

Б60
Р179425

В. П. ВНУКОВ

ФИЗИКА И ОБОРОНА СТРАНЫ

ГОСТЕХИЗДАТ • 1943

Полковник В. П. ВНУКОВ

ФИЗИКА
И
ОБОРОНА СТРАНЫ

ИЗДАНИЕ ПЯТОЕ, ИСПРАВЛЕННОЕ

ОГИЗ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ТЕХНИКО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
1943

Редактор *Р. Я. Штейнман.*

Подписано к печати 12/VIII 1943 г. 23,6 л. д. 21¹/₄ печатн. лист. 48 000 тип. зн. в печ. д.

Тираж 60 000 экз. Л58333. Цена 10 руб. Заказ № 1025

Отпечатано с матриц в 18 тип. треста «Полиграфкнига». Москва, Шубинский пер., д. 10

ПРЕДИСЛОВИЕ К ПЯТОМУ ИЗДАНИЮ

Военная техника, как и вся техника вообще, основана прежде всего на достижениях физических наук. Поэтому полное и глубокое освоение военной техники требует знания законов физики.

Эта книга и имеет своей целью показать читателю, на каких физических законах основана военная техника. Тем самым она будет способствовать более глубокому пониманию принципов устройства и действия средств военной техники. Книга предназначена для младшего и среднего комсостава, курсантов военных училищ, красноармейцев, учащихся спецшкол и средних школ Наркомпроса.

В основном материал книги требует от читателя знания физики и математики в объеме семи классов средней школы; лишь отдельные очерки требуют знания полного курса физики средней школы (8—10 классов).

Книга построена в виде отдельных, большей частью самостоятельных очерков, читать которые можно в любой последовательности и вне связи друг с другом. Лишь для более полного усвоения каждого из вопросов и во избежание повторений одного и того же в очерках даны ссылки на те места книги, где смежный материал разобран более подробно.

Расположены все очерки соответственно общепринятым разделам физики. Это, во-первых, облегчает пользование книгой всем, кто обратится к ней при изучении физики, а во-вторых, соответствует основному назначению книги — раскрыть физическую суть достижений современной военной техники. Книга не претендует на полноту освещения всех средств военной техники и тем более на систематическое их описание. Все же автор старался во всех случаях показать, хотя бы в виде иллюстраций, все, что относится к разбираемому вопросу, — основы бое-

вого применения упоминаемых средств техники и важнейшие средства защиты от них.

Для облегчения пользования книгой по частям, т. е. чтения ее отдельными очерками, в оглавлении указано, какие именно вопросы затрагиваются в каждом из очерков.

Исправление книги к настоящему изданию заключалось, в основном, в добавлениях, освещающих новейшие средства военной техники, в исправлении отдельных мелких недочетов и в незначительном сокращении книги за счет исключения некоторых наименее существенных или не оправдавших себя на практике проектов новых средств борьбы.

Автор

ОГЛАВЛЕНИЕ

Физика выстрела (Вместо введения)	Стр. 11
---	------------

Механика

1. Инерция на службе артиллерии	13
Закон инерции (первый закон Ньютона). Понятие об устройстве и действии основных снарядов (шрапнель и граната), дистанционных трубок, взрывателей, пристрелочных (разрывных) пуль и авиабомб замедленного действия.	
1а. Часовой механизм в снаряде и бомбе	19
2. Почему тяжелый снаряд летит дальше легкой пули?	20
Тяжелые пули и поперечная нагрузка снарядов. Второй закон Ньютона.	
3. Некоторые секреты меткой стрельбы из ружей	22
Сложение сил. Равнодействующая. Пара сил и ее действие на тело.	
4. Как падают бомбы с самолета	25
Свободное падение тел. Сопротивление воздуха падающим телам и зависимость его от формы тела. Сложение сил, направленных по одной прямой.	
5. Куда упадет авиабомба?	29
Закон независимости действия сил. Сложение двух движений в пустоте и в воздухе. Бомбометание с пикирования и его особенности.	
6. Стрельба из ружей и пушек	36
Движение тела, брошенного под углом к горизонту. Влияние сопротивления воздуха на полет пуль и снарядов.	
7. Борьба с сопротивлением воздуха	39
Зависимость сопротивления от скорости движения. Скорости движения различных боевых машин, пуль, снарядов и целей (диаграмма). Удобообтекаемая форма снарядов и пуль.	
8. Тайна стрельбы на сотню километров	42
Плотность воздуха на различных высотах и влияние сопротивления воздуха на дальность полета снаряда.	
9. Когда сопротивление воздуха спасает	45
Парашют и его свойства. Предельная скорость падения человека в воздухе.	

10. Стрельба по самолетам и с самолетов.	47
Сложение скоростей. Относительное движение.	
11. Можно ли рукой поймать пулю и погибнуть от неподвижной пули?	53
Относительное движение. Зависимость энергии удара встречающихся тел от скорости их движения. Проблема стрельбы в воздушном бою при современных скоростях самолетов.	
12. Снаряд и поезд. Броня и пуля	59
Энергия движения. Техническая единица массы. Бронебойные пули. Пробивное действие пуль и снарядов в зависимости от энергии движения их и от угла встречи. Разложение сил.	
13. Скорость и прочность.	65
Зависимость прочности тел от скорости их движения. Ультрапули. Критическая скорость и прочность. Сопротивление воздуха при различных скоростях движения в нем тел.	
14. Песок вместо брони	68
Пробивное действие пуль и зависимость его от энергии движения и формы пуль.	
15. Волчок и пуля	73
Сложение сил. Пара сил. Вращательное движение тел. Гироскоп и его применение в военной технике.	

Жидкости и газы

16. Танк на снегу	79
Понятие об удельном давлении. Единица давления. Повышение проходимости машин.	
17. Сила пороховых газов	85
Давление газов. Работа пороховых газов.	
18. Всегда ли ствол винтовки имеет цилиндрический канал?	87
Зависимость силы от площади, на которую действует давление. Ствол винтовки Герлиха и форма ультрапули.	
19. Воздух вместо пружины.	89
Упругость воздуха. Закон Бойля-Мариотта. Пневматики на военных повозках. Тормоза и накатники в орудиях.	
20. Воздух на смену пороха.	95
Пневматическое оружие, идея его устройства и действия. Живучесть огнестрельного оружия. Кривая давления в канале ствола.	
21. От сегнерова колеса до ракетного стратоплана.	101
Явление реакции при истечении жидкостей и газов. Ракеты как снаряды и другие проекты ракетных метательных аппаратов. Ракетный мотор и принцип его действия. Дульный тормоз в оружии.	
22. Поплавки и лодки из „воздуха“.	107
Закон Архимеда. Плавание тел. Переправочные войсковые средства — надувные поплавки и лодки, понтоны.	
23. Амфибии.	113
Закон Архимеда. Плавание тел. Танк-амфибия. Плавательный костюм для бойцов. Высота погружения (осадка) плавающего тела.	

24. Закон Архимеда в боях на море 117
Водоизмещение. Плавание тел. Закон Архимеда. Принцип устройства подводной лодки. Давление внутри жидкости. Средства и приемы спасения с затонувшей лодки.
25. Закон Архимеда и война в воздухе 126
Плавание тел в воздухе. Подъемная сила. Аэростаты заграждения и змейковые дирижабли.

Теплота

26. Ствол пушки и колесо телеги 131
Расширение твердых тел при нагревании и сжатие при охлаждении. Молекулярные силы при расширении и сжатии. Скрепление стволов орудий. Автофреттаж. Предел упругости и повышение его обработкой металла.
27. Жидкость и газы в артиллерийских снарядах и тормозах отката 134
Расширение жидкостей и газов при нагревании. Упругость пара при изменении температуры.
28. Газовый баллон 138
Газобаллонная атака. Сжижение газов. Критическая температура. Давление паров при различных температурах.
29. Выгодно ли топить печи порохом? 140
Теплотворная способность вещества вообще и взрывчатых веществ в частности. Свойства порохов и взрывчатых веществ. Зажигательные снаряды, авиабомбы и пули. Термит и электрон. Огнеметы.
30. Вода и снег в пулемете 148
Теплоемкость вещества. Скрытая теплота кипения и плавления. Охлаждение стволов пулеметов.
31. Огнестрельное оружие — тепловая машина 152
Превращение энергии. Коэффициент полезного действия оружия. Механический эквивалент теплоты. Мощность. Идея и расчет центробежного пулемета.
32. Снова в теплоту 160
Превращение механической энергии в тепловую. Расплавление пуль в полете и при ударе в броню. Тепловой эквивалент работы.

Звук

33. Звуки войны 163
Распространение звука в атмосфере. Преломление и отражение звуковых волн. Зона молчания. Акустические облака.
34. Свист пули и шипение снаряда 166
Источник звука. Скорость распространения звука в воздухе. Принцип Допплера. Происхождение свиста пуль, снарядов и авиабомб. Воюющие авиабомбы.
35. Звуковые дальномеры 171
Скорость распространения звука в воздухе и в воде и зависимость ее от температуры. Акустика орудия и снаряда. Дульная

и баллистическая (снарядная) волны. Явление звуковой детонации. Частота колебаний. Инфразвуки. Интерференция звуков. Графическая регистрация звуков манометрическими звукоприемниками. Звукоглушители. Дальность распространения звуков.

36. Орган слуха на войне 182

Чувствительность уха, острота слуха, слуховое внимание. Бинауральная способность человека. Антифоны, танкофоны, сигнальные приборы. Изоляция ушей от слишком сильных и посторонних звуков. Переговорные трубы. Рупоры.

37. Звук — предатель самолета 186

Звукоулавливатели (акустические пеленгаторы и подслушиватели). Глушители авиамоторов.

38. Борьба под землей и под водой 192

Геофоны (стетоскопы) и гидрофоны (шумопеленгаторы). Определение направления (пеленгация) на источники звуков под землей и под водой. Ультразвуки, подводнозвукосвязь, ультразвуковые средства поражения и ультразвуковые аппараты для рассеивания тумана. Шкала звуковых колебаний.

Свет

39. Прозрачны ли воздух, вода и стекло? 201

Прозрачность тел. Потери света от поглощения и отражения. Дымовые завесы. Ядовитые дымы. Светомаскировка и меры ее обеспечения: синие лампы, черный свет и „биккерровский свет“.

40. Плоское зеркало в помощь войскам 206

Отражение света от плоских зеркал. Изображение в зеркале. Параллельные зеркала. Гелиограф. Перископ (зеркальный). Понятие о поле зрения глаза и приборов.

