześciu zaczepami sprężynowemi, opiera się swoim występem o górny skraj ciężarka, a swoimi zaczepami zaczepia o górne wgłębienie na rurce ze spłonką. Zaczepy utrzymuje w tem położeniu ciężarek.

W dolny otwór łuski jest wśrubowany pierścień podtrzymujący, na którym spoczywa swoim występem pierścieniowym rurka ze spłonką. Między występem rurki a występem w pierścieniu jest sprężyna, służąca do podtrzymania rurki w jej górnem położeniu podczas lotu pocisku.

Wreszcie, na dolny koniec łuski zapalnika jest naśrubowana pochewka detonatora.

Przy strzale iglica opuszcza się w dół, ściskając sprężynę. W tym samym czasie ciężarek opuszcza się w dół, ściskając swoją sprężynę, i uwalnia zaczepy bezpiecznika, które natychmiast rozchodzą się na boki; wówczas rurka ze spłonką posuwa się naprzód tak, że jej dolne wycięcie staje na wysokości zaczepów.

Przy wyjściu z przewodu lufy sprężyna podnosi iglicę na poprzednie miejsce; ciężarek podniesiony przez swoją sprężynę utrzymuje zaczepy bezpiecznika na dolnem wycięciu rurki ze spłonką, która podnosi się pod działaniem sprężyny tak, że między spłonką a iglicą pozostaje przestrzeń około 1,5 mm.

Przy uderzeniu iglica zatrzymuje się, reszta zapalnika jest jeszcze w ruchu i spłonka uderza o iglicę z siłą i szybkością całego pocisku.

Analogiczne, lecz znacznie prostsze jest urządzenie zapalników francuskich I.A.1915 i I.A.L 1916.

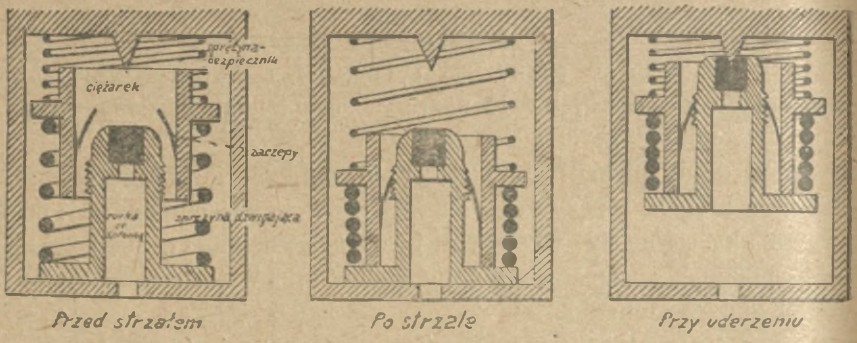
Zapalniki niemieckie natychmiastowe, jak np. E.K.Z.16.0 i Gr.Z.17 są urządzone podług tej samej zasady.

176. Zapalniki uderzeniowe działające na zasadzie bezwładności. Zapalników tego systemu jest bardzo wiele, najczęściej jednak spotykamy dwa zasadnicze typy:

a) z ciężarkiem,

b) z bezpiecznikiem odśrodkowym.

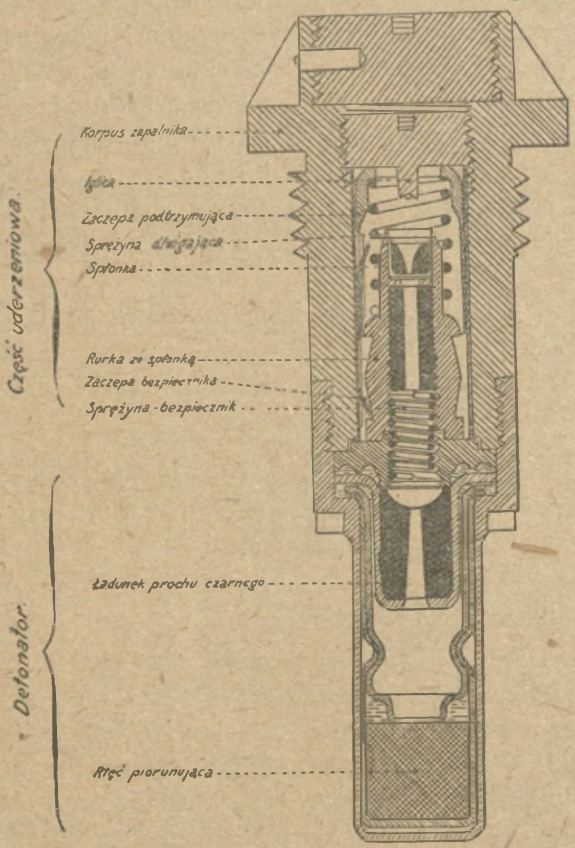
Zapalniki uderzeniowe z ciężarkiem składają się (Rys. 267) z rurki ze spłonką, ciężarka z zaczepami, sprężyny ciężarka i ze sprężyny bezpiecznika: wszystko zawarte w łusce, w pokrywie której znajduje się iglica. Przy strzale ciężarek na zasadzie prawa bezwładności opada wdół, ściskając sprężynę i zaczepiając swemi zaczepami o występy na rurce ze spłonką; stanowi więc jeden zespół, którego ruchowi opiera się sprężyna — bezpiecznik. Przy



Rys. 267.

uderzeniu pocisku o przeszkodę, zespół, t. j. ciężarek — rurka ze spłonką, kontynuując ruch ściska sprężynę — bezpiecznik i wtedy spłonka uderza o iglicę, wywołując płomień.

Jako przykład tego typu zapalników, najbardziej rozpowszechnionego, służy *zapalnik francuski 24/31. Wz. 1899 — 1915 bez opóźnienia* (*biała główka litery S.R.*). (Rys. 268).

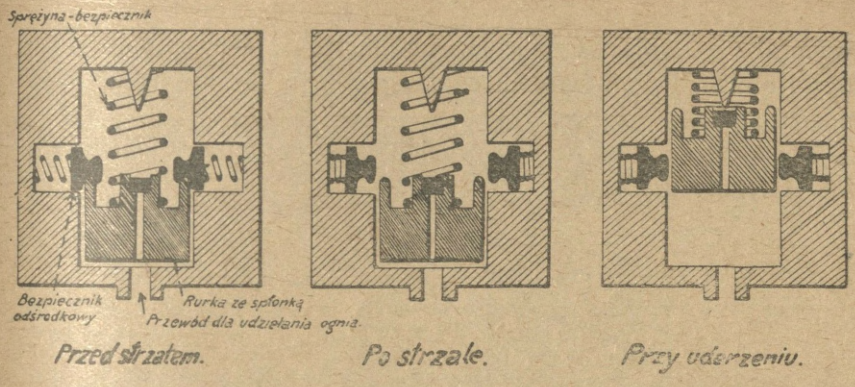


Rys. 268.

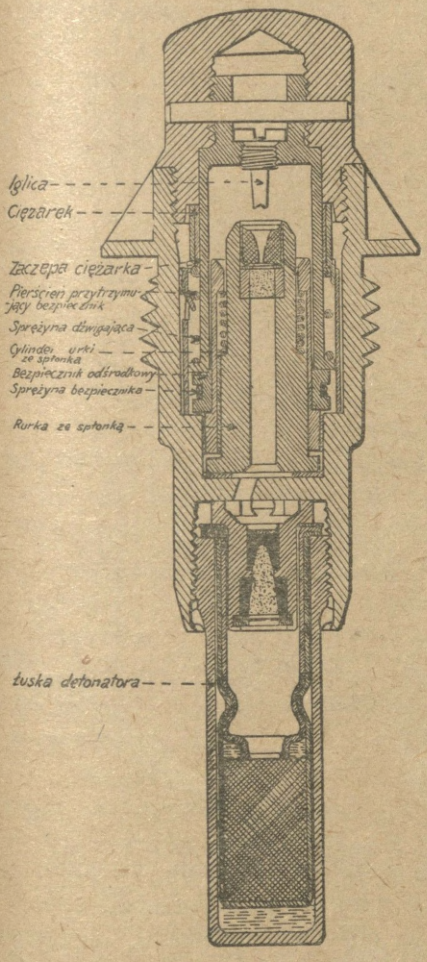
Działanie i urządzenie zapalnika wynika z poprzednich opisów.

Zapalniki uderzeniowe z bezpiecznikiem odśrodkowym (Rys. 269), składają się: z rurki ze spłonką, sprężyny bezpiecznika i bezpiecznika odśrodkowego.

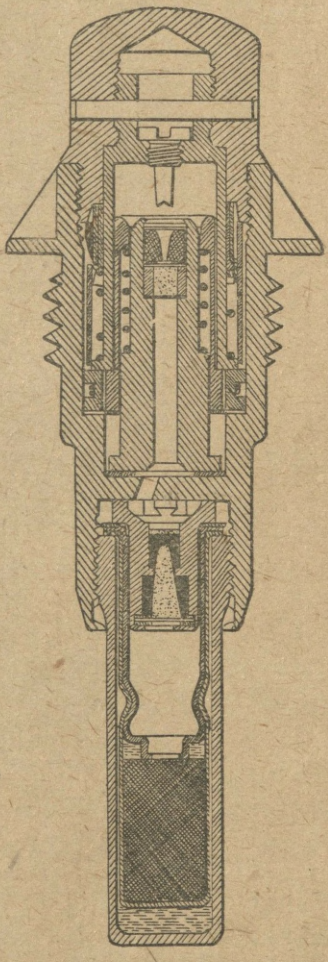
Przy strzale, gdy pocisk osiągnął dostateczną szybkość obrotową, bezpiecznik, pod wpływem siły odśrodkowej ściska sprężyny i



Rys. 269.



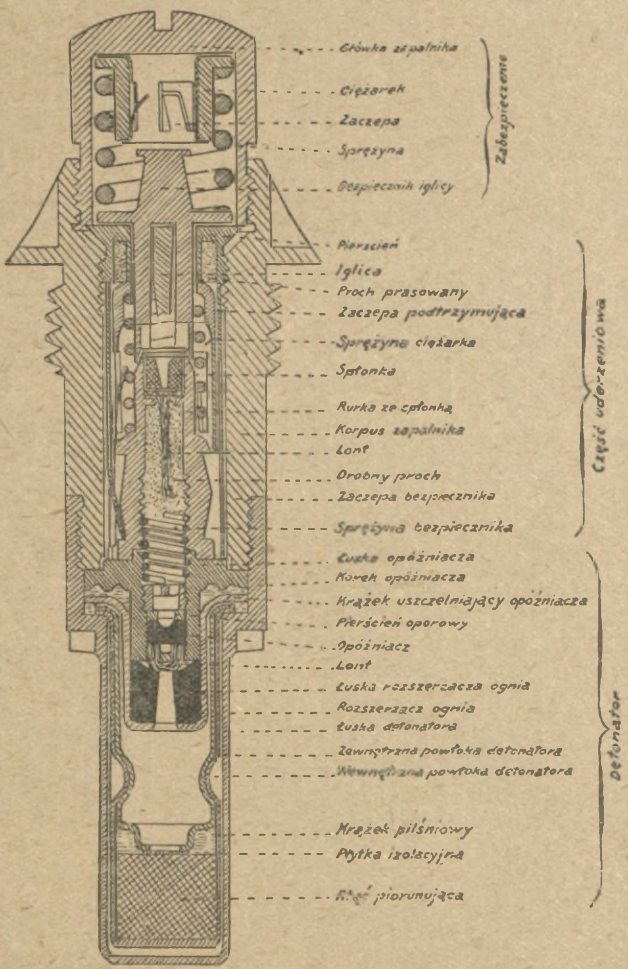
Rys. 270.



Rys. 271.

wchodzi w swoje zagłębienia, uwalniając w ten sposób rurkę bezpiecznika. Przy uderzeniu o przeszkodę rurka rzucona naprzód uderza spłonką o iglicę.

Przykładem tego typu zapalników — *zapalnik Schneider'a 24/31 Wz. 1916 B.* (Rys. 270 i 271).

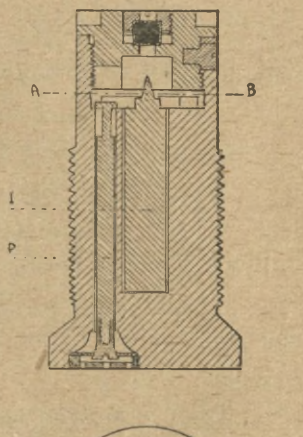


Rys. 272.

Zapalniki ze zwłoką mają podobne urządzenie wewnętrzne, różniąc się tylko tem, że między spłonką a detonatorem umieszczona jest masa wolno-paląca się, obliczona na pewną, określoną zwłokę. Wzorem tego typu zapalników — *zapalnik detonator francuski 24/31 Wz. 1899—08 ze zwłoką 0,05 sek.* (Rys. 272).

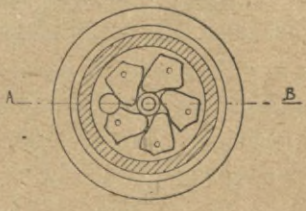
177. Zapalniki denne. Zapalników dennych używa się w pociskach przeciwpancernych. Wewnętrzne ich urządzenie niczem nie różni się w zasadzie od zapalników umieszczonych w głowicy. Przykładem zapalników dennych może służyć *niemiecki zapalnik denny dla pocisków 280 mm.* (Rys. 273). Urządzenie zapalnika jest nieco odmienne od powyżej opisanych typów.

Masywna iglica *I* jest unieruchomiona przez bezpiecznik odśrodkowy, który jest unieruchomiony przez ruchomy pręcik *P*. Przy strzale gazy prochowe cisną na pręcik *P* i podnoszą go, wobec czego zwalnia się bezpiecznik odśrodkowy, który pod wpływem ruchu obrotowego pocisku rozchodzi się i uwalnia iglicę. Przy uderzeniu pocisku iglica rzucona na przód uderza w spłonkę i powoduje płomień.