41. Вогнутые зеркала в военной технике 209

Отражение света от вогнутых сферических зеркал. Зависимость освещенности от расстояния и вида пучка лучей. Проекторы и светосигнальные аппараты (лампы).

42. Когда глаз не справляется с боевой задачей 213

Дальность зрения. Стереоскопическое зрение (двумя глазами). Предельный угол зрения. Аккомодация. Прицеливание.

43. Стробоскоп на танке и видимая пуля 216

Продолжительность зрительного впечатления в глазу. Стробоскоп. Пуленепробиваемое стекло („триплекс“). Трассирующие пули и снаряды.

44. Прорезь прицела, мушка и цель в одной точке 222

Наземная (подзорная) труба. Оптический (снайперский) ружейный прицел. Увеличение и поле зрения прибора. Призмы полного внутреннего отражения. Пулеметные оптические прицелы. Орудийная панорама.

45. Дальше и лучше видеть цель 228

Призмный бинокль. Бинокль-очки. Бинокль для наблюдения в противогазе. Бинокли дальнего действия. Пластичность прибора. Стереотрубы. Бинокулярные зрительные трубы.

46. Призмы на смену зеркал 235

Астрономическая труба. Окопные перископы и перископы подводных лодок. Омпископы на подводных лодках и танковые. Танковый перископ, геоскоп и прицел.

47. Как измеряют расстояния, не сходя с места . . . 241
 Оптические дальномеры (монокулярные и стереоскопические). Простейшие способы измерения расстояний по угловой величине видимых предметов. Деления угломера (тысячные). „Сетка“ в военных приборах.
48. Оптический обман лучше прочного щита . . . 248
 Видимость тел в зависимости от освещенности и цвета фона. Маскировка. Фотография и аэрофотография. Телеобъективы. Перископические и панорамные фотокамеры.

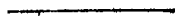
Электрический ток

49. Элемент, который заряжают водой 256
 Сухие, водоналивные и сухоналивные элементы типа Лекланше.
50. Как изолируют провода на войне 258
 Проводники и изоляторы. Сопротивление проводников. Полевой телефонный и телеграфный кабель.
51. Хороший ли проводник земля? 261
 Полупроводники. Проводимость земли и растворов солей. Распространение токов в земле. Заземление полевых телефонных линий.
52. Телефон без звонка 263
 Фонический вызыватель телефонного аппарата. Зуммер. Электромагнетизм. Особенности устройства полевых телефонных аппаратов.
53. Электрический шпион 266
 Распространение токов в земле и индукция токов. Перехватывание телефонных переговоров и средства борьбы с этим. Индукция токов в параллельных проводниках. Телеграф через землю.
54. Микрофоны — разведчики 272
 Микрофоны: угольный, тепловой, динамический. Подслушивание с помощью микрофона. Зависимость проводимости (сопротивления) проводников от температуры. Звукометрическая станция. Мост Уитстона. Электроакустические пеленгаторы и подслушиватели.
55. Говорящие кости 280
 Борьба с помехами применения телефонов на шумных машинах (танки и самолеты). Остеофоны и ларингофоны. Антишумовой микрофон.
56. Ручные магнитоэлектрические машинки 283
 Электромагнитная индукция токов. Индуктор телефонного аппарата и подрывная машинка. Тепловое действие тока. Запас накаливания. Магнитоэлектрические карманные фонари.
57. Опасная проволока 286
 Физиологическое действие тока. Закон Ома. Электризация проводочных заграждений и земли, борьба с этим.
58. Электричество в заграждениях на море и на суше. 290
 Гальванический элемент (Грене). Морские мины заграждений: гальваноударные, станционные, антенные и магнитные, борьба с ними. Подземные и противотанковые мины. Торпеды.

59. Электропушка.	301
Соленоид и взаимодействие магнитных полей. Электромагнитная индукция. Модель электропушки.	
60. Электрификация войны	304
Электромотор. Синхронная связь. Центральные приборы управления огнем. Тепловое, световое и механическое действия тока. Подвижные электростанции.	

Электрические волны и лучи

61. Радио — друг и предатель войск.	310
Основные свойства радиосвязи. Радиопеленгация. Радиопропаганда.	
62. Как борются с пороками радиопередачи	315
Радиопрожекторные станции. Короткие и ультракороткие волны. Шифровальные машины. Принцип передачи на переменной длине волны. Аналогичный принцип борьбы с перехватыванием телефонных переговоров.	
63. Самолет без пилота	318
Управление механизмами на расстоянии — радиотелемеханика. Телеторпеды и торпедные катеры.	
64. Можно ли слышать луч света?	323
Оптический телефон. Фотоэлемент. Связь инфракрасными лучами. Фотография инфракрасными лучами. Видение в темноте и в тумане.	
65. Электрический глаз над полем боя	329
Телевидение. Диск Нипкова.	
66. „Лучи смерти“.	332
Поражающее действие электрических лучей. Электронный поток в воздухе. Трубка Кулиджа. Электронный снаряд (шаровая молния). Передача электроэнергии по слою ионизированного воздуха. Поражение ультракороткими волнами, ультрафиолетовыми и световыми лучами.	
67. Еще некоторые случаи применения невидимых лучей в военном деле	337
Лучи Рентгена. Тепловые лучи и термоэлемент как средство ближней разведки. Блокировка инфракрасными лучами и фотоэлементами.	



ФИЗИКА ВЫСТРЕЛА

(Вместо введения)

Что заставляет пулю двигаться? Вот первый вопрос, который, естественно, приходит в голову всякому, впервые взявшему в руки винтовку. Когда мы бросаем камень или ручную гранату, то всем понятна причина их движения. Гранату заставляет двигаться мускульная сила бросившего ее человека. И чем более силен и ловок человек, тем дальше может он забросить гранату. Однако, даже самый сильный и ловкий боец не может забросить ручную гранату дальше, чем на 40—50 м, а пуля летит на $3\frac{1}{2}$ км, причем, стреляя, человек делает лишь ничтожное усилие, нажимая на спусковой крючок. Очевидно, что это усилие нисколько не толкает пулю, оно лишь освобождает сжатую боевую пружину, позволяя ей толкать вперед ударник. Но и ударник тоже не касается пули, он лишь разбивает капсюль в гильзе патрона. При этом происходит вспышка: порох в гильзе загорается и очень быстро (почти мгновенно) превращается в газы. Пороховые газы, стремясь расшириться, давят во все стороны, а значит, и на пулю, вставленную в гильзу. Они-то и толкают ее, заставляя двигаться и с громадной скоростью вылетать из ствола винтовки.¹ Таким образом, непосредственную причину движения пули при выстреле мы нашли. Это — сила давления пороховых газов на пулю.

Но откуда взялась эта сила?

Вытащим из гильзы пулю и высыпем из гильзы порох. Перед нами будут небольшие кусочки (крошки или зерна) желтовато-коричневого вещества, похожего на кусочки рога. Соберем их вместе и подожжем спичкой. Порох вспыхнет и быстро сгорит. Но никакого взрыва при этом не произойдет, и никакой особой силы мы при этом у пороховых газов не заметим. Это и понятно. Ведь при сгорании пороха на открытом месте образующиеся газы свободно расходятся во все стороны. В канале же ствола порох заперт в маленькой гильзе: пороховым газам некуда деваться. Поэтому они, быстро расширяясь, все сильнее и сильнее давят на пулю, пока не вытолкнут ее сначала из гильзы, а потом и из ствола.

Но ведь и другие горючие вещества, сгорая, тоже превращаются в газы. Почему бы не попробовать стрелять хотя бы нефтью? Не стоит и пробовать,—заранее можно сказать, что ничего не выйдет. Во-первых, нефть не будет гореть в закрытом месте,—ей для горения нужен кислород, который имеется в воздухе, а во-вторых, даже если бы мы сумели подвести к ней воздух и образовать горючую смесь, нефть горела бы значительно медленнее, чем порох. Медленно образующиеся газы медленно выталкивали бы пулю, и у нее не было бы нужной скорости движения, чтобы лететь на тысячи метров вперед.

Следовательно, особенность действия пороха объясняется прежде всего большой скоростью его превращения в значительное количество газов.

Всякое превращение вещества из одного вида в другой связано с превращениями энергии, которой обладает любое вещество. Частицы пороха обладают огромной химической энергией, которая при сгорании пороха и превращении его в газы переходит в тепловую форму энергии или, короче, в теплоту. Частицы раскаленных пороховых газов беспорядочно движутся с громадными скоростями, сталкиваясь и разлетаясь в разные стороны. Такое движение и характеризует тепловую форму энергии. Ударяясь о дно пули, частицы пороховых газов сообщают ей поступательное движение. А так как превращение пороха в раскаленные газы происходит почти мгновенно, то давление газов на пулю громадно, и под действием этого давления пуля летит на несколько километров. Таким образом, беспорядочное движение молекул пороховых газов превращается в перемещение пули, т. е. теплота превращается в механическую энергию. А в случае удара пули (например, о броню танка) механическое движение пули вновь превращается в теплоту (пуля расплавляется).

Физика, как известно, изучает строение вещества и различные виды энергии, а также превращения ее из одного вида в другой. После всего сказанного должно быть ясно, что военное дело теснейшим образом связано с физикой.

Почему и как движутся пуля и снаряд? Отчего происходит отдача при выстреле? Почему ствол станкового пулемета надо охлаждать водой? На все эти и на множество других подобных вопросов отвечает физика. Чтобы полностью овладеть военной техникой, надо изучить основные законы физики, на которые техника опирается. Военная техника в свою очередь дает чрезвычайно яркие и убедительные примеры практического применения законов физики.

МЕХАНИКА

1. Инерция на службе артиллерии

Сотню лет назад артиллерийские орудия стреляли чугуными шаровыми гранатами (рис. 1). Устроена была такая граната чрезвычайно просто. Полый чугунный шар наполняли порохом и вставляли в него деревянную трубку, тоже наполненную порохом. В момент выстрела порох в трубке загорался от вспышки заряда пороха в стволе, и граната летела с горячей трубкой. Догорая до конца, порох в трубке воспламенял порох внутри гранаты, происходил взрыв, граната разрывалась, и осколки поражали людей. Так как дальность стрельбы была незначительна (менее 2 км), то разрыв происходил обычно после падения гранаты на землю, иногда сразу, а иногда через несколько секунд. Находились даже отважные люди, которые пытались вырывать трубку после падения снаряда на землю, чем, в случае удачи, устраняли возможность взрыва пороха в гранате.