Zapalniki wewnętrzne umieszczone w długich pociskach są urządzone analogicznie do wszystkich innych zapalników uderzeniowych. Przeznaczeniem ich jest zabezpieczenie wybuchu pocisku w razie, gdyby zawiódł zapalnik w głowicy lub dnie.

178. Detonatory. Do spowodowania wybuchu materjału kruszącego zapalnik, dający tylko płomień, nie wystarcza, dodaje się więc detonator. Jeśli zapalnik jest połączony z detonatorem w jedną całość—jak we wszystkich wyżej opisanych przykładach—nazywamy go zapalnikiem-detonatorem.



Rys. 273.

Rozdzielenie zapalnika i detonatora zmusza do użycia pochewek (p. art. 154), w które wśrubowuje się zapalnik i wkłada detonator.

Detonator składa się z rurki metalowej, napełnionej detonatorem materjału wybuchowego; przez korek rurki, zawierający zwykle spłonkę z rtęci piorunującej, prowadzą kanały, któremi przechodzi płomień z zapalnika.

ROZDZIAŁ VI.

Zapalniki czasowe. — Nastawniki.

179. Zapalniki czasowe. Zapalniki czasowe możemy podzielić na dwa zasadnicze typy:

a) typ francuski — odtykany, i
b) typ pierścieniowy — nastawiany.

W zapalnikach typu francuskiego masa zapałowa umieszczaną jest w rurce, otaczającej spiralnie stożek zapalnika; skalowanie odbywa się zapomocą przerwania rurki w określonem miejscu.

Zapalniki typu pierścieniowego mają masę zapałową w pierścieniach, przez obrót których można dowolnie wyznaczyć czas palenia masy.

Jeden i drugi zasadniczy typ zapalników dzieli się jeszcze na zapalniki czasowe zwykłe i zapalniki o podwójnem działaniu.

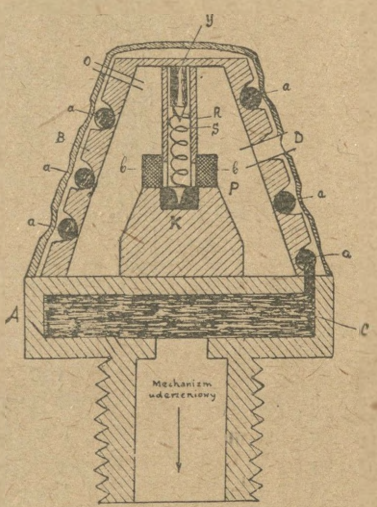
Zapalniki czasowe różnią się od zapalników o podwójnem działaniu tylko tem, że nie posiadają mechanizmu uderzeniowego, pozatem są identyczne. Zapalniki czasowe zwykłe mają obecnie zastosowanie tylko w artylerji przeciwlotniczej.

W dalszym wykładzie przedstawimy tylko zapalniki o podwójnem działaniu.

180. Zapalniki czasowe typu francuskiego. Zapalnik składa się z obsady *A* (Rys. 274) z trzonem dolnym i stożkiem *B*. W wyżłobieniu spiralnem stożka jest ułożona w rurce ołowianej masa zapałowa, łącząca się z komorą prochową *C*. Wewnątrz stożka znajduje się przyrząd zapalający, składający się z iglicy *I*, sprężyny *S*, spłonki *K* i masy prochowej *P*. Przyrząd zapalający jest zawarty w rurce *R* z otworami *b*, *b*. W górnej części stożka otwór *O* służy jako wyjście dla gazów prochowych. Stożek jest pokryty czopem metalowym, zabezpieczającym masę zapałową od wilgoci; na czepcu jest oznaczona zapomocą wgłębień skala w sekundach. Większy otwór — co sekundę, mniejszy — 0,5 sekundy.

Mechanizm uderzeniowy — zwykle z ciężarkiem — analogiczny do opisanego w art. 176.

Działanie zapalnika polega na następującem: przypuśćmy że zapomocą nastawnicy (a nawet w braku nastawnicy jakimkolwiek ostrym przyrządem) przebiliśmy masę zapałową i ściankę stożka w punkcie *D*. Przy strzale działa przyrząd zapałowy. Iglica, ściskając sprężynę, uderza w spłonkę; płomień — wchodząc przez otwory *b.b* — zapala masę prochową *P*; płomień z tej ostatniej, przenikając w otwór *D*, zapala masę zapałową, która zaczyna się palić w dwóch kierunkach: w kierunku szczytu stożka — gdzie, dochodząc do szczytu, gaśnie, i w kierunku podstawy stożka, gdzie — przechodząc do komory prochowej — wywołuje wybuch tej ostatniej i wskutek tego przeniesienie ognia przez rurkę prochową na denny ładunek prochu.



Rys. 274.

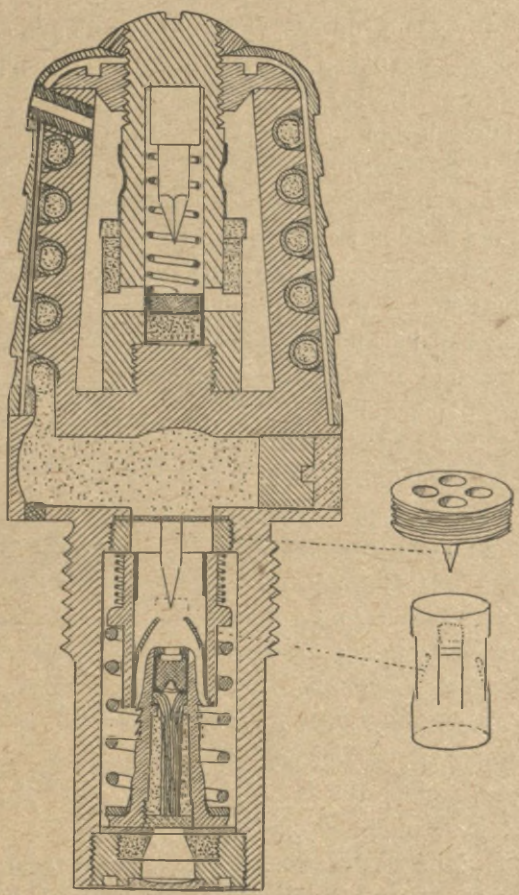
Jeśli zapalnik nie był skalowany, przyrząd zapalający działa jak i w poprzednim wypadku, gazy prochowe, utworzone przez spalenie się spłonki i masy prochowej, wychodzą przez otwór *O*. Przy uderzeniu o przeszkodę działa mechanizm uderzeniowy, umieszczony w dolnym trzonie obsady.

Przykład tego typu zapalników *zapalnik podwójnego działania francuski 24/31 Wz. 1897 roku* (Rys. 275). Urządzenie wewnętrzne zapalnika czasowego jest zupełnie zrozumiałe z rysunku i z opisu poprzedzającego; mechanizm uderzeniowy jest podobny do mechanizmu uderzeniowego, przedstawionego schematycznie na rysunku 267.

Wszystkie zapalniki francuskie czasowe są tego samego typu i zupełnie identycznie urządzone. Różnica zachodzi tylko w ilości zwojów masy zapałowej i pewnych drobnych zmianach w mechanizmie uderzeniowym.

Zapalniki czasowe do granatów rozpryskowych mają urządzenie analogiczne mechanizmu uderzeniowego z zapalnikiem — detonatorem uderzeniowym, przedstawionym na rys. 268 z detonatorem włącznie.

181. Zapalniki czasowe typu pierścieniowego. Zapalnik składa się z obsady z trzonem dolnym, dla umieszczenia mechanizmu uderzeniowego i z trzonem górnym, na który nakłada się dwa—trzy pierścienie z wprasowaną w nie masą zapałową. Dolny pierścień nieruchomy posiada z zewnętrznej strony skalę, górny,



Rys. 275.

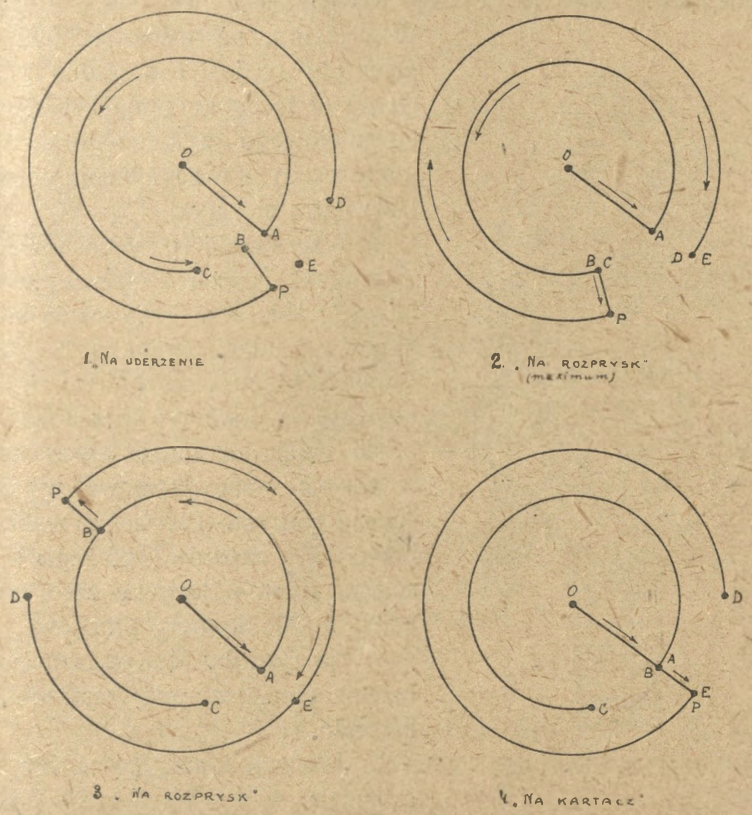
ruchomy — wskaźnik, lub odwrotnie. Obracając pierścień ręką można nastawić zapalnik podług skali na dowolną odległość.

Dolny pierścień łączy się z komorą prochową. Funkcjonowanie zapalnika po dojściu płomienia do komory prochowej—jak w zapalniku czasowym typu francuskiego.

Na rys. 276 są przedstawione schematycznie wzajemne położenia pierścieni przy różnych nastawach zapalnika. Punkt *O*—

przyrząd zapalający, punkt A — początek masy zapałowej AC — nieruchomego pierścienia, punkt B — początek masy zapałowej, $B.P.D.$ — ruchomego pierścienia, punkt E — połączenie z komorą prochową. Strzałki wskazują kierunek palenia się masy zapałowej.

Jako przykład tego typu zapalników może służyć *zapalnik austrjacki 10 cm. Wz. 1914* do granato-szrapneli (Rys. 277). Zapalnik składa się z obsady A z trzonem dolnym B i z trzonem górnym C. Odmiennie od ogólnego typu zapalników pier-

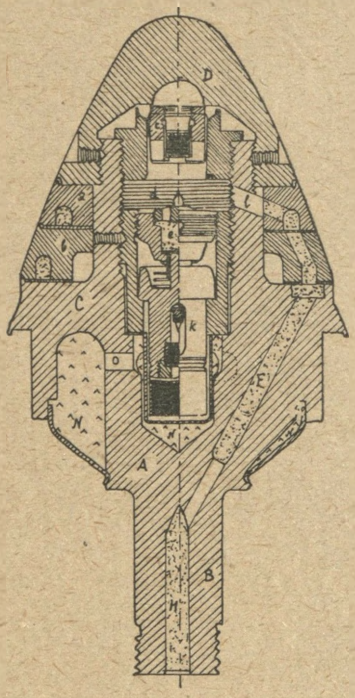


Rys. 276.

ścieniowych, komora prochowa znajduje się w dolnym trzonie, a mechanizm uderzeniowy w obsadzie. Na górny trzon są nałożone dwa pierścienie z masą zapałową a i b. Pierścień górny a — nieruchomy, pierścień dolny b—ruchomy, skalowany; wskaźnik na obsadzie. Pierścienie utrzymują się na trzonie przy pomocy główki zapalnika D. Komorę prochową w dolnym trzonie łączy z pierścieniem b — napełniony prochem kanał w obsadzie.

Przyrząd zapalający składa się ze spłonki umieszczonej w ciężarku *C*, osadzonym zapomocą sprężynowego bezpiecznika w górnej części trzona; w dolnej części trzona znajduje się iglica *d* i niewielka komora prochowa *e*.

Mechanizm uderzeniowy leży częściowo w górnym trzonie, częściowo w obsadzie. Składa się on z masywnego z otworami podłużnemi ciężarka *k*, zawierającego dwie spłonki. Górny występ ciężarka opiera się o cienkie dno komory prochowej przyrządu zapalającego. Na ten występ również jest nałożona sprężyna, W ciężarku, na osi przechodzącej przez otwory, jest zawieszona iglica. Otwór *O* łączy komorę mechanizmu uderzeniowego z detonatorem *N*, umieszczonym w zagłębieniu obsady i zewnątrz ciężarka.



Rys. 277.

Przy strzale (przy nastawie na „rozprysk“) ciężarek przyrządu zalającego spłaszcza bezpiecznik sprężynowy i uderza spłonką o iglicę. Płomień przez otwory koło iglicy udziela się komorze prochowej *e*; proch paląc się zapala przez otwór w trzonie masę zapałową w pierścieniu górnym. Płomień przechodzi przez masę zapałową górnego pierścienia, potem dolnego, poczem przez kanał *F*—do komory prochowej *H*.

Na rysunku jest wskazane położenie pierścieni przy nastawie „na kartacz“.

Jak wiadomo, po rozprysku szrapnela w powietrzu część przednia z zapalnikiem (granat) jest rzucona naprzód i przy uderzeniu o przeszkodę—ciężarek *k*, rzucony gwałtownie naprzód przełamuje dno komory prochowej *e* i uderza spłonką o iglicę, wywołując detonację granatu.

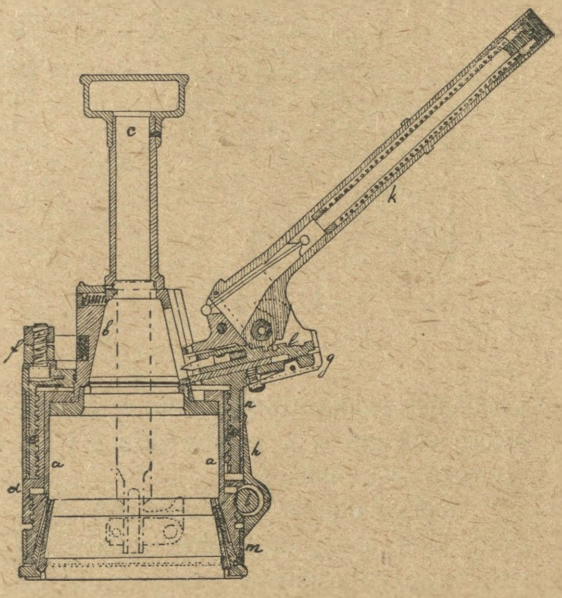
W innych zapalnikach typu pierścieniowego urządzenie jest analogiczne, niema tylko detonatora.

182. Nastawnica. Do mechanicznego nastawienia zapalników czasowych służą specjalne przyrządy, zwane nastawnicami.

Nastawnica, w ścisłem tego słowa znaczeniu jako przyrząd, jest używana tylko w artylerji francuskiej. Inne artylerje używają kluczy do nastawiania zapalników.

Nastawnica systemu Rimailho (Rys. 278) jest pierwszym, typem nastawnicy francuskiej; — nastawnica 75-ki (Rys. 279) jest urządzona na tych samych podstawach.

Nastawnica Rimailcho składa się: z gniazda ostrołukowego *a*, z gniazda do zapalnika *b*, z rękojeścią *c*, osadzonego na gnieździe ostrołukowem, z naśrubnicy poprawiacza *d*, naśrubowanej na gwinty gniazda ostrołukowego; naśrubnica posiada na zewnętrznej stronie gwinty, dla naśrubowania naśrubnicy zewnętrznej *e* z hamownikiem *f* z jednej strony i obsadą dźwigni *g* z drugiej. W dolnej części naśrubnicy poprawiacza znajduje się wskazówka *h* poprawiacza i ślimak *i*, zapomocą którego można zmieniać położenie naśrubnicy w stosunku do gniazda ostrołukowego.



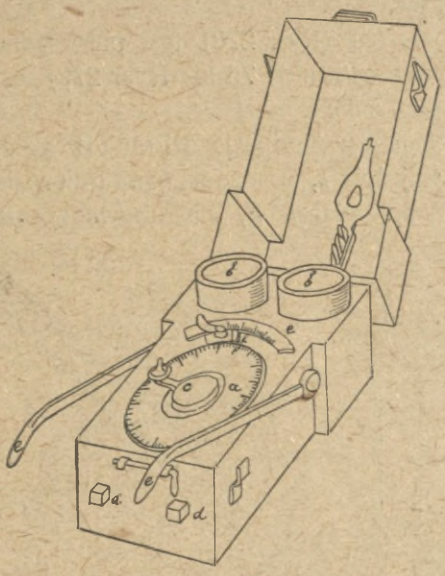
Rys. 278.

Hamownik służy do unieruchomienia naśrubnicy zewnętrznej na naśrubnicy poprawiacza. W obsadę dźwigni wstawia się dźwignię *k* z naciągiem; dźwignia porusza umieszczony na obsadzie suwak *l* z ostrzem.

Do naśrubnicy zewnętrznej jest przytwierdzony pierścień *m*, z podziałką w sekundach od 0 do 40, wskazujący dane do odtykania. Do gniazda ostrołukowego jest przytwierdzony pierścień *n* z podziałką od 0 do 80 w dziesiątych sekundy. Liczba 20 podziałki poprawiacza odpowiada teoretycznie wysokości rozprysku zero.

Celem odtykania nastawia się przy pomocy ślimaka podziałkę pierścienia poprawiacza na wskazaną liczbę, poczem uwalnia się hamownik i obraca zapomocą dźwigni naśrubnicę zewnętrzną do chwili, gdy żądana liczba podziałki znajdzie się naprzeciw wskaź-

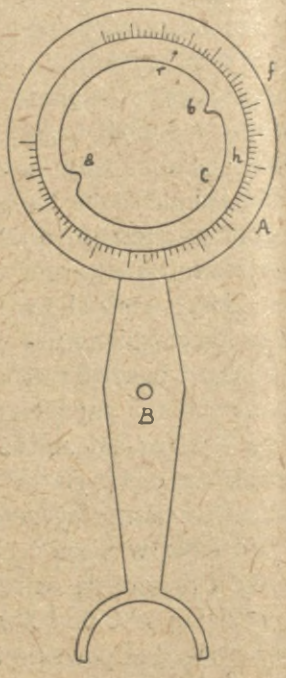
nika; następnie zaśrubowuje się hamownik, nakłada nastawnicę na pocisk i odtyka zapalnik (przebija), naciskając na dźwignię.



Rys. 279.

Mechanizm wewnętrzny nastawnicy 76-ki jest urządzony podobnie do mechanizmu nastawnicy Rimailho, tylko umieszczony jest w czworokątnej skrzynce metalowej z wiekiem.

Mechanizm zewnętrzny składa się z kręgu *a* z podziałką odległości pojedynczą od 50 do 6900 metrów, w nowych wzorach podwójną do 8000 m. — z dwóch gniazd ostrołukowych *b*, *b*, korby *c*, służącej do nastawiania nastawnicy, dwóch obsad *d*, *d* noży, dwóch dźwigni *e*, *e*, poprawiacza *d* i ruchomego wskaźnika *f*.



Rys. 280.

Wprawiając w ruch rękojeść; obracamy krąg, a zapomocą mechanizmu wewnętrznego obracamy jednocześnie gniazda ostrołukowe.

Mechanizm jest urządzony tak, że z nastawieniem odpowiedniej odległości na kręgu ostrze w gnieździe ostrołukowem znajdzie się na wysokości odpowiedniego wgłębienia na czepcu zapalnika.

Poprawiacz składa się z łuku z podziałką od 0 do 40. Liczba 20 podziałki poprawiacza odpowiada teoretycznie wysokości rozprysku zero.

Niemiecki klucz do nastawienia (Rys. 280) składa się z pierścienia *A* z rękojeścią *B* i występem *t*. Na pierścieniu jest podziałka, odpowiadająca podziałce zapalnika typu pierścieniowego.

Wewnątrz pierścienia *A* jest umieszczony ruchomy pierścień *C* ze wskaźnikiem *R* i dwoma występami *a* i *b*—przeznaczonemi do wstawiania w odpowiednie wgłębienia na pierścieniu ruchomym zapalnika.

Jeśli wskaźnik *r* jest nastawiony na zero podziałki pierścienia *A*, to przy nałożeniu klucza na zapalnik występ *t* zaczepi o brodawkę na nieruchomym pierścieniu zapalnika, przez co obrócenie klucza nie jest możliwe i zapalnika nie można nastawić.

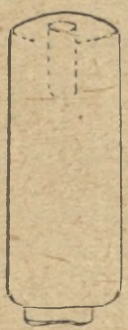
Jeśli zaś wskaźnik *r* jest nastawiony na podziałkę *h*, to po nałożeniu na zapalnik klucza, występ *t* będzie oddalony od brodawki na zapalniku na odległość od zera do podziałki *h*; przez obrót klucza aż do oparcia występu o brodawkę obróci się również pierścień ruchomy zapalnika i tem samem zapalnik będzie nastawiony na odległość *D*.

ROZDZIAŁ VII.

Ładunki. — Spłonki.

183. Ładunki workowe *). Ładunek prochu może być zawarty w worku z wyczesów jedwabnych (amiantyny) lub w łusce metalowej. W nabojach jednostkowych łuska jest połączona z pociskiem w jedną całość.

Ładunek workowy (Rys. 281) składa się z worka z amiantyny, w którym na dnie jest przyszyty specjalny woreczek z rozpalaczem (podsypką) z prochu czarnego. Wewnątrz worka pęczkami lub w pojedyńczych woreczkach umieszcza się proch. Ciężar każdego pęczka lub woreczka jest dokładnie określony. Worek jest zawiązany sznurkiem jedwabnym. Zależnie od kalibru ładunek danego działa może składać się z 2—4 oddzielnych worków jednakowej wagi.



Rys. 281.

Jedwabiu używa się do ładunków ze względu na to, że nie wydaje po spaleniu tlejących się resztek.

Dla przyćmienia błysku strzału podczas strzelania nocnego dodaje się do ładunków około 30 gramów soli potasowejw woreczku z amiantyny. Wkłada się ją albo bezpośrednio przed strzelaniem albo już w fabryce. Należy wystrzegać się strzelania z przyćmiewaczem w dzień, ponieważ daje dużo dymu; pozatem wogóle przyćmiewacz zanieczyszcza przewód lufy.

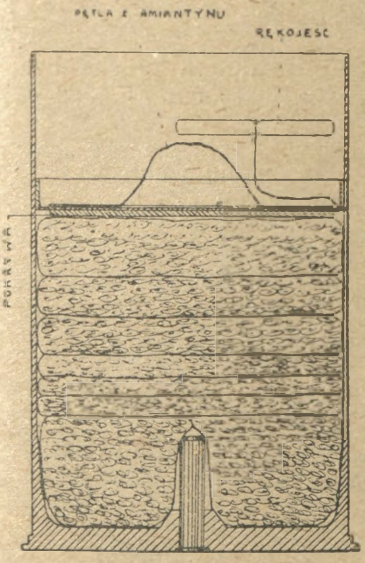
184. Ładunki w łusce.—Naboje. Łuska ma tę dogodność, że łączy w sobie ładunek, spłonkę i uszczelniacz. Ujemną jej stroną jest znaczny martwy ciężar, potrzeba wyrzutnika i niedostateczne zabezpieczenie prochu przy przechowaniu. Ładunek umieszcza się w łusce (Rys. 282) pęczkami lub w woreczkach, tak jak w worku. Rozpalącz jest zwykle połączony w jedną całość ze spłonką i wśrubowany w specjalne łożysko w dnie łuski.

*) O składzie ładunków p. Cz. I. art. 145.

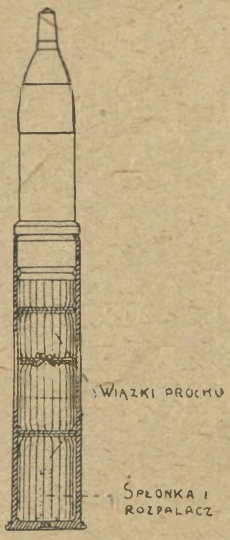
Do wytwarzania łusek używa się mosiądzu lub stali. Ze względu na większą ciągliwość mosiądzu jest on dogodniejszy niż stal, którą trudno przechowywać, ponieważ ulega łatwo wpływom atmosferycznym (rdzewienie).

Łącząc łuskę z ładunkiem w jedną całość z pociskiem tworzymy *nabój*. (Rys. 283).

Ułożenie prochu w łusce odpowiada ułożeniu prochu w worku, z tą tylko różnicą, że poszczególne pęczki prochu są umieszczane wprost w łusce. Wnętrze łuski lakieruje się celem zabezpieczenia metalu od chemicznego działania prochu.



Rys. 282.



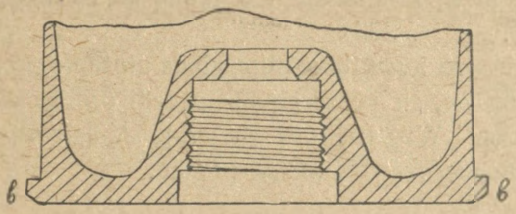
Rys. 283.

Między łuską zwykłą a nabojową zachodzi różnica kształtu. Łuska zwykła jest stożkowa, łuska nabojowa jest w głównej swojej części stożkowa, w przedniej odpowiada kształtowi komory prochowej i kończy się cylindryczną szyjką, przeznaczoną do wstawienia w nią pocisku.

Dno łuski (Rys. 284) posiada kryzę, o którą zaczepia wyrzutnik. W dnie łuski specjalny otwór służy do umieszczenia spłonki. W tym celu dno łuski w średniej swojej części tworzy wypukłość *a*, wewnątrz której jest nagwintowany otwór, w który wśrubowana jest spłonka.

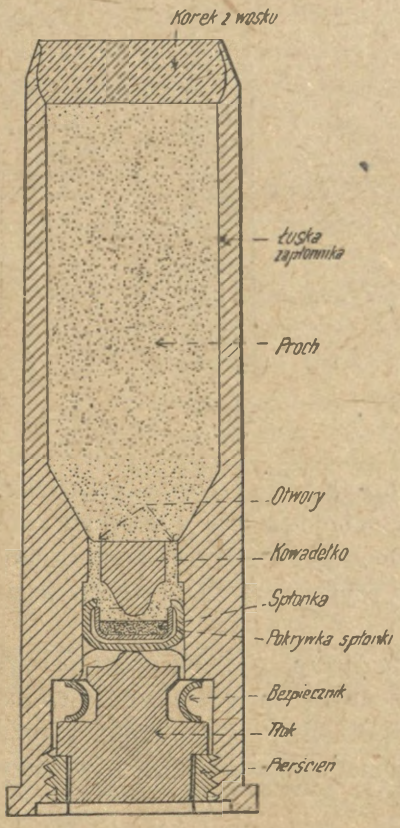
Występy *bb* — kryza łuski.