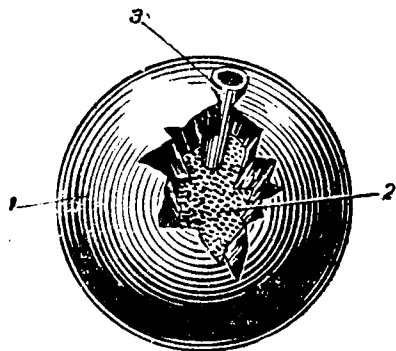


Рис. 1. Шаровая граната. 1 — корпус; 2 — разрывной заряд (дымный порох); 3 — трубка.

За последние сто лет военная техника, как и вся техника, далеко ушла вперед. Теперь пушки стреляют на десятки километров, а снаряды имеют точные приспособления — взрыватели, вызывающие взрыв их в нужном месте и в нужный момент (рис. 2).

Современные взрыватели весьма сложны, но идея устройства большинства из них чрезвычайно проста. Эта идея заключается в использовании инерции.

Вспомним, что, согласно первому закону Ньютона, всякое тело сохраняет состояние покоя или равномерного и прямолинейного движения до тех пор, пока внешние силы не побуждают его изменить

свое состояние. Вот это свойство тел — их инерцию — и используют в снарядах и в некоторых образцах пуль для автоматического приведения в действие особых приспособлений, с помощью которых они разрываются в нужный момент.

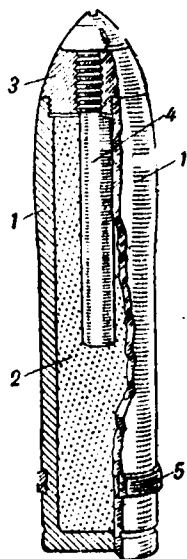


Рис. 2. Современная граната. 1 — корпус; 2 — разрывной заряд (взрывчатое вещество); 3 — головка; 4 — взрыватель; 5 — взрывающий пояс.

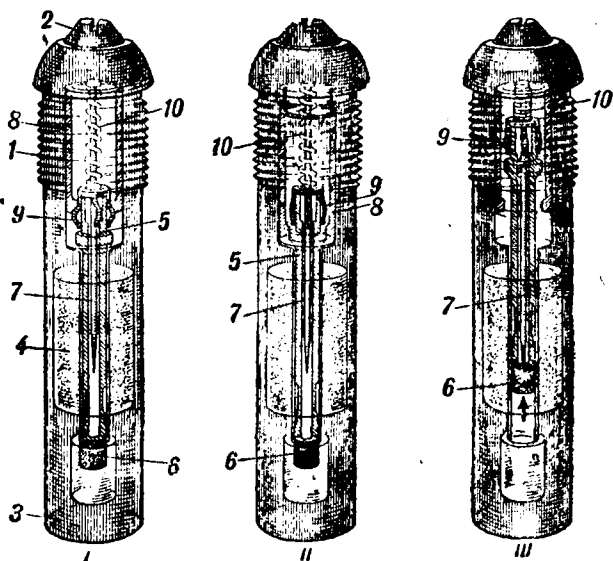


Рис. 3. Схема взрывателя УГТ. I — положение подвижных частей взрывателя до выстрела; II — в момент выстрела, III — в момент удара снаряда в преграду; 1 — корпус взрывателя; 2 — головка; 3 — дно; 4 — детонатор (взрывчатое вещество); 5 — уларник; 6 — капсюль; 7 — жало; 8 — оседающий цилиндр; 9 — предохранитель; 10 — пружина.

Вот для примера перед нами на рис. 3 схема взрывателя УГТ (читается: у ге те), что означает сокращенно: универсальный (пригодный для снарядов различного калибра) головной (т. е. вставляемый в головную часть снаряда) тетриловый¹⁾.

Из всех частей этого взрывателя не связаны с его корпусом и могут двигаться: оседающий цилиндр и ударник с капсюлем. Чтобы эти подвижные части не могли сдвинуться с места раньше времени (при переноске и перевозке снарядов, при случайном падении), на ударник надет предохранитель, в отогнутые лапки которого упирается оседающий цилиндр. Ни ударник, ни оседающий цилиндр не могут двигаться до тех пор, пока цел предохранитель. Жало же прикреплено к голов-

¹⁾ Тетрил — взрывчатое вещество, употребляемое для взрывания (детонации) основного взрывчатого вещества — тротила, наполняющего артиллерийские снаряды.

ной втулке и отделено от капсюля медной пластинкой, пробить которую можно лишь сильным ударом.

1. В момент выстрела снаряд резко смещается порохowymi газами. Вместе со снарядом начинает двигаться и взрыватель. Но оседающий цилиндр его стремится по инерции остаться на месте, и так как толчок бывает очень резкий, тонкий предохранитель не выдерживает и сплющивается. В результате этого оседающий цилиндр „оседает“ (рис. 3, II), и ударник получает свободу движения вперед (на рисунке — вверх). Однако, от такого движения его удерживает еще пружина, чтобы при замедлении движения снаряда в воздухе ударник не проскочил вперед. В таком положении взрыватель находится до удара снаряда в преграду.

2. В момент удара снаряда скорость его резко уменьшается, снаряд почти останавливается, поэтому ударник, стремясь по инерции двигаться с прежней скоростью, сжимает пружину и продвигается вперед (рис. 3, III). Благодаря этому капсюль накальвается на жало взрывателя. От взрыва капсюля взрывается детонатор, который разрушает корпус взрывателя и заставляет взрываться наполняющее снаряд взрывчатое вещество. Все это происходит в очень малый промежуток времени (около 0,005 сек.), достаточный, однако, для того, чтобы снаряд углубился в преграду (в грунт) и разорвался в ней.

Действие снаряда зависит при этом от прочности преграды (грунта). Если преграда мягкая (например, чернозем), то после удара граната успевает значительно углубиться в преграду, и силой взрыва эта преграда разрушается (фугасное действие снаряда), но зато осколки гранаты летят вверх или остаются в преграде (рис. 4).

Значит, такое действие снаряда хорошо для разрушения окопов и других оборонительных сооружений, но не для поражения войск. Если же преграда твердая (например, камень, бетон), то взрыв снаряда происходит тотчас после удара о преграду, и разрушение получается небольшое, но осколки летят во все стороны (рис. 5), стелясь низко над землей и поражая все живое, пробивая броню, разрушая оружие противника и т. п. (осколочное действие снаряда).

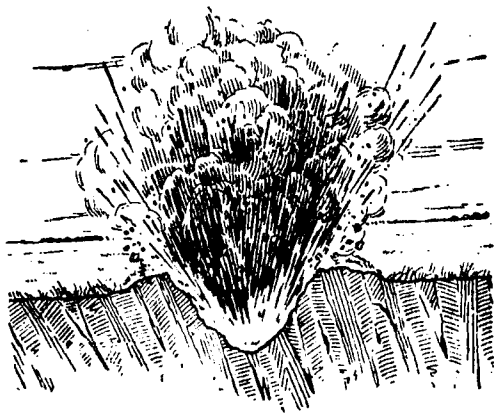


Рис. 4. Разлет осколков гранаты с установкой взрывателя на фугасное действие.

Понятно, что такая зависимость действия снаряда от прочности преграды неудобна. Поэтому в настоящее время вместо взрывателей описанного типа (таких, как УГТ) для большинства гранат применяют универсальные взрыватели, которые

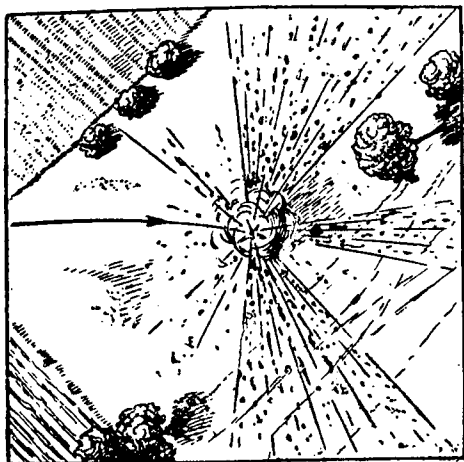


Рис. 5. Разлет осколков гранаты с установкой взрывателя на осколочное (мгновенное) действие.

перед выстрелом по желанию можно поставить либо на осколочное, либо же на фугасное действие, а иногда еще и на замедленное действие (разрыв снаряда происходит через 0,01—0,2 сек.).

В принципе действия этих взрывателей обычно также сохраняется использование инерции отдельных их частей. Для наилучшего осколочного действия добавляется еще выступающая из головки взрывателя часть („папироса“), которая, ударяясь в преграду, сразу проталкивает ударник с капсюлем назад, накалывая капс

сюль на жало (разрыв снаряда происходит при этом через 0,001 сек.). Очевидно, что для устранения этого действия при установке взрывателя на фугасное действие достаточно закрыть прочным колпачком эту „папиросу“, и тогда взрыватель будет действовать подобно образцу УГТ.

Помимо гранат с установкой взрывателей на осколочное действие, артиллерия располагает специальным снарядом, рассчитанным на поражение живых целей. Это — так называемая *шрапнель*¹⁾ (рис. 6), в которой небольшой заряд пороха, взрываясь в воздухе до падения снаряда на землю, выталкивает более 200 круглых пуль, поражающих живые цели на большом участке.

Но как заставить шрапнель разорваться до удара в преграду?

Техника разрешила эту задачу с поразительной точностью; разрывы происходят в нужном месте. Приспособление, осуществляющее разрыв снаряда в любом заданном месте, называется *дистанционной трубкой* (рис. 7).

В основу устройства и действия наиболее распространенных дистанционных трубок положен также принцип использования инерции и остроумное приспособление для передачи огня из одного слоя трубки в другой.

¹⁾ Названа так по фамилии английского изобретателя.

В дистанционной трубке (рис. 7, I) собраны два механизма: дистанционный и ударный. Первый служит для разрыва снаряда в воздухе, второй — на случай отказа в действии первого или специально для разрыва снаряда лишь после удара. В обоих этих механизмах имеются ударники с капсюлями, жала и предохранители, выполняющие ту же роль, что и у взрывателей. Разберем действие этих механизмов по моментам.

I. В момент выстрела (рис. 7, II) дистанционный ударник, стремясь по инерции остаться на месте, разжимает предохранительное кольцо и, оседая, натывается своим капсюлем на жало. Происходит вспышка, от которой загорается близлежащий порох, и огонь передается в верхнюю дистанционную часть. В желобок на этой части впрыснут пороховой состав, который горит несколько секунд (всего примерно до 10 сек.). В зависимости от того, как поставлена нижняя дистанционная часть (свободно двигающаяся и устанавливаемая перед выстрелом на заданное расстояние стрельбы), огонь раньше или позднее из верхней части переходит в нижнюю. Затем горит пороховой состав в нижней дистанционной части, и огонь передается через особое окошко в тарель трубки, а

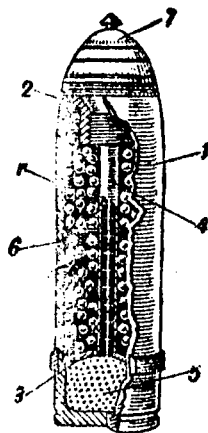


Рис. 6. Шрапнель: 1 — корпус шрапнели (стакан); 2 — головка; 3 — перегородка; 4 — центральная трубка; 5 — вышибной заряд (дымный порох); 6 — пули; 7 — дистанционная трубка.