Wytwarzanie łusek przedstawia się następująco. Z grubych arkuszy mosiądzu wycięte krążki przechodzą przez szereg matryc, przekształcając się stopniowo w łuski potrzebnej długości i kształtu. Mosiądz powiększa swoją sprężystość.



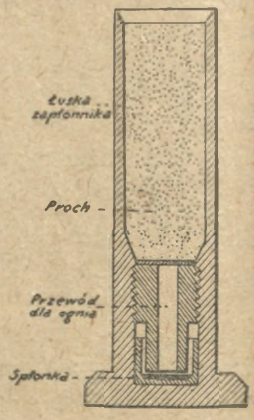
Rys. 284.

185. Zapłonnik. Do zapalenia ładunku prochu bezdymnego używa się spłonki z rozpalaczem z prochu czarnego, połączonych w zapłonnik.



Rys. 285.

Zapłonnik składa się (Rys. 285) z łuski, przedzielonej kowadełkiem na dwie części. W dolnej części znajduje się masywny tłok z ostrzem, unieruchomiony przez bezpiecznik (pierścień z cienkiej blachy). Ostrze tłoka przylega do pokrywki spłonki, która leży tuż pod kowadełkiem. Naokoło kowadełka jest kilka otworów, służących do udzielenia płomieni rozpalaczowi.



Rys. 286.

W górnej części łuski znajduje się proch czarny i w otworach łącznikowych aż do spłonki. Przy uderzeniu iglicy w tłok, ten ostatni, zgniatając pierścień zabezpieczający, popycha pokrywkę spłonki razem ze spłonką na kowadełko; spłonka uderzając w kowadełko wybucha i zapala proch, który przez otwory łącznikowe udziela się rozpalaczowi, ten wysadza korek z wosku, umieszczony celem zabezpieczenia prochu od wysypania się, i zapala ładunek.

Inny typ zapłonników (Rys. 286) składa się z łuski, wśrubowanego wewnątrz kowadełka z otworem łącznikowym i spłonki. Przy uderzeniu iglicy w dno łuski spłonka uderza o kowadełko, płomień przez otwór łącznikowy udziela się rozpalaczowi, a ten zapala ładunek prochu.

186. Rurki zapłonnikowe. W działach starego typu do zapalenia ładunku były używane rurki zapłonnikowe, działanie których polegało na zapaleniu specjalnej masy zapalnej, umieszczonej wewnątrz rurki przy pomocy nazębionego drutu, wyciąganego z rurki.

Obecnie w działach wielkich kalibrów są w użyciu rurki zapłonnikowe elektryczne, składające się z rurki metalowej, napełnionej prochem i zapalnika, złożonego z dwóch miedzianych, izolowanych drutów, połączonych cienkim drucikiem platynowym. Drucik platynowy owinięty jest bawełną strzelniczą i obsypany pudrem prochowym. Przy przepuszczaniu prądu drucik platynowy rozpala się do czerwoności, zapala bewełnę i puder, płomień zaś udziela się prochowi.

ROZDZIAŁ VIII.

Skuteczność pocisków artyleryjskich:

187. Skuteczność pocisków. Strzelanie jest celem nauki artyleryjskiej. Strzelanie, które odpowiada dokładnie i szybko postawionym zadaniom, nazywa się skutecznem.

Rozpatrując całokształt skuteczności strzelania, widzimy, że rozpada się ono na poszczególne elementy, zależnie od: a) własności broni, b) umiejętności strzelania, c) wypadkowych przyczyn i d) niszczących własności pocisków.

Punkty a, b i c już były ujęte i rozpatrzone w części pierwszej „Nauki Artylerji". Pozostaje teraz tylko rozpatrzenie skuteczności zależnie od niszczących własności pocisków.

Skutecznością pocisku nazywamy to zniszczenie, które może wykonać dany pocisk.

Pocisk może burzyć lub razić cel już to bezpośrednio przez uderzenia (pociski przeciwpancerne), już to przez działanie gazami swego ładunku wybuchowego (pociski kruszące), już to przez uderzenie odłamków pocisku (pociski rozpryskowe).

Ponieważ w działaniu pocisku możemy odróżnić trzy rodzaje: t. j. uderzenie, działanie gazów i działanie odłamków, przeto w dalszym wykładzie będziemy rozpatrywali skuteczność pocisku tylko ze względu na te działania.

188. Działanie uderzeniowe pocisków. Zjawisko uderzenia polega na gwałtownej zmianie szybkości zderzających się ciał. Pocisk artyleryjski, trafiając w cel, albo przenika cel na pewną głębokość i zatrzymuje się, albo przebijając cel, leci dalej ze zmniejszoną szybkością; w obu wypadkach pocisk oddaje całą lub część swej żywej siły. Faktycznie, żywa siła zużywa się na udzielenie ruchu cząsteczkom celu i cząsteczkom pocisku i, jeśli w miejscach najbliższych punktu uderzenia ruch cząsteczek przekroczy granicę dopuszczalną przez związanie cząsteczek ciała między sobą, zachodzi zjawisko zniszczenia celu. Oprócz tej strefy znisz-

czenia, którą warunkują własności materjałów celu, zachodzi jeszcze naruszenie łączności między cząsteczkami materjału celu, czy t. zw. przestrzeń „strefy wstrząśnienia“, przyczem samo przez się wynika, że im mocniejszy materjał celu, tem więcej należy stracić żywej siły, tak dla zniszczenia przeszkody, jak i dla zwiększenia strefy wstrząśnienia.

Za miarę skuteczności działania uderzeniowego przyjmuje się głębokość przenikania, t. j. głębokość leja utworzonego w przeszkodzie przez pocisk, lub w niektórych wypadkach objętość leja.

Przenikanie pocisku zależy od: a) kąta padania, b) szybkości końcowej, c) kształtu i wagi pocisku, d) szybkości jego ruchu obrotowego i e) rodzaju i charakteru ciała w które pocisk uderza. Z tych wszystkich przyczyn największą rolę odgrywa kąt padania. Zależnie od kąta padania możemy otrzymać różny skutek przy tym samym pocisku i tej samej szybkości końcowej.

Doświadczenie wykazało, że:

a) przy kącie padania do 15° pocisk odskakuje od powierzchni ziemi i wybucha w odległości od 5 do 15 metrów i na wysokości od 2 do 10 metrów od punktu uderzenia;

b) przy kącie padania od 15° do 25° pocisk, zależnie od swojej szybkości końcowej, zagłębia się w ziemię i przebiega pod powierzchnią ziemi w kierunku poziomym do 1,5 metra, poczem wychodzi na powierzchnię i wybucha, jak w wypadku poprzednim, lub pod ziemią.

c) przy kącie padania od 25° do 40° pocisk zagłębia się w ziemię, dążąc wogóle do wyjścia na powierzchnię, i

d) przy kącie zaś padania powyżej 40° pocisk zagłębia się prostolinijnie w ziemię. Wielkość zagłębienia zależy od szybkości końcowej, ciężaru pocisku, kształtu pocisku i stanu gruntu.

Doświadczenia francuskie przeprowadzone nad zagłębieniem pocisku w ziemię dały następujące rezultaty w terenie wapiennym, pokrytym 6-cio centymetrową warstwą ziemi gliniastej *).

Tabelka poniższa wykazuje, że z powiększeniem kalibru wzrasta głębokość przenikania, ponieważ pociski cięższe mniej tracą na szybkości, t. j. pociski posiadające większą żywą siłę przenikają głębiej.

---

*) Aide-memoire d'artillerie.

Na przenikanie pocisków, zależne w znacznej mierze od kąta padania, wpływa również znacznie własność materjału celu.

Kaliber	Szybkość końcowa metr.	Kąt padania	Zagłębienie przeciętne pod powierz. ziemi metr.	Przebieg poziomy przeciętny metr.
75	120	25°	1,0	1,5
155	260	30°	1,6	2,5
220	225	42°	2,0	4,0
280	350	38°	3,4	4,5
	350	65°	4,5	3,8
370	250	35°	4,5	6,5
	280	50°	3,0	5,0
	290	65°	6,0	2,5

189. Kruszące działanie pocisków. Kruszące działanie pocisków zależy od wielkości ładunku wybuchowego zawartego w pocisku, od natury i rodzaju przeszkody, w którą pocisk uderza. Dla pewnego materjału wybuchowego działanie kruszące jest proporcjonalne do ładunku pocisku. Kształt lejów, które tworzą pociski w ziemi, zbliża się do stożkowego, przyczem średnica zewnętrzna leja prawie równa się potrójnej głębokości leja. Leje w betonie nie są głębokie, lecz szerokie, z zewnętrzną średnicą, równą prawie pięciokrotnej głębokości. W kamieniu leje są mniej więcej 2 razy większe niż w betonie. Obliczenia wymiarów lejów pocisków nie można ująć w jakikolwiek wzór—ocenia się je tylko na podstawie doświadczeń.

Przy wybuchu na powierzchni fala gazowa zmiata wszystko, co znajduje się około miejsca wybuchu.

Przy wybuchu w ziemi lub w przeszkodzie gazy wyrzucają masy ziemi lub materjału, z którego jest zrobiona przeszkoda. Gaz sam wogóle nie wyrzuciłby tyle ziemi, jeśliby uderzenie pocisku nie naruszyło związku cząsteczek i nie umożliwiło przez to gazom przeniknięcia między cząsteczkami i wyrzucenia całej masy tychże na zewnątrz.

Stosując zapalniki natychmiastowe, bez zwłoki lub ze zwłoką, można osiągać to lub inne zagłębienie pocisku.

Wybuch na głębokości do 2 długości pocisków można osiągnąć, stosując zapalniki bez zwłoki, bez względu na kąty padania, używając zaś zapalników ze zwłoką — tylko przy kątach padania do 25°, jeśli nie będzie odskoku.

Wybuch na małej głębokości daje lej stożkowy ze średnicą trzy razy większą od głębokości leja. W leju pozostają zwykle szczątki i obsypana ziemia tak, że pozornie wydaje się mniejszym.

Tabelka wskazuje na wymiary lejów, otrzymane w terenie twardym (Aide mem. d'art.).

Pocisk	Średnica leja	Głębokość leja	Objętość leja
Wydłużony 120	2,5 m.	0,9 m.	2,6 m.³
„ 155	3,5 „	1,1 „	6,0 „
„ 220	4,5 „	1,4 „	13,3 „
„ 370	6,0 „	2,2 „	36,0 „

Wybuch na głębokości od 3 do 4 długości pocisków można osiągnąć przy zapalnikach ze zwłoką i przy kątach padania większych od 25°. Lej przy wybuchu zasypuje się częściowo tak, że objętość leja zmniejsza się znacznie. Przy znacznem zagłębieniu pocisku w ziemię, co zachodzi przy kątach padania około 40°, gazy, nie mając siły wyrzucić całej warstwy ziemi znajdującej się ponad punktem wybuchu, gwałtownie cisną na otaczającą ziemię, tworząc podziemną kulistą przestrzeń o średnicy 1 — 2 metrów. Taki wybuch pocisku nazywa się kamuflletem (miną głuchą).

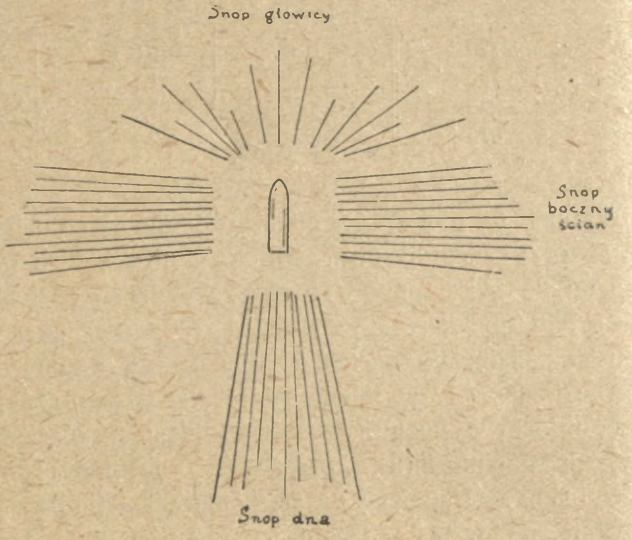
Wybuchy te są nadzwyczaj niebezpieczne dla wszelkich schronów, ponieważ gazy, rozszerzając się gwałtownie, cisną na ściany i mogą wywołać wygięcie i zniszczenie ścian, ewentualnie zgniecenie schronu.

Przeciętna głębokość, na której może być kamuflet wynosi: dla 155 mm. pocisków 3 metry, 220 mm.—4,5 metra, 270 mm.—300 metrów i 370 mm. — 10 metrów.

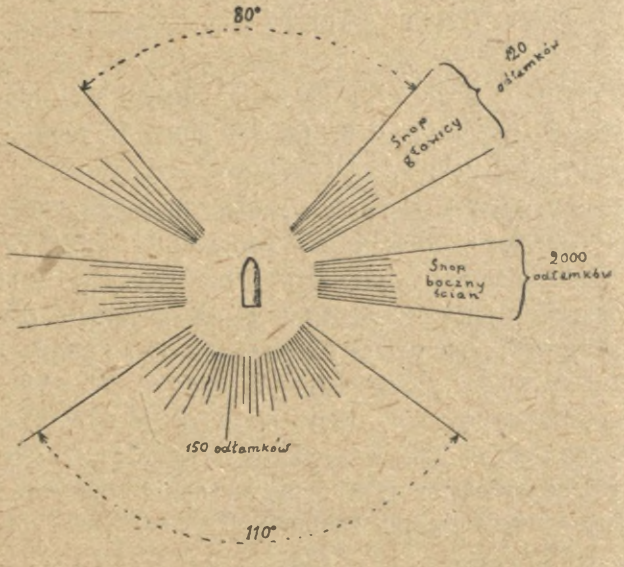
Gazy tworzące się przy wybuchu przenikają przez szczeliny, powstałe w ziemi, do schronów i powodują śmierć przez zatrucie przy niedostatecznej wentylacji. Przy wybuchu w zamkniętem pomieszczeniu gazy gwałtownie cisną na ściany, przewracają je lub gwałtownie przerywają się przez przejścia i korytarze i niszczą wszelkie spotykane przeszkody. W każdym razie przy wybuchu gazy—oprócz wyrzucenia masy resztek do góry—zawsze wywołują gwałtowne ciśnienie na wszystkie strony od punktu wybuchu pocisku, niebezpiecznem jest to dla wszelkich budowli i schronów, zwłaszcza niedostatecznie zagłębionych.

190. Rozpryskowe działanie pocisków. Rozpryskowe działanie może być osiągnięte przez granat z zapalnikiem czasowym lub przez specjalny pocisk rozpryskowy — szrapnel.

a) *Granat na rozprysk.* Granat przy wybuchu w powietrzu tworzy trzy snopy odłamków, które układają się różnie, zależnie od konstrukcji i materjału pocisku. Na rys. 287 jest przedstawiony rozprysk granatu stalowo-surowkowego, na rys. 288 granatu stalowego.



Rys. 287.

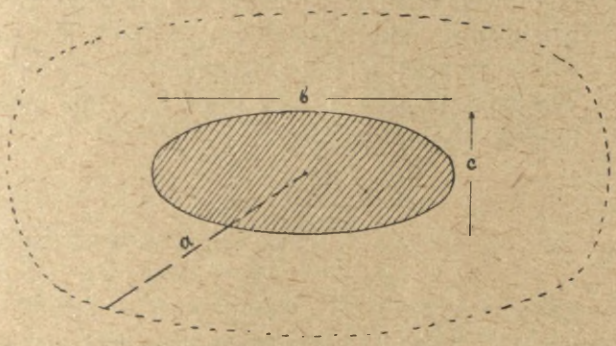


Rys. 288.

W jednym i drugim wypadku wyraźnie odcinają się trzy snopy odłamków:

a) snop głowicy rzucony naprzód,
b) snop ścian rzucony prostopadle do ścian pocisku,
c) snop dna rzucony wtył.

Odłamki są rzucone z szybkością od 1000 do 2500 m/sek.— promień rozsiewu zależny od wielkości odłamków i wielkości ładunku wybuchowego.



Rys. 229.

Granat na rozprysk przy wybuchu w powietrzu daje ślad odłamków na ziemi, jak na rys. 289.

W tabelce jest wskazany wymiar wielkości a, b, c, dla pocisków stalowych.

Pocisk	Strefy skutecznego rażenia		Promień działania większych odłamków
	wszerz	wzdłuż	
	c metr.	*b* metr.	*a* metr.
75 mm.	5	15	150
105 „	6	45	300
120 „	8	50	300
155 „	8	70	500

Skuteczność rażenia granatu na rozprysk zależy znacznie od wysokości rozprysku. Odchylenie w stronę zwiększenia wysokości znacznie obniżają skuteczność, przy wysokości 80 metrów ponad celem skuteczność jest już prawie żadna.

Analogiczne działanie do działania granatów na rozprysk posiadają granaty, wystrzelone na odskok. Również i układ snopów odłamków jest zupełnie jednakowy.

b) *Szrapnel.* Działanie rozpryskowe szrapnela polega na działaniu lotek, umieszczonych wewnątrz pocisku.

Przed rozpryskiem szrapnela każda jego część posiada jednocześnie postępową v i obrotową ω szybkości. W momencie rozprysku każdy odłamek lub lotka posiada (Rys. 290):

1) szybkość postępową v, równą szybkości postępowej pocisku w momencie rozprysku;
2) odśrodkową szybkość ω — równą iloczynowi z ilości obrotów pocisku w jednej sekundzie przez wielkość obwodu koła, które przebywa lotka przy jednym, całkowitym obrocie; ω jest maksimum na zewnętrznej powierzchni pocisku i leży w płaszczyźnie prostopadłej do powierzchni pocisku

$$\omega = \frac{V}{\left(\frac{2\pi K}{tg\,\Theta}\right)} 2\pi r, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (105)$$

gdzie V — szybkość wylotowa, K — kaliber, Θ — kąt pochylenia gwintów względem tworzącej przewodu lufy i r — odległość lotki od osi pocisku.

3) dodatkową szybkość v_1, dołączającą się do szybkości postępowej i powstałą przez wybuch ładunku szrapnela; i wreszcie
4) składową a szybkości, otrzymanej przez wybuch ładunku szrapnela—siła ta leży w płaszczyźnie prostopadłej do osi pocisku i jest skierowana wzdłuż jego promienia.

Wszystkie te siły dają szybkość wypadkową W, którą będą posiadały lotki w momencie rozprysku, oddalając się od toru pocisku.

Wszystkie odłamki i lotki tworzą stożek, stopniowo rozchodzący się, a ponieważ pocisk jest ciałem symetrycznem, więc w rzeczywistości otrzymujemy symetryczny stożek rozsiewu lotek.

Rozwarcie stożka rozprysku lotek α określa się przez tory najbardziej odchylonych lotek (leżących najbliżej wewnętrznej strony czerepu) znaleźć go można podług wzoru:

$$tg\,\frac{\alpha}{2} = \frac{\sqrt{a^2 + \omega^2}}{v + v_1} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (106)$$

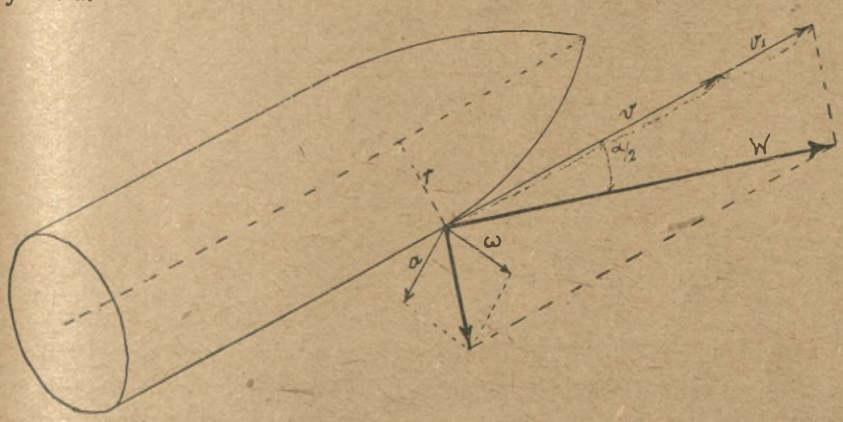
Celem najdogodniejszego rażenia celu należy wybrać należyty odstęp rozprysku (t. j. poziomą odległość od punktu rozprysku do celu) i odpowiedni kierunek średniego toru. Nadto przy budo-

wie szrapnela należy dążyć do tego, by skuteczność jego nie zależała zbytnio od zmiany odstępu rozprysku.

Można to osiągnać przez zwiększenie ilości lotek w szrapnelu, zmniejszenie kąta rozwarcia stożka rozprysku i zwiększenie energji lotek.

Przy zwiększeniu ilości lotek należy mieć na względzie, że żywa siła każdej pojedynczej lotki powinna wynosić nie mniej jak 8 kilogramometrów, a więc im lotka będzie lżejsza, tem większą powinna być ich szybkość w momencie uderzenia, np. przy ciężarze lotki 12 gramów szybkość przy uderzeniu powinna wynieść najmniej 190 metrów.

W doświadczeniach przyjmuje się, że działanie lotek jest dostateczne, jeśli lotka przebija sosnową deskę grubości 2,5 centymetra.



Rys. 290.

Zmniejszenie rozwartości stożka rozprysku osiąga się przez zastosowanie możliwie najmniejszego pochylenia gwintów w przewodzie lufy, przez umieszczenie ładunku wybuchowego w dennej części pocisku, słabe przymocowanie głowicy i ścisłe ułożenie lotek w szrapnelu.

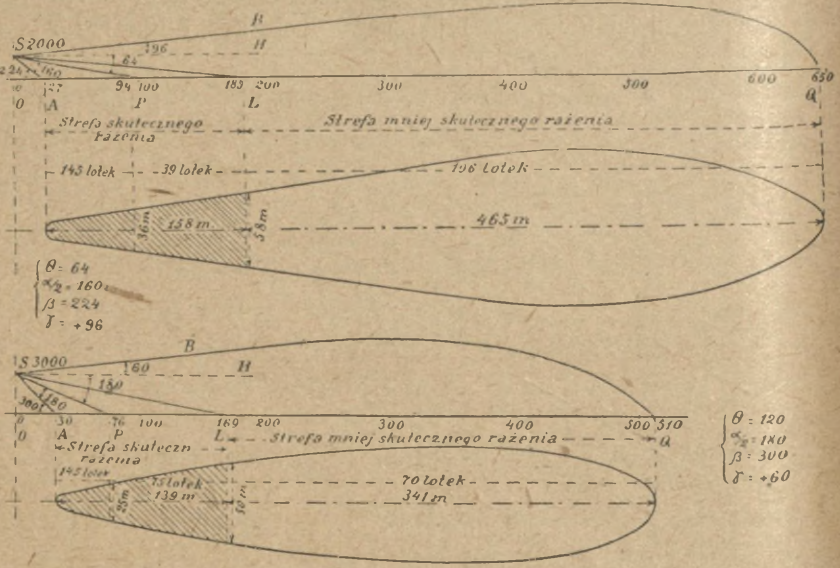
Celem zwiększenia energji lotek dąży się do zwiększenia ich poprzecznego obciążenia; im większy kaliber, tem wymiary lotek powinny być większe.

Najskuteczniejsze rażenie celu serją lotek będzie wówczas, gdy średni tor przejdzie przez podstawę celu a średni odstęp rozprysku będzie się jak najmniej różnił od „należytego“. Skuteczność szrapnela przy uderzeniu o ziemię jest żadna; jeśli zaś szrapnel przy uderzeniu odskoczył, to rozpryskuje się podobnie

jak granat wystrzelony „na odskok“, przyczem skuteczność jego jest dostateczną na przestrzeni do 200 metrów od punktu padania.

Stożek lotek daje na ziemi wyraźny ślad rozsiewu lotek. Ślad ten można podzielić na dwie, wyraźnie odcinające się strefy: strefę rażenia skutecznego, w której lotki padają gęsto z szybkością większą od 180 m/sek., i strefę rażenia mniej skutecznego, w której lotki przez utratę swej szybkości mogą tylko wywołać mniejsze lub większe obrażenia, trafiając cele żywe.

Na rys. 291 *) są uwidocznione ślady stożka lotek szrapnela francuskiego syst. Robin'a na odległościach 2, 3, 4 i 5 tysięcy metrów.



Rys. 291a.

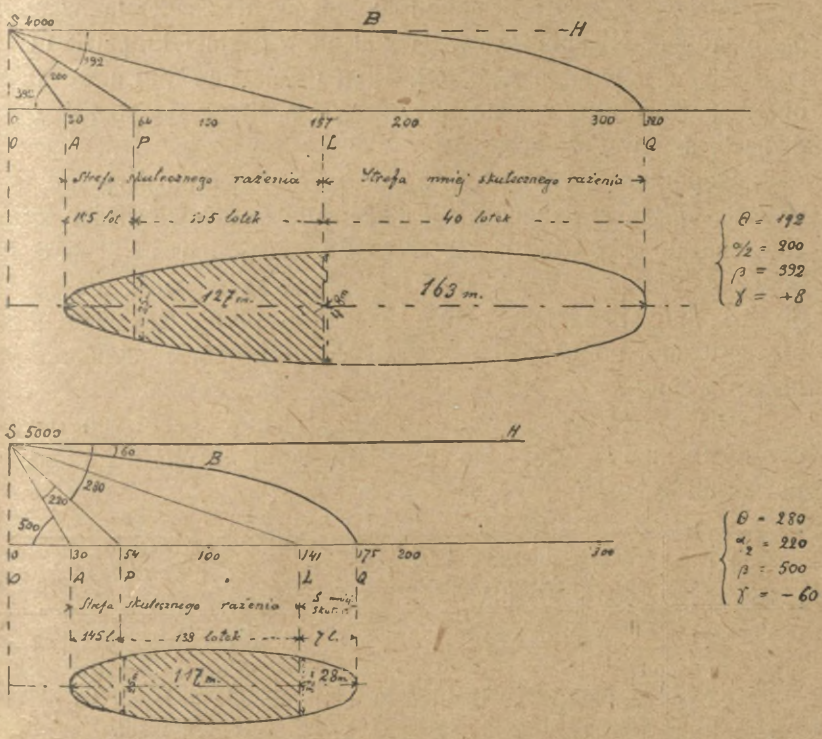
Na rysunku tym S oznacza punkt rozprysku, SP—styczną do toru w punkcie rozprysku, P—punkt upadku, SB — górną tworzącą stożka lotek, SA—dolną tworzącą stożka lotek, A—punkt padania dolnej lotki i Q — punkt padania najdalszej lotki.

Kąty są podane w tysiącznych, przyczem O — oznacza kąt padania szrapnela, $\frac{\alpha}{2}$ — połowę zawartości stożka rozprysku, β — kąt padania najbliższej, skutecznej lotki, γ — kąt pomiędzy górną tworzącą stożka lotek a poziomem.

*) Z „Ecole du commandant de batterie de 75“.