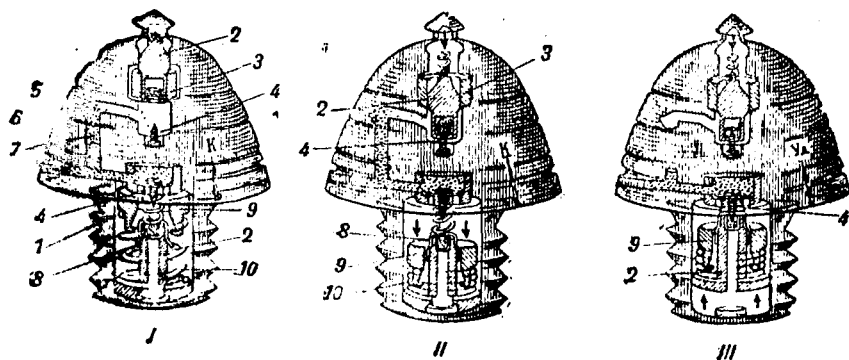


Рис. 7. 22-секундная дистанционная трубка двойного действия: I — до выстрела (установка на картечь); II — в момент выстрела (установка на картечь); III — в момент удара (установка на удар): 1 — стержень трубки (хвост); 2 — ударник с капсюлем; 3 — предохранительное разрезное кольцо; 4 — жало; 5 и 6 — верхняя и нижняя дистанционные части; 7 — порох; 8 — предохранитель; 9 — разгибатель; 10 — спиральная пружина.

оттуда проникает внутрь снаряда, что и приводит к разрыву его.

В момент выстрела, благодаря инерции, взводится и ударное приспособление трубки (рис. 7, II), в котором разгибатель выполняет ту же роль, что оседающий цилиндр взрывателя, в результате чего ударник освобождается от закрепляющих его предохранителя и пружины.

2. В момент удара снаряда в преграду (рис. 7, III), если он не разорвался в воздухе, ударник по инерции движется вперед и накалывается своим капсюлем на жало, что и приводит к разрыву снаряда обычным порядком.

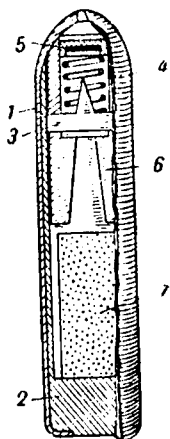


Рис. 8. Германская пристрелочная, разрывная, пуля: 1 — оболочка; 2 — свинцовый сердечник и рубашка; 3 — ударник с жалом; 4 — предохранительная пружина; 5 — капсюль; 6 — дистанционный состав; 7 — разрывной заряд.

Дистанционные трубки или дистанционные взрыватели ставят не только в шрапнелях, но и в гранатах, которые в этом случае называют дистанционными или бризантными; они дают неплохое поражение осколками.

Приспособление, подобное описанному, но гораздо более простое по устройству, применяют и в „разрывных“, или „пристрелочных“, пулях. Официально такие пули предназначаются для пристрелки целей, т. е. для показа стрелку, где именно падают выпущенные им пули. В действительности же во всех буржуазных армиях, несмотря на протоколы, устанавливающие „гуманные“ правила ведения войны и запрещающие, в частности, применение разрывных пуль, такие пули довольно широко применялись и в первую мировую войну 1914—1918 гг., и в Китае (со стороны Японии); применяются они фашистами и в настоящей войне.

Устройство подобных пуль понятно из рис. 8, действие же их заключается в следующем.

В момент выстрела капсюль, стремясь по инерции остаться на месте, сжимает пружину и накалывается на жало ударника. Огонь от воспламенившегося капсюля передается в находящийся под ним канал, наполненный медленно горящим пороховым составом. Когда весь этот состав выгорит (в германской пуле примерно через 4,5 сек.), огонь передается в пороховую камеру, и происходит взрыв наполняющего ее разрывного заряда из черного дымного пороха.

Так как за 4,5 сек. пуля успевает пролететь примерно 1,5 км, т. е. почти предельную прицельную дальность, то разрыв пули, как правило, происходит после удара в преграду, образуя видимое на этом расстоянии облачко дыма (пристрелка) и причиняя значительные ранения или повреждения при стрельбе по живым целям или по таким, например, целям, как аэростат или самолет.

Имеются разрывные пули с еще более простым устройством (разрывающиеся при ударе в цель благодаря сплющиванию), но мы здесь касаться их не будем, так как их действие понятно без всяких пояснений.

1а. Часовой механизм в снаряде и бомбе

В предыдущем очерке мы рассказали о пороховых дистанционных трубках.

Совсем недавно эти трубки были единственными, применяемыми на практике и вполне отвечающими своему назначению. Однако, быстрое развитие авиации и громадный рост значения ее в современных войнах заставили разработать и ввести на вооружение новый тип трубок — механические трубки.

Дело в том, что пороховая трубка хорошо действует лишь в тех случаях, когда снаряд летит в нижних, достаточно плотных и однородных слоях атмосферы. Когда же снаряд забирается высоко, в сравнительно редкие слои воздуха, имеющие все меньшую и меньшую плотность, пороховая трубка начинает „шалить“: иногда она вовсе тухнет, чаще же горение ее состава происходит неравномерно, в зависимости от изменяющейся плотности воздуха.

Между тем самолеты стали летать очень высоко, и для попадания в них артиллерийскими снарядами нужна, конечно, возможно более точная трубка. Такой трубкой, все шире применяющейся в зенитной артиллерии (очерк 60), и является механическая, чаще всего „часовая“ дистанционная трубка. В такой трубке вместо колец с пороховым составом вложен часовой механизм, автоматически начинающий работать в момент выстрела и вызывающий разрыв снаряда через определенный, назначенный при установке трубки, промежуток времени.

Такие трубки очень сложны и дорого стоят, но задача сбить самолет противника, не позволить ему безнаказанно бомбить войска и мирные города, настолько важна, что в наши дни механические трубки стали уже реальной действительностью.

Часовой механизм в современной войне широко стал применяться не только в дистанционных трубках, но и в минах и бомбах замедленного действия.

Выше мы говорили уже о взрывателях замедленного действия, но там речь шла о замедлении на доли секунды — этого легко достигнуть и с пороховыми замедлителями (разрыв происходит после выгорания такого замедлителя). Здесь же ставится задача вызвать разрыв мины или авиабомбы через несколько минут, часов и даже дней. Часовой механизм позволяет изготовлять такие мины и авиабомбы, вызывая немало трудностей в деле борьбы с ними. Мины замедленного действия — это своего рода „адские машины“, которые коварный противник прячет или зарывает в землю где-либо на территории, оставляемой при

отходе. Занявшие эту территорию войска через некоторое время чувствуют себя в безопасности и спокойно начинают устраиваться, налаживая пути сообщения, занимая жилые дома, располагаясь в рощах и т. п. Вдруг то на станции, то в роще, то на дороге начинают взрываться мины, разрушая и поражая все вокруг. Естественно, что это может причинить большой вред войскам. Поэтому в наши дни, занимая местность, оставленную противником, всегда надо тщательно исследовать все подозрительные участки, стремясь отыскать оставленные мины и обезвредить их, прежде чем они взорвутся.

Подобно этому, бомбардируя город, противник может сбросить, наряду с зажигательными и обычными фугасными бомбами, также и бомбы замедленного действия. Хуже всего, если такие бомбы останутся незамеченными и будут лежать где-либо на чердаке, на дворе или в саду.

После отбоя, когда все вернутся из убежищ, взрывы таких бомб могут причинить большие бедствия, поражая неукрывающихся жителей, разрушая наполненный людьми дом. Замеченную бомбу замедленного действия можно обезвредить или хотя бы резко уменьшить наносимые ею поражения. Прежде всего, каждый, заметивший неразорвавшуюся авиабомбу, должен сообщить об этом ближайшему начальнику ПВО. Около места падения бомбы тотчас укрыто располагают посты, не допускающие никого приближаться к ней. Затем специалисты ограждают бомбу мешками с песком, чтобы перехватить разлетающиеся от нее осколки, а если бомба находится внутри дома или вблизи него, то из этого дома удаляются все жильцы до тех пор, пока бомба не будет обезврежена или не разорвется. Обезвреживание бомбы затрудняется неизвестностью момента ее разрыва. Безопаснее всего разряжать ее сразу после падения, но и это допустимо лишь для специалистов, знающих устройство подобных бомб, и после принятия всех необходимых мер предосторожности.

2. Почему тяжелый снаряд летит дальше легкой пули?

Попробуйте бросить пушинку из одного конца комнаты в другой. Удастся ли это даже силачу? Нет, не удастся. Пушинка, чуть подвинувшись, как бы повиснет в воздухе и начнет медленно падать. Правда, если скомкать ее, превратив в сравнительно плотный шарик, то на 1—2 шага пушинку забросить возможно, но все же и тут никакой силой нельзя забросить ее дальше.

В чем же здесь дело? Что мешает нам бросить такое легкое тело на расстояние, на которое мы забрасываем камень, ручную гранату или любое другое плотное тело?

На первый взгляд можно подумать, что этот опыт опровергает известный закон механики, согласно которому одна и та же сила сообщает различным телам тем

большее ускорение, чем меньше масса тела (второй закон Ньютона)¹⁾.

Масса пушинки, несомненно, много меньше массы камня; даже самого маленького; следовательно, мускульная сила бросающего в состоянии сообщить ей гораздо большее ускорение, а между тем пушинка упорно не хочет двигаться и быстро останавливается.

Секрет здесь, конечно, в сопротивлении воздуха. В пустоте мы могли бы бросить пушинку дальше, чем камень, гранату и другие сравнительно массивные (тяжелые) тела. В воздухе же на пушинку действует не только сила человека, бросающего ее, но еще и сила сопротивления воздуха, которую мы в дальнейшем рассмотрим подробнее. И тут-то как раз ярко подтверждается закон зависимости ускорения от массы тела.