Z rysunków powyższych widzimy, że ze zwiększeniem odległości zmniejsza się głębokość i szerokość śladu stożka lotek i strefy skutecznego rażenia i że ze zmniejszeniem strefy skutecznego rażenia zwiększa się w niej ilość lotek.

191. Skuteczność pocisków gazowych *). Skuteczność pocisków gazowych waha się zależnie od istoty „gazu“ zawartego w nich. Pociski trujące zawierają w sobie płyny szybko parujące,



Rys. 291b.

tworzące w chwili wybuchu pocisku obłok trujący śmiertelnie, który jednak traci swoją skuteczność rozpraszając się w powietrzu. Przy nieznacznym wietrze obłok może być przeniesiony, nie traci on swych własności trujących na przestrzeni 50 — 100 metrów zależnie od kalibru.

Wymiary obłoku tworzącego się tuż po wybuchu są: 16 m^3 dla 75 mm., 1000 m^3 dla 155 mm. i 1300 m^3 dla 58 mm, i 150 mm. pocisków okopowych.

---

*) Patrz Cz. I. art. 156 — 160.

Pociski żrące o szybkiem działaniu zawierają w sobie płyny parujące częściowo w chwili wybuchu, częściowo rozpryskiwane siłą wybuchu w kształcie kropelek. Obłok gazu nie jest śmiertelny lecz działa na błony śluzowe, na drogi oddechowe i wywołuje obrażenia skóry. Kropelki, parując powoli, czasami do 15 dni podtrzymują skuteczność zatrucia danej przestrzeni.

Wymiary powierzchni zatrutej są: 5 m^2 dla 75 mm., 10 m^2 dla 105 mm., 50 m^2 dla 155 mm. pocisków.

Pociski żrące o działaniu uporczywem zawierają w sobie płyny, rozpryskiwane w chwili wybuchu w postaci kropelek i unoszące się w powietrzu jako pył. Płyn działa na skórę nawet przez ubrania, wywołując ciężkie obrażenia, ukazujące się po kilku godzinach, a nawet dniach.

Odporność tych płynów na warunki atmosferyczne jest znaczna—płyn, parując powoli, zachowuje swoje własności śmiercionośne do 8 i więcej dni w czasie suchym, i do 2 — 3 dni podczas deszczu. W miejscach zakrytych skuteczność nie zanika do 15 dni. Przestrzeń, którą pokrywa płyn, jest jednakowa z przestrzenią pokrywaną przez pociski z płynem żrącym o szybkiem działaniu.

Dla zillustrowania skuteczności pocisków gazowych przytaczamy rezultaty, osiągnięte przy strzelaniu artylerji francuskiej pociskami gazowemi.

Cel	Ilość pocisków i kaliber na każdą baterję	Rezultat
5 bateryj	400 pocisków 75 mm.	Podczas ataku piechoty baterje nie strzelały.
20—25 bat.	1000 „ 120 i 155 „	Baterje zamilkły na przeciąg 4 godzin.
7 bateryj	1000 „ 155 „	Zamilkły na przec. 2 dni.
	600 „ 120 „	
Fort Douamont	300 „ 75 „	
	1200 „ 155 „	Fort opuszczony.
27 bateryj	500 „ 75 „	7 bat. zam. na przeciąg 4 g.
	250 „ 120 „	13 bat. nie strzelało wcale.
	200 „ 155 „	7 bateryj strzelało.
10 bateryj	500 „ 75 „	7 bat. nie strzelało wcale.
	250 „ 120 „	3 baterje strzelały.
	200 „ 150 „	

DZIAŁ VII.

Utrzymanie sprzętu artyleryjskiego i amunicji *).

ROZDZIAŁ I.

Utrzymanie sprzętu.

192. Znaczenie utrzymania sprzętu. Obowiązkiem każdego artylerzysty jest utrzymanie w należytym stanie sprzętu, zwłaszcza dział. Wojna spółczesna wymaga od dział takiej wydajności pracy, że bez troskliwego utrzymania działo w krótkim czasie będzie zniszczone. Regularne utrzymanie przedłuża czas służby działa.

Zamiana dział podczas wojny jest wielkim ciężarem dla Państwa, zwłaszcza w tych warunkach, gdy nie posiadano własnych fabryk broni. Sprowadzanie armat z zagranicy obciąża znacznie skarb państwa.

Oprócz znaczenia oszczędnościowego należyte utrzymanie zapewnia dokładność, a więc i skuteczność strzelania.

Utrzymanie i konserwacja sprzętu nie jest rzeczą trudną — każdy artylerzysta może i powinien zawsze w ciągu dnia znaleźć kilka minut, aby móc obejrzeć działo, zwłaszcza podczas przerw w strzelaniu. W ogólnych zarysach otrzymanie sprzętu da się ująć w następujące punkty:

---

*) Dział przedstawia w krótkości zasady i przepisy utrzymania sprzętu artyleryjskiego.

1) Podczas drogi i podczas strzelania unikać wszystkiego co może uszkodzić lub nadwerężyć części działa.
2) Codziennie oglądać działo i we właściwym czasie przeprowadzać zamianę części zużytych.
3) Pamiętać, że czystość jest najważniejszym czynnikiem utrzymania sprzętu.
Większość wypadków z działami zachodzi zawsze podczas złej pogody, kiedy działo najwięcej jest narażone na zanieczyszczenie.
4) Codzienne utrzymanie sprzętu nie wystarcza, należy kolejno, co pewien czas działa rozbierać, dokładnie oglądać, czyścić i smarować.
5) Troszczyć się o posiadanie przepisanego zapasu smarów, oliwy do oporników i części zapasowych.

Każde działo powinno posiadać książeczkę działową, do której działonowy wpisuje codziennie illość strzałów oddanych, ładunek, ilość przebytych kilometrów, uwagi przy oględzinach działa i t. p. Książeczka ta pozwala na podstawie danych w niej zawartych sądzić o służbie działa i przeprowadzać kontrolę utrzymania.

Szczegółowe przepisy, dotyczące utrzymania każdego typu dział są zawarte w odnośnych regulaminach i instrukcjach.

193. Lufa. Przed oględzinami należy starannie wyczyścić i przemyć przewód lufy. Najlepiej przemywać gorącą wodą lub naftą. Po przemyciu wytrzeć przewód lufy suchemi szmatami. Oglądać lufę od ścięcia komorowego i od wylotu, oświetlając ją przy pomocy odbicia światła od odpowiednio nachylonego arkusza białego papieru, umieszczonego od strony przeciwnej tej, z której się patrzy.

Celem dokładniejszych oględzin wnętrza, wprowadzić do przewodu lufy na cienkiej deseczce zapaloną świecę.

Dające się zauważyć uszkodzenia lufy:

a) *Wypalenia* — głębokie rysy z zaokrąglonemi brzegami, grupujące się w sąsiedztwie stożka przejściowego, przy początku i na dnie gwintów. Powstają one od przerywania się gazów prochowych, wskutek niedostatecznego uszczelnienia około pierścienia prowadzącego. Przy ruchu pocisku w przewodzie lufy gazy, przerywając się między ścianą przeciwwiodącą a pierścieniem, powodują wypalenia brózd w pobliżu ściany przeciwwiodącej.

Przyczyny powstawania wypalań nie są dokładnie zbadane, istnieje kilka teoryj, z których żadna jednak nie jest przyjęta całkowicie.

Doświadczenie wykazało, że wypalenie zwiększa się z ciśnieniem, temperaturą, szybkością strzelania i kalibrem, natomiast jest mniejsze w tych punktach przewodu lufy, gdzie pocisk posiada większą szybkość.

Wypalenie pojawia się początkowo w postaci drobnych rys, łączących się w siatkę, która powiększa i pogłębia rysy, idące wzdłuż tworzącej przewodu lufy.

Wypalenie nie jest niebezpiecznem, dopóki rysy nie przejdą w głębokie szczeliny.

Wypalenie wpływa na dokładność strzelania, mianowicie pocisk nie będzie stale dosyłany na miejsce, wobec czego zmienia się ciśnienie i szybkość wylotowa, wzrasta natomiast rozsiew.

Lufy, które dojdą do pewnej granicy wypalenia, powinny być wycofane.

Wypalenie jest nieuniknione, jest to normalne zużycie się przewodu lufy, zapobiec temu nie można, lecz można tylko zmniejszyć szybkość wypalania i zużycia i przez to przedłużyć czas służby lufy.

Środkami zapobiegawczemi będą:

1. Strzelanie, o ile to jest możliwe, zmniejszonemi ładunkami.
2. Zmniejszenie szybkości ognia.
3. Ochładzanie przewodu lufy przez przemywanie jej zimną wodą.
4. Lekkie smarowanie przewodu lufy po każdych kilku strzałach.
5. Smarowanie pierścieni wiodących pociski.

b) *Szczeliny* przedstawiają się w kształcie cienkich linij, równoległych do osi przewodu lufy. Skraje szczelin są ostre i lekko zazębione. Szczeliny nie grupują się, lecz występują przeważnie pojedyńczo i mają znaczną głębokość.

Są one nadzwyczaj niebezpieczne, zachodzą jednak naogół rzadko. Przy długości szczeliny 5 cm. należy lufę wycofać.

Przy ukazaniu się szczeliny należy zwrócić baczną uwagę na jej powiększanie się podczas strzelania.

c) *Rysy* — cienkie linje w przewodzie lufy, uważane często za szczeliny pochodzące zwykle od ziarn piasku. Nie przedsta-

wiają żadnego niebezpieczeństwa, stanowią natomiast widoczny dowód stopnia utrzymania amunicji w baterji.

d) *Zadry i wyrwy w metalu* powstają skutkiem przedwczesnych rozprysków szrapneli w przewodzie lufy lub skutkiem obecności ciał obcych. Spotyka się je we wszystkich częściach przewodu lufy. Nie przedstawiają niebezpieczeństwa, jeśli głębokość ich nie przekracza 3 mm. i jeśli nie przeszkadzają ruchowi pocisku w lufie. Wystające brzegi, zadry lub wyrwy, mogą spowodować wzdęcie lub rozerwanie lufy.

e) *Wgłębienia* występują jedynie w części komorowej przewodu lufy, dzięki obecności ciał obcych, lub wybuchom cząsteczek niespalonego prochu pod ciśnieniem pierścienia wiodącego pocisku. W działach 75 mm. zdarzają się wgłębienia okrągłe, średnicy około 1 cm. (t. zw. „pastilles") — wywołane prawdopodobnie wybuchem niespalonego prochu. Niebezpieczne nie są.

Jedynym środkiem zaradczym przeciwko rysom, zadrom i wgłębieniom jest czystość amunicji i przewodu lufy.

f) *Wzdęcia*, odkształcenia przewodu lufy, przybierają kształty pierścienia; te mogą być mniejsze, widoczne tylko od wewnątrz lub większe — widoczne zewnątrz lufy.

Wzdęcia bywają wywołane przez nadmierne ciśnienie gazów prochowych w przewodzie lufy, przez częściowy wybuch ładunku wewnętrznego pocisku, spowodowany zmniejszeniem szybkości pocisku z powodu zamiedzenia przewodu lufy lub obecności ciał i wreszcie przez wzdęcie samego pocisku przy przedwczesnym rozprysku (szrapnel) lub z powodu niedostatecznej wytrzymałości tegoż.

Wzdęcia są niebezpieczne, ponieważ powodują ukazanie się szczelin, ponowne wzdęcia i rozerwanie lufy.

Środkami zapobiegawczymi przeciw wzdęciu są:

1. Staranne utrzymanie amunicji,
2. Wzbronienie wszelkich manipulacji z ładunkami prochu,
3. Zabronienie przedwczesnego ładowania.

g) *Przesunięcie pierścienia w części wylotowej* nie ma wielkiego znaczenia, jeśli nie przekracza 4—5 mm. i jeśli nie ukazało się nagle. Również wysunięcia rury rdzeniowej, jeśli nie przekroczą pewnej granicy nie są niebezpieczne.

h) *Zamiedzenie* — jest to czerwony osad miedzi, tworzący się przy początku gwintów pod wpływem tarcia pierścienia wiodącego pocisku o ściany przewodu lufy. Przy wylocie tworzy się również osad miedzi czerwonego koloru, nie przedstawiający jednak nic niebezpiecznego.

Zamiedzenie w pierwszym przypadku jest zjawiskiem niebezpiecznem, powodującem uszkodzenie powierzchni gwintów, zwłaszcza ich wyszczerbienie na długości kilku centymetrów od początku gwintów, ponieważ miedź odgrywa tu rolę ciała obcego, wciskającego się w metal. Zamiedzenie powoduje następnie uszkodzenia pierścieni wiodących, oraz większe ścinanie pierścieni, co ułatwia przerywanie się gazów przez szerokie wycięcia w pierścieniu, a więc znaczną stratę szybkości obrotowej czyli mniejszą donośność.

Tworzenie się zamiedzenia przeważnie zależy od stanu stykających się powierzchni, t. j. im mniej jest uszkodzeń w lufie, tem mniej cząsteczek miedzi odrywa się od pierścienia i tem mniejsze jest zamiedzenie.

Cięższe pociski wywołują prędsze zamiedzenie niż lżejsze tego samego kalibru. Zamiedzenie jest szybsze przy większych szybkościach wylotowych. W działach ze stałym skokiem gwintów zamiedzenie tworzy się przy początku gwintów, w dziale ze skokiem postępowym — przy wylocie.

W haubicach i moździerzach z powodu małych szybkości wylotowych zamiedzenie nie tworzy się wcale.

Środkami zapobiegawczymi będą:

1. Strzelanie, o ile to jest możliwe, ładunkami zmniejszonemi,
2. Staranne czyszczenie przewodu lufy po każdem strzelaniu,
3. Częste lekkie smarowanie przewodu lufy (o ile można co 4 strzały).
4. Smarowanie pierścieni wiodących pocisku.