Сила сопротивления воздуха зависит от скорости движения тела и от его формы (см. очерки 4 и 7). Предположим, что наша скомканная пушинка и маленький камешек или дробинка имеют одинаковый объем и форму. Допустим, что бросили мы их с равными начальными скоростями. Тогда оба движущихся тела будут испытывать одинаковое сопротивление воздуха, но результат действия этой одинаковой силы будет отнюдь не один и тот же. Масса пушинки в нашем примере всегда много меньше массы камешка или дробинки. Следовательно, и ускорение, вызываемое силой сопротивления воздуха, будет для пушинки во много раз больше, чем для камешка. Но так как ускорение, вызываемое силой сопротивления воздуха, направлено всегда в сторону, обратную движению, т. е. оно тормозит, задерживает движение, уменьшает скорость, то понятно, что пушинка очень скоро потеряет свою скорость и остановится, камешек же, теряя скорость медленнее, полетит дальше. Не помогает нам и возможность бросить пушинку с большей скоростью (согласно тому же закону Ньютона), так как при этом сопротивление воздуха станет гораздо больше и мигом погасит скорость движения пушинки по направлению броска.

Какое же отношение, однако, все это имеет к военному делу? Ведь не собираемся же мы стрелять пушинками? Конечно, нет. Но если вдуматься, то нетрудно сообразить, что наша обыкновенная легкая пуля (образца 1908 г.) по сравнению, например, с артиллерийским снарядом весьма похожа на пушинку. Вес такой пули не превышает 10 г, в то время как артиллерийские снаряды весят обычно несколько килограммов, т. е. в сотни раз больше.

Теперь нам должно быть понятно, почему легкая пуля весом в 10 г, выброшенная из винтовки или пулемета со скоростью

¹⁾ Математически этот закон выражается формулой: $f = ma$, где f — сила, m — масса и a — ускорение.

870 м/сек, в лучшем случае летит на 3,5 км, в то время как обыкновенный снаряд весом в 6,5 кг, вылетающий из орудия со скоростью 600 м/сек, можно забросить на 8,5—9 км. Нам станет также понятно стремление современной техники применять помимо обыкновенных также и тяжелые пули. И теория, и опыт показывают, что, увеличивая вес, а значит, и массу пули, при стрельбе из одного и того же оружия можно значительно увеличить дальность ее полета. Так, например, увеличение веса пули всего лишь на 1 г дает увеличение дальности более чем на 1 км. Новые образцы тяжелых пуль можно забрасывать из пулемета не на 3,5 км, как раньше, а на 5 и даже 5,5 км. Так как диаметр (калибр) и форма пули остаются неизменными, то увеличение веса достигается удлинением пули. Во всех случаях, когда при том же калибре увеличивается вес, а значит, и масса пули (снарядов), принято говорить, что увеличивается поперечная нагрузка их, т. е. вес, приходящийся на единицу площади поперечного сечения пули (снаряда).

Таким образом, из всего сказанного можно сделать вывод, что чем больше поперечная нагрузка пули (снаряда), тем меньше скажется для нее сопротивление воздуха, тем дальше полетит она при прочих равных условиях.

Заметим, что тяжелые пули имеют еще и другие преимущества перед легкими: они обладают большей пробивной способностью (см. очерк 12), а также меньше рассеиваются, т. е. позволяют вести более кучную стрельбу. Введение тяжелых пуль значительно увеличивает мощность современных пулеметов, делая их еще более грозным, метким и дальнобойным оружием.

3. Некоторые секреты меткой стрельбы из ружей

Для меткой стрельбы требуется знать и уметь очень многое. Мы здесь остановимся лишь на некоторых секретах, тесно связанных с законами механики.

Известно, что при стрельбе винтовку держат в руках, упирая приклад в плечо. Для того, чтобы выстрел был метким, надо правильно стоять, правильно поддерживать винтовку и правильно вставить приклад в плечо.

При выстреле пороховые газы в канале ствола давят во все стороны равномерно. Давление газов на пулю выталкивает ее из ствола, а давление на затвор вызывает толчок винтовки назад, или, как говорят, отдачу.

Силы, действующие на пулю и на затвор, равны; и если бы массы пули и винтовки были одинаковы, то, согласно второму закону Ньютона, винтовка стремилась бы лететь назад с такой же скоростью, как и пуля вперед. Но винтовка весит в 468 раз больше пули¹⁾, и поэтому скорость отдачи незначительна

¹⁾ Вес нашей винтовки со штыком равен около 4,5 кг, а пули 9,6 г.

(около 1,8 м/сек). Однако, это не значит, что отдача получается незаметная. Если стрелок станет неправильно (рис. 9 и 10), то отдача может повалить его; если же стрелок неплотно вставит приклад в плечо, то толчком приклада он может набить себе

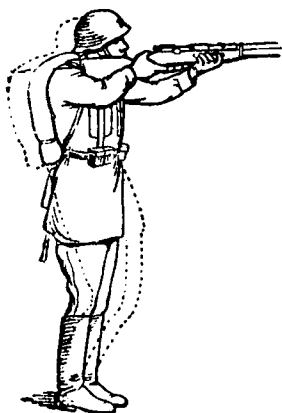


Рис. 9. Неправильное положение стрелка при выстреле.

Пунктиром показано изменение положения туловища под влиянием отдачи.

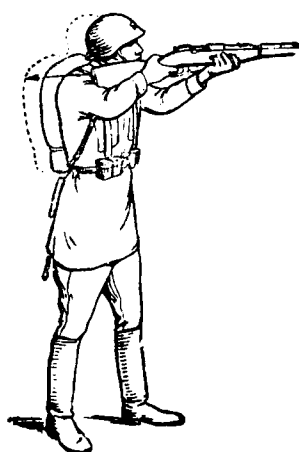


Рис. 10. Правильное положение стрелка при выстреле.

шибку и даже повредить ключицу. Для меткости стрельбы особенно важно также сохранить положение винтовки при выстреле. Если в момент выстрела ствол дернется вверх, то и пуля полетит выше, чем прицелился стрелок. Если же, наоборот, ствол наклонится вниз, то пуля пойдет ниже, чем нужно. Вот тут и важно рассчитать, как вставить винтовку в плечо стрелка.

Представим себе, что стрелок правильно вставил приклад в плечо. И на упор (которым может быть и рука стрелка) винтовка положена как раз под центром ее тяжести (рис. 11). В момент выстрела на винтовку, кроме силы тяжести Π , действует еще сила отдачи B . Рассмотрим действие этих сил. Тут нам нужно применить

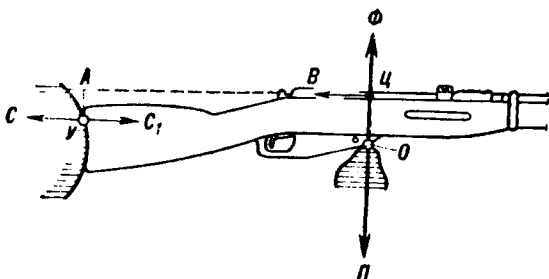


Рис. 11. Силы, действующие на винтовку в момент выстрела при правильном положении винтовки: Π — сила тяжести; Φ — противодействие упора; B — сила отдачи; C — действие на плечо стрелка; C_1 — противодействие плеча; O — упор; ζ — центр тяжести; AU — плечо пары сил B и C_1 .

уже третий закон Ньютона, который гласит: если одно тело действует с некоторой силой на другое тело, то это последнее действует на первое тело с такой же силой, но в противоположном направлении, или короче, действие равно противодействию.

Следовательно, действие силы тяжести винтовки P на упор вызывает противодействие упора Φ . И если упор находится как раз под центром тяжести винтовки, то равные силы P и Φ , направленные по одной прямой в противоположные стороны, взаимно уравниваются. Значит, эти силы винтовку не поколеблют. Но так как винтовка упирается в плечо, то в точке $У$ в момент выстрела также возникают две силы: 1) сила C — действие приклада на плечо; она приложена к плечу и заставляет стрелку несколько отклониться назад, и 2) сила C_1 — противодействие (давление) плеча на винтовку; она приложена к винтовке, равна силе C и направлена в противоположную сторону. Сила C равна силе отдачи B ; поэтому и $C_1 = B$. Таким образом, на винтовку, помимо силы веса P и противодействия упора Φ , действуют еще две силы: 1) сила отдачи B , приложенная к затвору и направленная по прямой BA , и 2) равная ей по величине, но направленная противоположно сила C_1 — действие плеча на приклад. Из механики известно, что две парал-

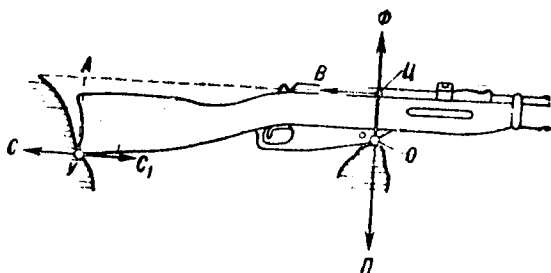


Рис. 12. Влияние места вставления приклада в плечо на меткость стрельбы. Приклад упирается в плечо нижним своим углом — пули пойдут выше цели. Обозначения те же, что на рис. 11.

лельные силы, равные по величине, но противоположно направленные, образуют пару сил, которая сообщает телу вращение вокруг оси, перпендикулярной к плоскости, в которой эти силы действуют.

Пара сил B и C_1 , как это видно из рисунка, стремится повернуть винтовку дулом вверх. Но так

как плечо $AУ$ этой пары сил (расстояние между параллельными силами) невелико, — колебание винтовки получается небольшое и на меткость влияет мало.

Теперь предположим, что подперта винтовка попрежнему правильно (рис. 12), но приклад вставлен в плечо неверно, а именно, упирается в него нижним своим краем. В этом случае плечо пары сил C_1 и B (отрезок $AУ$) будет много больше, чем при правильном положении приклада относительно плеча. Следовательно, винтовка в момент выстрела сильно дернется дульной частью вверх, и пуля полетит выше цели.

Из всего этого можно сделать вывод, что для меткой стрельбы надо правильно стать, подпереть винтовку под центром тяжести ее и плотно всей поверхностью прижать приклад к плечу. В этом случае вращение винтовки дулом вверх будем наименьшим.

4. Как падают бомбы с самолета

Оружие, действующее силой тяжести, применялось людьми очень давно. К оружию этого вида можно отнести стенобитные машины — тараны, известные в глубокой древности. К ним относятся также метательные машины с противовесом — фрондиболы, устроенные подобно журавлям деревенских колодцев. Но после появления огнестрельного оружия (XIV век), в котором используется энергия пороха, машины, действующие силой тяжести, постепенно исчезли. Лишь в XX веке сила тяжести вновь была использована как движущая сила снаряда — авиационной бомбы.