W artylerji francuskiej celem usunięcia zamiedzenia używano stopu (60% cyny i 40% ołowiu) wkładanego do ładunku. Przy odmiedzaniu oddawano na działo 20—40 strzałów z pewną ilością stopu, zależnie od kalibru działa:

75 mm. . . . . 10 gr. na każdy łapunek.
105 „ . . . . . 12 „ „ „ „
120 „ . . . . . 20 „ „ „ „
155 „ . . . . . 50 „ „ „ „

Sposób przeprowadzenia strzelania odmiedzającego:

1) Oddanie w szybkiem tempie 10—12 strzałów bez stopu celem rozgrzania lufy,
2) następnie, oddanie w tem samem tempie strzałów ze stopem.

Podczas strzelania odmiedzającego nie należy smarować przewodu lufy pocisku i pierścienia wiodącego.

Celem zapobieżenia zamiedzeniu wszystkie ładunki powinny posiadać stale pewną ilość stopu, która wynosi dla:

75 mm.	. . . . .	2	gr.	na	każdy ładunek.
105 „	. . . . .	6	„	„	„ „
120 „	. . . . .	10	„	„	„ „
155 „	. . . . .	20	„	„	„ „

Ponadto celem odmiedzania wprowadzono w ostatnich czasach specjalny smar, pastę amoniakalną.

i) *Gazy* nie działają wcale na sprzęt dobrze posmarowany. Przy ataku gazowym należy nałożyć pokrowce na wylot, na zamek i na przyrządy celownicze.

Po ataku przemyć i wyczyścić przewód lufy, poczem nasmarować.

194. Oględziny szczegółowe. Oględziny szczegółowe odbywają się raz do roku, zwykle po strzelaniu ćwiczebnem, przez oficera służby uzbrojenia. Rezultat oględzin wpisuje się do książeczki działowej. Niezależnie od tego dowódca baterji, jeśli uzna za potrzebne, może zażądać szczegółowych oględzin w każdym wypadku. Przed oględzinami działo powinno być starannie wyczyszczone.

Porządek oględzin:

1) Oględziny zewnętrzne lufy.
2) Oględziny przewodu lufy, branie odbitek przy pomocy gutaperki z ważniejszych uszkodzeń.
3) Kalibrowanie przewodu lufy zapomocą pocisku-sprawdzianu, którego kaliber odpowiada najmniejszemu dopuszczalnemu kalibrowi i którego występy określają minimum głębokości gwintów. Pocisk-sprawdzian powinien swobodnie przejść przez przewód lufy.
4) Mierzenie średnicy przewodu lufy zapomocą gwiazdy.

Oprócz oględzin lufy przeprowadza się również szczegółowe oględziny zamka, łoża i przyrządów celowniczych.

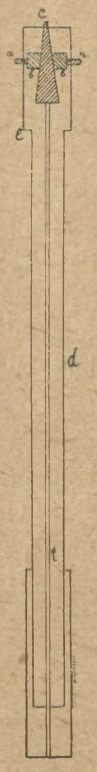
195. Gwiazda. — Odbitki. Istota urządzenia gwiazdy polega na przystosowaniu do ścian przewodu lufy zapomocą klina lub pochylni dwóch ruchomych ostrz *a a* (Rys. 292), których rozstawienie jest proporcjonalne do zagłębienia klina *c* przy poszukiwaniu styczności między ostrzami a ścianami przewodu lufy.

Ostrza ruchome *a a* wśrubowuje się w ruchome korki *b b*, te ostatnie ślizgają się w wyżłobieniach cylindrycznych głowicy gwiazdy *e* i są rozdzielone przez kiin *c*, o który opierają się swemi podstawami. Głowica posiada drzewce *d*, klin-pręt *t*, na końcu którego jest przymocowana pochwa z podziałką. Wsuwając lub wysuwając pochwę, działa się na klin i odczytuje się na podziałce naprzeciw wskaźnika na drzewcu głowicy odległość przesunięcia klina.

Pod kątem prostym do korków *b b* są umieszczone dwa nieruchome bolce, które służą do utrzymania osi gwiazdy w kierunku osi przewodu lufy.

Zapomocą gwiazdy nie określa się średnicy przewodu lufy, lecz tę tylko różnicę, która istnieje w danym punkcie między średnicą rzeczywistą a podaną w tabelach wymiarów.

Do zbadania uszkodzeń w przewodzie lufy służy specjalny przyrząd, urządzony następująco: lusterko, nachylone pod kątem 45° do ściany przewodu lufy badanej, daje obraz, który obserwuje się przez lupę, w której ognisku znajduje się lusterko. Cały przyrząd jest zawarty w cylindrze, pozwalający na przesuwanie go wzdłuż przewodu lufy. Celem oświetlenia uszkodzeń dołącza się do przyrządu lampkę elektryczną.



Rys. 292.

Odbitki. Celem wykonania odbitki z uszkodzenia rozgrzewa się w gorącej wodzie potrzebną ilość gutaperki i rozpłaszcza ją na drewnianym półcylindrze; do półcylindra przykłada się drugi półcylinder i wprowadza je do przewodu lufy tak, aby gutaperka znalazła się naprzeciw uszkodzenia. Poczem, między półcylindry wprowadza się klin, aby móc przycisnąć gutaperkę do uszkodzenia. Przyciśniętą gutaperkę pozostawia się przez 20—30 minut celem ostygnięcia, poczem wyjmuje się klin i półcylindry i zdejmuje odbitkę.

Jako materjału odbitkowego używa się poza gutaperką gipsu, wosku z kalafonją, wielosiarczanu żelaza oraz siarki.

196. Zamek. Częste rozbieranie i tłuszczenie zamka jak również zamiana w odpowiednim czasie części zużytych jest najlepszem zabezpieczeniem od wszelkich zacięć i uszkodzeń.

Baczną uwagę należy zwrócić na uszczelniacze plastyczne, zwłaszcza nie pozwalać na zbyteczne rozgrzanie się poduszki uszczelniającej (pozostawić przez pewien czas otwarty zamek).

Zapały wypalają się dość szybko; wypalenie rozpoczyna się od płytki zapałowej przedniej i szybko przenosi się na zapał, o ile płytki nie zmienia się we właściwym czasie.

Dobre funkcjonowanie uszczelniacza elastycznego (łuski), czyli że gazy przy strzale nie przerywają się, poznaje się po tem, że łuska nie czernieje koło swego wylotu.

197. Oporo-powrotnik. Zasadniczym wymaganiem jest, aby opornik posiadał normalną ilość płynu; nadmiar i brak są niedopuszczalne.

Powrotniki powinny posiadać dostateczne naprężenie, by móc sprowadzać lufę na miejsce.

Na działanie oporo-powrotnika należy stale zwracać baczną uwagę, zwłaszcza podczas strzelania, wobec tego przy najmniejszej nieregularności w działaniu natychmiast przerwać strzelanie i sprawdzić stan napełnienia.

Nie należy dopuszczać do znacznego rozgrzania się oporo-powrotnika. Przy strzelaniu intensywnem przerywać ogień kolejno, działami, by dać możność oporo-powrotnikowi „odpoczynku“ i ostygnięcia.

Wszystkie oporo-powrotniki są skłonne do utraty płynu, należy go więc dolewać często do normy właściwej.

Oliwa używana do oporników powinna być czysta, bez domieszek, gdyż każdy drobny pyłek może porysować cylindry.

Niedopuszczalnem jest używanie do oporo-powrotników innego płynu niż wskazany w przepisach dla danego działa.

Każdy typ oporo-powrotnika ma swoje specjalne własności co do sprawdzania i utrzymania, które są zawarte w odnośnych przepisach, poniżej podajemy tylko wspólne wszystkim opornikom wypadki nieregularnego działania.

a) *Rozszerzenie płynu podczas szybkiego strzelania.* Przy szybkiem strzelaniu płyn wskutek rozgrzania się będzie miał objętość większą niż pojemność opornika. Wywołuje to niezupełny powrót lufy na miejsce.

W tym wypadku należy wylać część płynu, by umożliwić powrót lufy na miejsce, i bezpośrednio potem dolać wylaną część.

b) *Niedostateczne napełnienie oporo-powrotnika.* Przy braku płynu oporniki powrotnika nie działają dostatecznie i skutkiem tego lufa powraca tak gwałtownie, że uderza. Odrzuty są również zbyt długie i jako takie niebezpieczne dla oporników hydra-

ulicznych, ponieważ płyn, z trudem przepływający przez nagle zwężone otwory, może wywołać nadmierne ciśnienia.

c) *Utrata płynu* zachodzi przy rozgrzaniu się płynu podczas strzelania. Płyn przechodzi wówczas łatwiej przez otwory i opór opornika zmniejsza się, co wywołuje dłuższe odrzuty.

d) *Długie odrzuty* mogą być spowodowane zużyciem się opornika, zwłaszcza otworów, przez które przelewa się płyn.

198. Przyrządy celownicze. Z przyrządami celowniczemi należy obchodzić się ostrożnie, pamiętając o tem, że od nich zależy dokładność ognia.

Przyrządy celownicze należy często czyścić i oliwić.

Szkła wycierać cienkiem płótnem lub zamszem, nigdy zaś palcem, ani twardą materją, która może porysować szkło.

Jeśli szkło jest bardzo zabrudzone lub zatłuszczone, wytrzeć go cienkiem płótnem, zmoczonem w spirytusie, poczem wytrzeć na sucho.

Przyjąć jako zasadę spokój przy obchodzeniu się z przyrządami celowniczemi, ponieważ w ten sposób najłatwiej uniknąć ich uszkodzenia.

Poleca się często sprawdzanie przyrządów celowniczych. Wskazówki są zawarte w przepisach odnośnych dla każdego systemu.

199. Łoże. W łożu należy zwracać uwagę na nity i śruby. Każdy nit osłabiony, każda śruba odkręcona powinny być natychmiast przymocowane lub zamienione.

W ruchu nie należy przekraczać tempa przepisowego.

Często sprawdzać stan kół, smarować osie i buksy (panewki).

Każde uszkodzenie koła natychmiast naprawić, a nie czekać, aż się koło zupełnie zniszczy.

Podczas strzelania nie nadużywać ognia pełnemi ładunkami lub z podkopanym ogonem.

Podstawy powinny być poziome, oparcie lemiesza powinno być elastyczne.

Zwracać baczną uwagę na mechanizm kierunkowy i podniesień, starannie je czyścić i oliwić.

200. Smarowanie. Warstwa smaru powinna być jednostajnie równą bez przerw. Smar pokryty kurzem lub zmieszany z ziemią powinien być usunięty.

Nigdy nie nakładać nowej warstwy smaru na starą, jak również nie nakładać smaru na powierzchnie, uprzednio nie wyczyszczone.

Starą warstwę smaru zdejmować zapomocą łopatki drewnianej, zwilżając w razie potrzeby tłuszcz naftą.

Powierzchnie trące się należy starannie czyścić. Otwory do oliwienia należy od czasu do czasu przetykać drutem mosiężnym i przemywać naftą celem usunięcia starego smaru.

ROZDZIAŁ II.

Utrzymanie amunicji.

201. Ładunki. Amunicja powinna być otoczona specjalną opieką dowódcy baterji ze względu na łatwość ulegania amunicji wpływom atmosferycznym.

Niedopuszczalnem jest przechowywanie amunicji na otwartem powietrzu, amunicja zawsze powinna być zmagazynowana, ewentualnie przechowywana w jaszczach.

Ładunki przechowują się zasadniczo w skrzyniach metalowych, szczelnie zamkniętych. Pod żadnym pozorem nie należy wystawiać skrzyń na słońce, powinny być one ukryte w magazynie w miejscu suchem. Otwieranie i zamykanie skrzyń należy przeprowadzać ostrożnie, by nie uszkodzić wieka. Ładunki brać z raz otwartej skrzynki, nie otwierać innych skrzyń, dopóki napoczęte nie są wyczerpane. Zużywać ładunki zależnie od kolejności ich przybycia; najpierw najstarsze. Bezwzględnie nie wolno zmieniać składu ładunków prochu, tembardziej nie wolno zestawiać samodzielnie nowych ładunków przez przesypywanie prochu.

Przechowywanie przyćmiewacze należy zabezpieczyć przed wilgocią.

202. Pociski. Przy przewożeniu, wszystkie pociski, o ile nie są umieszczone w specjalnych skrzyniach, powinny być zaopatrzone w ochraniacze pierścieni wiodących; w razie braku przepisowych ochraniaczy należy je zrobić ze słomy lub siana.

Przy przechowywaniu w magazynie pociski powinny stać na deskach, oddzielone jeden od drugiego kawałkami drzewa. Wyjątkowo można pociski przechowywać w położeniu leżącem, lecz przytem należy troszczyć się o zabezpieczenie pierścieni wiodących od uszkodzenia i styczności z ziemią.

Rzeczą dowódcy baterji jest zastosować wszelkie środki, aby zabezpieczyć pociski od wpływów atmosferycznych.

Wilgoć, która przenika do wnętrza pocisku, może wywołać daleko idące zmiany w składzie chemicznym ładunku wewnętrznego. Wilgoć, działając na zewnętrzne ściany pocisku, wywołuje rdzewienie, a dalej zanieczyszczenie pocisku i uszkodzenie przewodu lufy.

Również starannie należy chronić amunicję przed promieniami słońca.

Pociski przed załadowaniem ich do działa powinny być starannie czyszczone, pierścienie wiodące — nasmarowane.

Smarowania pocisków przed strzelaniem należy unikać—ponieważ kurz łatwo osiada na smarze.

Pociski specjalne powinny być zestawione podług gatunków.

Pociski te należy umieszczać w schronach dobrze przewietrzanych.

Pociski gazowe, z których cieką płyny, należy natychmiast wystrzelić lub zniszczyć, wysadzając je przy zachowaniu jednak wszelkich środków ostrożności.