Уже в 1914—1918 гг., в первую мировую империалистическую войну, стали массами сбрасывать с самолетов бомбы для поражения войск и разрушения различных сооружений на фронте и в тылу. В современной же войне авиация вообще и авиабомбы в частности приобрели во много раз большее значение.

Авиабомбы падают под действием силы тяжести, подчиняясь известным с XVI века законам Галилея¹⁾.

Чтобы разобраться в законах падения авиабомб, начнем с падения тел в пустоте.

Под действием постоянной силы тело движется равноускоренно. Сила тяжести — постоянная сила, она действует на тело непрерывно во все время его

¹⁾ Математически эти законы выражаются так:

$$v = gt = \sqrt{2gh}, \quad (1)$$

где v — скорость, g — ускорение силы тяжести, t — время после начала падения, h — высота, с которой началось падение, откуда $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$. Эта формула применима, если тело начинает падать без начальной скорости. В случае, если тело брошено вниз с начальной скоростью v_0 , то во время падения его скорость

$$v = v_0 + gt, \quad (2)$$

а пройденный им путь

$$s = v_0 t + \frac{gt^2}{2}; \quad (3)$$

если же тело брошено вверх с такой же скоростью, то

$$v = v_0 - gt, \quad (4)$$

$$s = v_0 t - \frac{gt^2}{2}. \quad (5)$$

падения. Значит, свободно падающее тело должно двигаться равноускоренно.

В пустоте все тела падают с одинаковым ускорением, т. е. увеличение скорости падения не зависит ни от веса, ни от формы тела. Ускорение силы тяжести g равно $9,81 \text{ м/сек}^2$, или приблизительно 10 м/сек^2 .

Зная эти законы, можно определить, как падало бы в пустоте с любой высоты любое тело.

Например, бомба, сброшенная с самолета на высоте 2 000 м, в пустоте падала бы 20 сек., и скорость ее в конце 20-й секунды была бы равна 200 м/сек, а пуля или бомба, сброшенная с самолета на высоте 4 500 м, упала бы в пустоте через 30 сек., имея конечную скорость 300 м/сек.

Теперь посмотрим, какие изменения вносит воздух. Всякий знает, что в воздухе с одинаковой высоты различные тела упадут отнюдь не за один и тот же промежуток времени. Даже одно и то же тело, по-разному брошенное, будет падать различные промежутки времени. Например, кусок картона, брошенный ребром, упадет раньше такого же куска картона, брошенного плашмя.

В воздухе скорость падения тел зависит и от массы (а значит, и от пропорционального ей веса), и от формы тела. Очень легкие тела (пух, мелкие капли воды, пылинки и т. п.) могут даже плавать в воздухе, лишь очень медленно опускаясь (в этом случае говорят, что тело взвешено в воздухе).

Ниже приведены конечные скорости падения различных по весу авиабомб русской конструкции, сброшенных с высоты 4 500 м (установлено опытным путем в 1916 г.):

Вес бомбы в кг	Конечная скорость в м/сек
8	151
16	162
30	172
74	231
164	276

Как видим, все числа отличаются от конечной скорости для пули или бомбы, свободно падающих с той же высоты. Кроме того, здесь наблюдается зависимость скорости от массы бомбы.

Если с той же высоты 4 500 м сбросить круглую свинцовую пулю (весом 10 г) или стрелу (весом 25—40 г), то получаются такие конечные скорости:

Пуля	около 40 м/сек
Стрела	200 .

Но оказывается, что все перечисленные бомбы, пуля и стрела имели бы точно такие же конечные скорости, даже если бы мы сбросили их с высоты в 6 или в 10 км. Указанные скоро-

сти являются предельными для этих тел при падении их в воздухе.

Как видим, падение тел в воздухе происходит иначе, чем в пустоте.

Объясняется это тем сопротивлением, которое воздух оказывает всякому движущемуся в нем телу. Сопротивление воздуха — это тоже сила, действующая на падающее тело, но направлена эта сила в сторону, противоположную движению. При этом во время движения всякого тела в воздухе происходят следующие явления.

Во-первых, движущееся тело гонит перед собой частицы воздуха, которые не успевают раздвинуться и дать место телу. Благодаря этому перед телом создается сгущение воздуха (рис. 13).

Одновременно с этим часть воздуха обтекает движущееся тело, причем, естественно, создается трение между поверхностью тела и частицами воздуха, а также между самими частицами воздуха.

И, наконец, обтекающие тело струи воздуха срываются у его дна и образуют завихрения, подобные вихрям пыли, поднимаемой быстро движущимся автомобилем. Это явление еще усиливается устремлением частиц окружающего воздуха в разреженное пространство, возникающее сзади движущегося тела.

Таким образом, перед движущимся телом воздух сгущен, а за ним разрежен; значит, давление воздуха спереди больше, чем сзади, и тело как бы засасывается назад, что неизбежно тормозит его движение.

Из всех этих причин трение оказывает наименьшее влияние на скорость движущегося в воздухе тела; но все вместе взятое складывается в немалую силу, которая становится тем больше, чем быстрее движется тело. А так как тела падают в воздухе со значительными скоростями, то для них сопротивление воздуха имеет большое значение. Кроме того, увеличение силы сопротивления воздуха с увеличением скорости движения тела приводит к тому, что в некоторый момент падения вес (сила тяжести) падающего тела уравновешивается силой сопротивления воздуха. С этого момента тело движется уже не ускоренно, а равномерно, так как равнодействующая приложенных к нему сил равна нулю, и движение происходит по инерции. Вот поэтому-то для каждой авиабомбы, стрелы и пули существует предельная скорость, увеличить которую, не изменяя формы

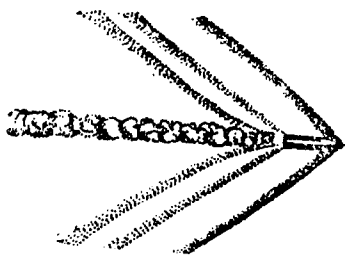


Рис. 13. Рисунок с фотографии пули, летящей слева направо. Расходящиеся в стороны полосы показывают места сгущения воздуха; за дном пули видны завихрения.

падающего тела, невозможно. Отсюда вытекает, что, начиная с некоторой определенной высоты, конечная скорость падающих в воздухе тел уже не зависит от высоты падения.

Теперь посмотрим, какое значение имеет все это на войне. Начнем с пули. Казалось бы, что может быть удобнее сбрасывания пуль с самолета? Падая с большой высоты, пули приобретут нужную скорость и будут убивать и ранить людей так же, как убивают и ранят пули, выпущенные из ружья или пулемета.

Оказывается, на практике этот способ никуда не годится. Мы видели уже, что предельная скорость для падающей в воздухе шаровой пули весом в 10 г равна 40 м/сек; а для того, чтобы такая пуля поразила человека, необходимо, чтобы скорость ее была не менее 120 м/сек. Даже для надлома кости человека (хотя бы черепной кости) нужно, чтобы такая пуля имела скорость не меньше 60 м/сек.

Тут же надо заметить, что форма пуль при сбрасывании и их с самолета не имеет почти никакого значения, так как любая ружейная пуля, падая, будет кувыркаться или чаще всего двигаться дном вниз. Таким образом, выгоды, которые имеют современные ружейные пули перед шаровыми пулями при стрельбе из винтовок и пулеметов, исчезают при сбрасывании их с самолета. Значит, любые пули, сброшенные летчиком с любой высоты, не только не могут убить человека, но даже и не причинят ему большого вреда. Такие пули оказались бы почти совершенно безопасными. Поэтому, желая поразить войска с самолета, стреляют из пулемета, пользуясь для придания пулям нужной скорости не ускорением силы тяжести, а силой пороховых газов. По этой же причине пули разорвавшихся высоко в воздухе артиллерийских снарядов — шрапнелей (см. очерк 1) — почти безопасны для людей на земле; как правило, они лишь набьют шишку на голове и порвут фуражку. Это — тоже весьма существенный вывод, так как, защищаясь от вражеских самолетов, летящих на большой высоте, артиллерия обстреливает их рвущимися в воздухе снарядами, не считаясь с тем, куда могут упасть пули и осколки этих снарядов.

Однако, помимо пуль, при разрыве шрапнели на землю падают головки и корпуса снарядов. Они уже, безусловно, опасны для людей. Поэтому-то, помимо всего прочего, при воздушном налете на город надо обязательно укрываться в убежищах.

Остается сказать несколько слов о современных авиабомбах. Вес их колеблется от 0,5 кг до 2 000 кг, а по форме своей они удобообтекаемы, т. е. вызывают наименьшее сопротивление воздуха. Благодаря этому конечная скорость авиабомб, сброшенных с обычной для боевых самолетов высоты (выше 2 000 м), всегда вполне достаточна не только для поражения людей, но и для пробития крыши дома, потолка небольшого убежища и т. д.

Чем тяжелее бомба, тем большую пробивную силу она имеет. Например, бомба весом в 500 кг углубляется в грунт средней плотности до 12 м, а в 1 000 кг — даже до 18 м. Но в основном действие бомбы определяется, конечно, не пробивной ее силой, а силой взрывчатого вещества, составляющего ее разрывной заряд, или действием наполняющего бомбу зажигательно, отравляющего или дымообразующего вещества. Для особо прочных укрытий из бетона, железобетона и стальной брони применяют специальные бронебойные бомбы, сделанные более прочно и рассчитанные на взрыв только после преодоления соответствующей преграды. Бронебойные бомбы достигают веса 1 500 кг. Такая бомба пробивает палубную броню современного морского корабля.

Надо заметить, что авиабомбам теперь научились придавать настолько выгодную форму, что при определенной высоте сбрасывания можно совсем не считаться с сопротивлением воздуха их падению. Такие бомбы называют баллистически тяжелыми. Выше мы видели уже, что для тяжелых бомб, например для русской бомбы весом в 164 кг, разница между окончательной скоростью падения ее с высоты 4 500 м в воздухе (276 м/сек) и в пустоте (300 м/сек) совсем небольшая. Если же специально для этой максимальной скорости (300 м/сек) при падении с 4 500 м придать бомбе наивыгоднейшую форму, то оказывается, что потеря ею скорости в воздухе ничтожна, и с этой потерей на практике можно вовсе не считаться.

Как мы увидим дальше (очерк 5), это обстоятельство имеет большое значение и очень облегчает бомбометание. Но, повторяем, такие бомбы практически падают, как в пустоте, только при специально рассчитанной для них высоте сбрасывания. Если же изменить эту высоту (при значительно большей высоте сбрасывания и скорость падения бомбы будет больше), то нужен будет другой профиль формы бомбы для наименьшего сопротивления воздуха ее падению; значит, и падать будет данная бомба уже не как в пустоте, а медленнее, со всеми вытекающими отсюда последствиями.

Есть и другое важное препятствие для широкого распространения таких бомб: они очень сложны в производстве. Поэтому все сказанное выше о влиянии сопротивления воздуха на скорость падения авиабомб сохраняет свою силу для большинства современных их образцов.

5. Куда упадет авиабомба?

При сбрасывании авиабомбы с самолетов нужно также прицеливаться, как при всякой стрельбе из оружия. Однако, способы прицеливания при бомбометании с горизонтального полета иные, чем при стрельбе, так как полет бомб в этом случае происходит иначе, чем полет снарядов и пуль. Авиабомбы просто сбрасывают с самолета. Поэтому бомбы прикрепляют

под крыльями (рис. 14), под корпусом самолета или в особых кассетах внутри корпуса самолета. Достаточно летчику нажать особый рычаг, чтобы бомба была освобождена держателем и начала падать.

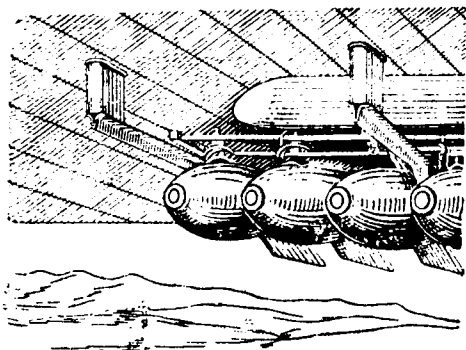


Рис. 14. Авиабомбы под крылом самолета.

двигался горизонтально, равномерно и прямолинейно со скоростью 360 км/час , т. е. 100 м/сек , и находился на высоте $2\,000 \text{ м}$. Бомба, составлявшая в момент сбрасывания одно целое с самолетом, двигалась вместе с ним; поэтому, оторвавшись от

Как же происходит это падение? Упадет ли бомба как раз под самолетом или отстанет от него? Ответы на эти вопросы дает элементарная механика. Сначала (для простоты) забудем о воздухе и разберемся в полете авиабомбы, предполагая, что полет осуществляется в пустоте.

Пусть в момент сбрасывания бомбы самолет



Рис. 15. Бомбежка немецко-фашистской танковой колонны, движущейся по дороге. Три бомбы точно легли в цель (видны разрывы — черные клубы). Остальные бомбы только что сброшены и поэтому летят пока горизонтально.

самолета, она будет по инерции двигаться с той же скоростью и в том же направлении (рис. 15). Но, с другой стороны, бомба, благодаря силе тяжести, будет падать.

Оба эти движения бомба совершает одновременно, причем ни одно из составных движений

не мешает другому (так называемый закон сложения движений). В нашем случае сложное движение бомбы составляется из двух движений:

- 1) равномерного движения по инерции и
- 2) свободного падения, т. е. равноускоренного движения с ускорением, равным приблизительно 10 м/сек^2 .

Рассчитав пути авиабомбы для 1, 2, 3,... сек., получим: а) по направлению движения самолета в горизонтальной плоскости путь для 1 сек. — 100 м, для 2 сек. — 200 м, для 3 сек. — 300 м и т. д.; б) путь, проходимый вертикально вниз, будет 5, 20 и 45 м и т. д. Таким образом, сложное движение бомбы происходило бы в пустоте по траектории, изображенной на рис. 16.

Чтобы узнать место, где упала бы бомба в пустоте, нужно сначала определить время ее падения, а затем вычислить путь, пройденный ею за это время по направлению движения самолета. Для нашего примера это будет 20 сек., за которое бомба пройдет вперед 2000 м.

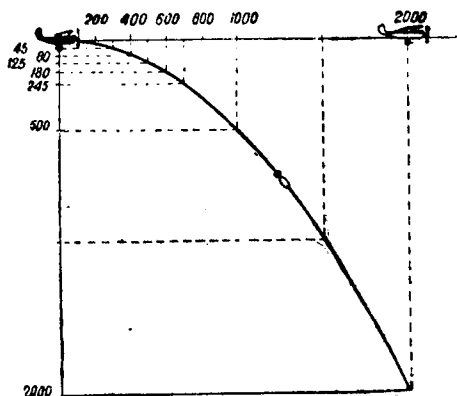


Рис. 16. Траектория авиабомбы в пустоте при бомбометании с горизонтального полета.

Значит, если бы самолет в момент сбрасывания бомбы (в пустоте) внезапно остановился или свернул в сторону, то бомба упала бы не под ним, а на целых 2 км вперед. Если же самолет продолжал бы свое горизонтальное, равномерное и прямолинейное движение, то бомба упала бы как раз под ним, так как, очевидно, за 20 сек. падения бомбы самолет пролетел бы вперед столько же, сколько и бомба.

Но все это было бы в пустоте. В воздухе дело обстоит иначе. В воздухе обычная бомба • движется не только по инерции и под действием силы тяжести, но еще под действием постоянной силы сопротивления воздуха, которая уменьшает скорость горизонтального и вертикального движения бомбы.

Выше мы уже разобрали действие сопротивления воздуха на бомбу, падающую вертикально. Теперь к этому надо прибавить еще действие сопротивления воздуха на горизонтально движущуюся бомбу. Это действие будет, очевидно, также весьма заметным, так как скорость движения самолета, а значит и бомбы (по инерции), обычно весьма значительна, а именно 100—150 м/сек. При падении бомбы, т. е. при ускоренном движении, сила сопротивления воздуха растет до тех пор, пока

не сравняется с силой тяжести. При горизонтальном же движении бомбы по инерции сила сопротивления воздуха остается почти постоянной и даже несколько уменьшается, так как слагающая скорости движения бомбы в горизонтальном направлении постепенно уменьшается.

Что же получается в результате сложения всех движений, взятых вместе? Очевидно, траектория бомбы, сброшенной с горизонтального полета в воз-

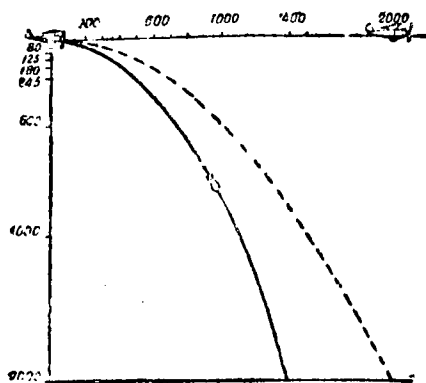


Рис. 17. Траектория авиабомбы, сброшенной с горизонтального полета в воздухе (пунктиром изображена траектория в пустоте).

духе (рис. 17), будет как бы отставать от траектории, которая получилась бы в пустоте. Для различных бомб и при различных высотах и скоростях самолета отставание это будет различным, но обычно оно будет иметь место, и с ним приходится считаться на практике.

Значит, в действительности при бомбометании с горизонтального полета авиабомба не падает под самолет: летчик увидит разрыв ее позади. Это еще более усложняет вопрос прицели-

вания при бомбометании. Поэтому теперь на каждом боевом самолете имеется сложный оптический прицел, с помощью которого летчик (штурман), предварительно установив скорость движения самолета и свою высоту над землей, может достаточно точно нацелить бомбу в нужный пункт.

Выше (очерк 4) мы уже говорили, что теперь есть и такие авиабомбы, для которых практически с сопротивлением воздуха можно не считаться (баллистически тяжелые).

Очевидно, у этих бомб почти не будет и отставания при бомбометании, — прицеливание ими будет гораздо проще, и меткость их будет больше. Но таких бомб едва ли будет много, поэтому приведенные здесь особенности метания бомб в воздухе знать нужно и важно.

Нетрудно сообразить при этом, что чем выше летит самолет, тем больше отставание бомбы и тем труднее попасть бомбой в цель, особенно малого размера. Надо учесть, что кроме отставания, вызванного сопротивлением воздуха, бомба будет отклоняться от траектории, какая получилась бы в пустоте, еще и под влиянием ветра, часто к тому же различного на разных высотах. Эти обстоятельства делают меткость бомбометания с горизонтального полета при большой высоте незначительной. Это вызвало два новых способа бомбометания: с малых высот (с бреющего полета) и с пикирования.

При малой высоте полета (5—30 метров) бомба, падая, почти не отстает от самолета, так как сопротивление воздуха не успевает еще сказаться на скорости ее горизонтального и вертикального движения. Но, очевидно, крупную бомбу так сбрасывать весьма рискованно — она может при разрыве вывести самолет из строя. Чтобы этого не случилось, с бреющего полета бросают, как правило, только мелкие осколочные и зажигательные бомбы, а фугасные бомбы снабжают взрывателями с замедленным действием, благодаря которым они разрываются, когда самолет уходит уже далеко вперед.

Но активные средства противовоздушной обороны (сокращенно ПВО) — истребители, зенитные пулеметы и артиллерия, а так же аэростаты заграждения — вынуждают самолеты противника летать высоко. Естественно, что бомбометание с бреющего полета возможно далеко не всегда: оно применяется, главным образом, против войск на походе и по объектам, не защищенным средствами ПВО. Оба эти обстоятельства вызвали прием бомбометания с пикирования.

Пикировать — это значит лететь на самолете отвесно или почти отвесно вниз. При бомбардировании с пикирования летчик обычно с большой высоты (8—10 км) или из облаков устремляет самолет вниз, нацеливаясь на подлежащий поражению объект всем самолетом. Фактически самолет стремительно падает, развивая все большую и большую скорость, доходящую до 900 км/час, т. е. 250 м/сек (истребители при пикировании развивают скорость даже до 1 000 км/час). Когда до цели остается 500—100 м, летчик освобождает бомбу и одновременно выводит самолет из пикирования, переходя в горизонтальный полет.

В этом случае бомба уже не просто падает с самолета, как при бомбометании с горизонтального полета, а как бы выстреливается с начальной скоростью, равной скорости самолета в момент сбрасывания. Таковую, но значительно меньшую скорость получает и бомба, сброшенная с горизонтального полета, но там эта скорость направлена горизонтально и не повышает, а снижает меткость бомбометания. Здесь же скорость эта направлена прямо в цель и, так как расстояние до цели очень мало, траектория бомбы оказывается почти прямой линией (рис. 18).

Это и делает бомбометание с пикирования весьма метким даже по таким малым целям, как, например, танк, корабль,



Рис. 18. Траектория пикирующего самолета (сплошная линия) и траектория авиабомбы (пунктиром), сброшенной при пикировании.