Przechowywanie lub odsyłanie zepsutych pocisków gazowych jest surowo wzbronione.

203. Naboje. Przechowanie naboi jest zupełnie analogiczne do zasad przechowywania pocisków.

Nie należy nigdy kłaść naboi wprost na ziemię lub umieszczać ich podobnie w schronach amunicyjnych.

We wszystkich wypadkach, kiedy naboje wyjmuje się ze skrzyń lub jaszczy, należy je kłaść na deskach, zwracając baczną uwagę na połączenie pocisku z łuską i niedopuszczać na styczność ich z ziemią.

204. Zapalniki. Zapalniki powinny być zawsze umieszczone w skrzynkach zamkniętych. Skrzynki powinny być otwierane tylko w razie potrzeby użycia zapalników.

Wzbronionem jest przekładać zapalniki w inne miejsca niż wskazane przepisami lub kłaść je wprost na ziemi.

Zapalniki czasowe powinny posiadać pokrowce, które zdejmuje się tylko bezpośrednio przed ładowaniem.

Zapalników odetkanych lub ze zdjętemi pokrowcami nie należy przechowywać razem z innemi. Należy natomiast natychmiast je wystrzelić.

W długich zapalnikach natychmiastowych, posiadających bezpiecznik spiralny, nie należy używać, jeśli po zerwaniu pokrowca bezpiecznik rozwinął się.

Przy ładowaniu dział lub przy ładowaniu i rozładowaniu amunicji nigdy nie należy chwytać za zapalnik wśrubowany w oko pocisku — może to bowiem spowodować zerwanie pokrowca lub złamanie zapalnika.

Ogólnie, wszystkie czynności z pociskami o wśrubowanych zapalnikach należy przeprowadzać spokojnie i ostrożnie.

205. Magazynowanie amunicji przy baterji. Każde działo na stanowisku powinno mieć:

a) jeden schron na pociski,
b) jeden schron na ładunui i
c) jedną niszę na zapalniki.

Jeśli ponadto są jeszcze pociski specjalne lub gazowe, należy je przechowywać w oddzielnym schronie.

Zasadniczo należy unikać magazynowania większej ilości amunicji w jednym schronie celem niedopuszczenia do znacznych zniszczeń w razie wybuchu amunicji. Przy każdem dziale powinno być pewne minimum amunicji, potrzebne do natychmiastowego przeprowadzenia ognia.

Same schrony powinny być starannie budowane, aby zabezpieczały amunicję od kurzu i ziemi sypiącej się przez szczeliny.

W schronach należy troszczyć się o dobrą wentylację celem zapobieżenia wilgoci.

Gdy niema schronów, należy amunicję przykryć płachtą nieprzemakalną, podparta drążkami tak, by materja nie leżała bezpośrednio na amunicji, a przez to zapewniała swobodny dostęp powietrza.

Kończąc rozdział o amunicji, przypominamy i zwracamy uwagę na następujące przepisy, które powinny być surowo przestrzegane przy obchodzeniu się z amunicją:

1) **Żadnych zapalników nie rozbierać, bo każde rozbieranie może spowodować wybuch i kalectwo.**
2) **Zapalnik rozebrany zniszczyć. Strzelanie takim zapalnikiem naraża działo na rozerwanie.**
3) **Pocisków nieprzyjacielskich nie wybuchłych, nie ruszać i nie rozbierać.**
4) **Ładunków prochu dowolnie nie zmieniać i nie próbować tworzyć nowych. Wszelka zmiana ciężaru ładunku spowoduje znaczne zmiany w ciśnieniu gazów prochowych, co ujemnie wpłynie na przewód lufy, a nawet może lufę rozerwać.**

KONIEC CZĘŚCI II-ej I OSTATNIEJ.

ŹRÓDŁA.

André. — Cours special de 75.
Campana. — Canon a tir rapide.
Ecole Militaire d'artillerie:
Bouches à feu par Capitaine *Ott.*
Affûts par Capitaine *Perier.*
Munitions
Poudres et explosifs.
Girardon. — Leçons d'artillerie.
— Organisation du matériel d'artillerie.
G. Q. G. — Artillerie allemande. Les projectiles.
Instruction sur le tir d'artillerie.
Jacob. — Résistances et construction de bouches a feu.
Mikeładze. — Tieoreticzeskija osnowanja pristriełki polewoj artilerji.
Nitus i Markiewicz. — Połnyj kurs artilerji. Części II, V, VII.
Regulaminy i przepisy artylerji polskiej, francuskiej, rosyjskiej i niemieckiej.
Vallier. — Balistique extèrieure.

SPIS RZECZY.

DZIAŁ I.

Zasady budowy dział, lufa, wzmocnienia, zarys wytwarzania dział.

Rozdział I. Typy dział. Rodzaje artylerji.

Str.

1. Wymagania stawiane działom 4
2. Typy dział 4
3. Zarys rozwoju broni palnej 5
4. Zarys rozwoju szybkostrzelnej artylerji małego kalibru 6
5. Potęga danego działa 6
6. Rodzaje artylerji 6

Rozdział II. Zasady budowy dział.

7. Właściwości materjałów używanych do wyrobu dział 10
8. Sztuczne podniesienie mechanicznych właściwości metalu 12
9. Metale używane do wyrobu luf, stal, żelazo, bronz 14

Rozdział III. Lufa wzmocniona.

10. Działanie gazów prochowych na lufę działa 17
11. Profil lufy wzmocnionej 23
12. Wzmocnienia 24
13. Wzmocnienie pierścieniowe 25
14. Wzmocnienie rurą wewnętrzną 28
15. Wzmocnienie obsadą 30
16. Wzmocnienie mieszane (pierścieniami i obsadą) 34
17. Wzmocnienie drutem stalowym 35
18. Wzmocnienie przez samopodwyższenie granicy sprężystości . . . 37
19. Lufy składane 39

Rozdział IV. Zewnętrzne i wewnętrzne urządzenie luf.

20. Zewnętrzne urządzenie luf 42
21. Wewnętrzne urządzenie luf. Komora zamkowa 42
22. Komora uszczelniacza 43
23. Komora ładunkowa i pociskowa 43

Str.

24. Przewód zapałowy 46
25. Gwinty 47
26. Szerokość gwintów 48
27. Ilość gwintów 50
28. Rodzaje gwintów 50
29. Szybkość obrotowa pocisku 52
30. Wielkość ciśnienia na występ wiodący 54

Rozdział V. Wytwarzanie dział.

31. Rura rdzeniowa 56
32. Wzmocnienia 56
33. Gwintowanie, wykończanie i strzelanie próbne 57

DZIAŁ II.

Zamek.

Rozdział I. Zasady urządzenia zamków. Uszczelniacze.

34. Zasady urządzenia zamków 60
35. Zamki klinowe 61
36. Zamki śrubowe 62
37. Porównanie zamków klinowych i śrubowych 63
38. Uszczelniacze 64
39. Uszczelniacz twardy 65
40. Uszczelniacz plastyczny 66
41. Uszczelniacz elastyczny 67

Rozdział II. Mechanizmy zamykające.

42. Zamki klinowe 69
43. Zamki śrubowe 73
44. Zamki blokowe 78

Rozdział III. Mechanizm odpalający, wyrzutnik i bezpiecznik.

45. Mechanizm odpalający (kurkowy) 83
46. Wyrzutniki 89
47. Bezpieczniki 90
48. Mechanizmy specjalne 92

DZIAŁ III.

Łoże.

Rozdział I. Łoże. Klasyfikacja. Budowa.

49. Łoże. Klasyfikacja 96
50. Łoże 98
51. Pojęcie o budowie łóż 99

Rozdział II. Łoże sztywne pod wpływem siły ciśnienia gazów prochowych.

Str.
52. Siły działające na działo 101
53. Wnioski względem danych konstrukcyjnych, wypływające z badania sił N i M 106

Rozdział III. Wewnętrzne siły działające na działo. Energja i długość odrzutu.

54. Działanie siły gazów prochowych na mechanizm podniesień i łożyska czopów 110
55. Odrzut pod wpływem siły bezwładności (drugi okres odrzutu) . . 113
56. Energja i szybkość odrzutu (odskoku) 114
57. Długość odrzutu. Siły przeciwdziałające odrzutowi 116

Rozdział IV. Elementarna teorja oporników.

58. Wymagania, którym powinny odpowiadać oporniki. Podział oporników 117
59. Istota urządzenia oporników tarcia 118
60. Istota urządzenia oporników hydraulicznych 119
61. Elementarna teorja oporników hydraulicznych 121
62. Istota urządzenia powrotników 124
63. Szybkość i energja odrzutu lufy przy strzale 125
64. Siły przeciwdziałające odrzutowi zespołu odrzutowego przy strzale. 128

Rozdział V. Łoże z oddziałem wzdłuż osi lufy po l wpływem siły cisnienia gazów prochowych.

65. Siły działające na działo 131
66. Wnioski co do danych konstrukcyjnych łoża 134
67. Drugi okres odrzutu pod wpływem bezwładności 136
68. Łoża sztywne z odrzutem wzdłuż ramy i łoża z odrzutem złożonym 136

Rozdział VI. Łoże, — Opis.

69. Łoże sztywne 137
70. Łoże sprężyste z odrzutem wzdłuż osi lufy 140
71. Łoża specjalnej konstrukcji celem zwiększenia pola ostrzału pionowego i poziomego 149

Rozdział VII. Mechanizm podniesień.

72. Mechanizm podniesień. Rodzaje mechanizmów 153
73. Mechanizmy podniesień klinowe i śrubowe pojedyncze 154
74. Mechanizmy podniesień śrubowe podwójne 155
75. Mechanizmy podniesień łukowe 157
76. Niezależna linja przezierania (celowania) 159
77. Mechanizm do szybkich podniesień 160

Rozdział VIII. Mechanizm kierunkowy.

78. Mechanizm kierunkowy. Rodzaje mechanizmów 161
79. Mechanizm kierunkowy z obrotem lufy około sworznia 162

Str.

80. Mechanizmy kierunkowe przesuwające łoże wzdłuż osi kół . . . 164
81. Mechanizm kierunkowy z obrotem lufy około sworznia w łożach rozstawnych 166

Rozdział IX. Części dodatkowe łoża.

82. Tarcza 168
83. Przyrządy pomocnicze do ładowania dział 168
84. Samoczynne przyrządy do ładowania dział 170
85. Wyciory i stemple 172

DZIAŁ IV.

Wozy.

Rozdział I. Wozy wojskowe.

86. Wozy wojskowe. Własność dróg 175
87. Obrotność wozów 177
88. Giętkość połączenia i niezależność półwozi 179
89. Stateczność 181

Rozdział II. Ciągnienie.

90. Lekkość ruchu 183
91. Ruch pudła 183
92. Ruch koła 184
93. Ciągnienie 186
94. Ciągnienie wozu czterokołowego 188
95. Podział obciążenia wozu i ładunku na przednią i tylną oś . . . 189
96. Wjazdy i zjazdy 190

Rozdział III. Części składowe wozu.—Przodki i jaszcze.

97. Osie 193
98. Resory 195
99. Koła 195
100. Hamulce pochodowe 197
101. Orczyk. orczyca, dyszel 198
102. Przodki i jaszcze 199

Rozdział IV. Przewożenie sprzętu artyleryjskiego. — Ciągniki.

103. Ruchliwość sprzętu artyleryjskiego 201
104. Sposoby przewożenia sprzętu artyleryjskiego 201
105. Ciągniki 202
106. Koń — siła ciągnienia 203
107. Przeciętny wysiłek konia. Siła ciągnienia w zaprzęgu 205
108. Sposoby zaprzęgania używane w artylerji 206
109. Juki 209
110. Ciągniki gąsienicowe 210
111. Koleje żelazne 212

DZIAŁ V.

Przyrządy celownicze, obserwacyjne i miernicze.

Rozdział I. Przyrządy do celowania na wysokość.

Str.

112. Istota urządzenia celownika 215
113. Celownik 216
114. Poziomnica 220
115. Kwadrant 221

Rozdział II. Przyrządy optyczne.

116. Zarys teorji optycznej 224
117. Własności lunety astronomicznej 227
118. Oświetlenie obrazu 228
119. Odwrócenie obrazów w lunetach 229
120. Błędy w celowaniu 230

Rozdział II. Przyrządy do celowania w kierunku.

121. Ogólne podstawy 232
122. Przyrządy do celowania w kierunku o najprostszej konstrukcji . . 232
123. Kątomierze typu francuskiego z przeziernikami 233
124. Kątomierz niemiecki. Wzór 05 237
125. Laweta panoramiczna 237
126. Wewnętrzne urządzenie lunety panoramicznej Goerz'a 239
127. Bieg promieni w lunecie pryzmatycznej 241

Rozdział IV. Przyrządy obserwacyjne.

128. Lornetki polowe i lunety 242
129. Peryskop 244
130. Półkole 245

Rozdział V. Przyrządy miernicze.

131. Przyrządy miernicze 247
132. Przenośnik i płytka polowa 247
133. Kątomierz-busola francuski wz. 1917 r. 248
134. Deklinacje magnetyczne 250
135. Siłometr wz. 1911 r. 251
136. Kątomierz bateryjny 252
137. Telemetry (dalmierze) 254
138. Istota urządzenia telemetru systemu Barra i Struda 257
139. Istota urządzenia telemetru Zeiss'a 259

Rozdział VI. Oddziały pomiarowo-podsłuchowe.

140. Historyczne dane o oddziałach pomiarowych 261
141. Sposób działania artyleryjskich oddziałów pomiarowych 262
142. Organizacja pomiarów optycznych 264
143. Pomiary akustyczne 267
144. Metoda subjektywna 267

Biblioteka AP W
323801
2