мост, отдельное здание п. т. п. При этом попасть в мчащийся пикирующий самолет из пулемета или орудия очень трудно.

О бомбардировании с пикирования начали думать давно. Ряд передовых в техническом отношении стран проектировал для этого специальные бомбардировщики задолго до начала второй мировой войны. Но широкое применение такое бомбардирование получило лишь с началом этой войны и первое время только со стороны фашистской Германии. Причиной этому явились серьезные трудности, связанные с физиологическим действием на организм летчика громадной «перегрузки» в момент выхода самолета из пике.

Прежде чем говорить о сути этой перегрузки, чем она вызывается и как люди успешно разрешили задачу приспособления летчика к условиям работы на пикирующем бомбардировщике, предоставим слово одному из лучших американских летчиков, впоследствии погибшему при испытании как раз такого бомбардировщика. Вот что пишет Джимми Колинз в своей книжке «Летчик-испытатель»¹⁾:

«Я поднялся до пятнадцати тысяч футов (4500 м) и, пикируя, нагнал скорость до трехсот миль в час (480 км/час). Потом взял ручку на себя и стал следить за акселерометром²⁾. Машина пошла вверх, и меня прижало к сиденью. Центробежная сила — огромное невидимое чудовище — давила мою голову в плечи и так прижимала меня к сиденью, что мой позвоночник сгибался, и я стонал под этой тяжестью. Кровь отлила от головы, в глазах темнело. Сквозь сгущающуюся дымку я смотрел на акселерометр и неясно различал, что прибор показывает пять с половиной. Я освободил ручку, и последнее, что я увидел, была стрелка акселерометра, движущаяся обратно к единице. Я был слеп, как летучая мышь. У меня страшно кружилась голова. Я посмотрел по сторонам на крылья самолета. Я их не видел. Я ничего не видел. Я посмотрел туда, где должна была быть земля. Спустя короткое время она начала показываться, словно из утреннего тумана. Зрение возвращалось ко мне, так как я освободил ручку и уменьшил давление. Вскоре я снова стал хорошо видеть. Я выравнялся и уже, повидимому, летел некоторое время горизонтально. Но голова моя горела, а сердце стучало, как пневматический молот.

Пока мы ждали следующего полета, кто-то рассказал мне о военном летчике, который несколько лет тому назад при испытаниях на аэродроме Райт из-за неверного акселерометра случайно сделал слишком много g. Он дошел до невероятно высокой цифры — не то двенадцать, не то четырнадцать g. У него лопнули в мозгу кровеносные сосуды. Он около года пролежал в госпитале. Говорили, что ему никогда не поправиться...».

Долго считали, что человек переносит ускорения движения порядка 30—50 м/сек², т. е. в 3—5 раз больше ускорения силы тяжести (до 5 g), но лишь в течение нескольких секунд. Однако, современные скоростные самолеты в бою вынуждают иногда летчиков при выходе из пике выносить перегрузку до

¹⁾ Гослитиздат, 1937.

²⁾ Акселерометр — прибор, показывающий перегрузку самолета в единицах ускорения силы тяжести g ($\approx 9,81$ м/сек²). Так, если акселерометр показывает 5,5, то это означает, что на самолет действует сила, вызывающая ускорение в 5,5 g, т. е. около 54 м/сек².

10—12 g (100—120 м/сек²). Если они не натренированы и не принято никаких специальных мер, смягчающих влияние таких перегрузок на организм человека, результат получается подобный описанному Колинзом и может вызвать неизлечимую болезнь или даже мгновенную смерть.

Дело в том, что при резком переходе от вертикального падения с громадной скоростью к горизонтальному полету самолет и все, что на нем находится, по инерции стремится двигаться в прежнем направлении, т. е. вниз. Это вызывает перегрузку всех частей самолета и летчика, которая тем больше, чем больше скорость пикирования и чем резче переход от пикирования к горизонтальному полету.

Если, например, перегрузка при выходе из пике достигает 10 g, т. е. десятикратного ускорения силы тяжести, то это означает, что самолет, а также летчик в этот момент становятся как бы в 10 раз тяжелее. Летчик весом в 70 кг будет давить на сиденье с силой в 700 кг и будет испытывать со стороны сидения такое же противодействие (реакцию). При этом, очевидно, и каждая часть тела летчика окажется как бы в 10 раз тяжелее: голова его с громадной силой вдавится в плечи, позвоночник прогнется, кровь будет давить на сосуды так же, как давила бы налитая в них ртуть, и вся эта „тяжелая“ кровь отхлынет вниз. Поднять такую „кровь-ртуть“ сердце уже не сможет: обескровленный мозг откажется работать, глаза перестанут видеть, человек потеряет сознание.

Вот почему закружилась голова и потемнело в глазах у Джимми Колинза даже при перегрузке в 5,5 g.

Но пикирующие бомбардировщики летают, бомбят различные цели с пикирования, и летчики их остаются невредимы.

Как же удалось науке и технике решить эту сложную задачу?

Изучение явления и многочисленные опыты помогли не только создать надежные прочные самолеты, выдерживающие перегрузки до 15 g и более, но и ввести некоторые приспособления или установить правила поведения летчика, обеспечивающие его от потери сознания и нежелательных последствий из-за нарушения деятельности организма. Мы уже установили, что самое опасное для летчика — это отлив крови от головы и возможный прогиб позвоночника. Мы знаем также, что кровь отливает вниз, что вообще сила перегрузки при выходе из пике направлена всегда отвесно или почти отвесно вниз.

Отсюда естественно, что ощущения летчика при перегрузке зависят от положения его тела в момент перегрузки. Если летчик сидит в кресле, как обычно, то кровь, отхлынувшую вниз к ногам, сердце поднять не может, и перегрузка более 5—6 g становится уже опасной. Однако, стоит летчику поджать колени к груди, т. е. уменьшить расстояние от сердца

нужно прежде всего вычислить, сколько времени будет продолжаться подъем камня. Слагающая скорости камня вверх равна около 14 м (в нашем примере слагающая скорости по горизонтали имеет такое же значение); воспользовавшись приведенной в очерке 4 формулой (4), получим, что время поднятия камня равно 1,4 сек.

Следовательно, согласно формуле (5), камень поднимется на высоту около 10 м. Для вычисления дальности полета камня нужно учесть, что время движения камня до его падения на землю вдвое больше времени подъема (подъем и падение происходят в равные промежутки времени), стало быть, равно 2,8 сек. За этот промежуток времени камень пролетит по горизонтали около 40 м. Так обстоит дело, если камень бросить с указанной начальной скоростью под углом 45° .

В механике доказывается, что дальность полета брошенного тела будет наибольшей при угле бросания в 45° . При уменьшении этого угла или при его увеличении дальность броска уменьшается. Нетрудно сообразить при этом, что в любую точку можно забросить тело двумя способами, под двумя различными углами бросания. Если тело бросить под углом, превышающим 45° , то оно опишет крутую высокую траекторию — навесную траекторию. Если же тело брошено под углом, меньшим 45° , то оно описывает низкую и пологую траекторию, которую называют настильной.

Эта возможность попасть в большую часть целей по двум траекториям, стреляя под двумя углами наклона, используется в артиллерии.

Если, например, нужно поразить цель, находящуюся за укрытием, то снаряд пускают по крутой, навесной траектории; для этого используются гаубицы и мортиры — орудия, выпускающие снаряды со сравнительно небольшой начальной скоростью, но под большими углами к горизонту. При стрельбе же по открытым целям нужно, чтобы снаряд двигался по настильной траектории, так как в этом случае поражаемое пространство больше. Для этого применяются пушки, сообщающие снарядам большую начальную скорость.

Все наши рассуждения велись в предположении, что сопротивление воздуха отсутствует. В действительности же пренебречь сопротивлени-

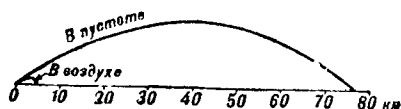


Рис. 20. Траектория пули в пустоте и в воздухе.

ем воздуха нельзя, ибо оно сильно влияет на весь ход движения пули и снарядов. Достаточно привести следующие данные: в безвоздушном пространстве наша винтовка на прицеле 10 послала бы пулю на 26 км, тогда как в действительности пуля летит только на 1 км; при выстреле из нашей

винтовки под углом 45° (рис. 20) пуля пролетела бы в пустоте ни мало ни много — 77 км, а в воздухе она в лучшем случае пролетит примерно 3,5 км.

Ну, а как полетят артиллерийские снаряды? Мы уже указывали (очерк 2), что сопротивление воздуха для снаряда несколько иное. Чем массивнее тело, тем меньше отражается на скорости его движения тормозящее действие сопротивления воздуха.

Снаряды много массивнее пуль, поэтому на их полете сопротивление воздуха сказывается значительно меньше. Вот, например, наша 76-миллиметровая пушка образца 1902 года посылает снаряд со скоростью 588 м/сек. В безвоздушном пространстве этот снаряд можно было бы бросить на 35 км, а в действительности — в воздухе — он летит лишь 8,5 км, т. е. на расстояние, примерно в 4 раза меньшее.

7. Борьба с сопротивлением воздуха

Все сказанное в предыдущем очерке еще раз убеждает нас в том, какое большое значение имеет сопротивление воздуха для всех быстро движущихся тел. А на войне скорость движения — одно из важнейших требований ко всяким боевым машинам и ко всем пулям и снарядам. Для боевых машин скорость нужна, чтобы быстрее и внезапнее появляться перед противником, чтобы меньше страдать от его огня (чем быстрее движется машина, тем, очевидно, труднее в нее попасть). Снарядам и пулям скорость нужна для увеличения дальности полета и для увеличения энергии их при ударе в цель (очерк 12).

Из разобранных выше примера с камнем, брошенным под углом к горизонту на земле (рис. 19), нетрудно заключить, что при увеличении скорости движения камня в два или три раза во столько же раз увеличилась бы и дальность его полета. Правда, в воздухе эта зависимость не так проста (с увеличением скорости движения увеличивается и сила сопротивления воздуха), но во всяком случае увеличение скорости, с которой выбрасывают снаряды и пули из оружия, является одним из средств увеличения дальности стрельбы.

Чтобы наглядно показать, с какими скоростями движутся различные военные машины, пули, снаряды и различные цели (последнее пригодится нам в будущем), мы приводим диаграмму скоростей (рис. 21), выраженных в м/сек. Как видно из этой диаграммы, с наибольшими скоростями движутся на земле пули и снаряды. Но громадными скоростями отличаются также и самолеты.

Раньше (очерк 4) мы видели уже, что сопротивление воздуха движущимся телам зависит не только от скорости, но также от формы тела.

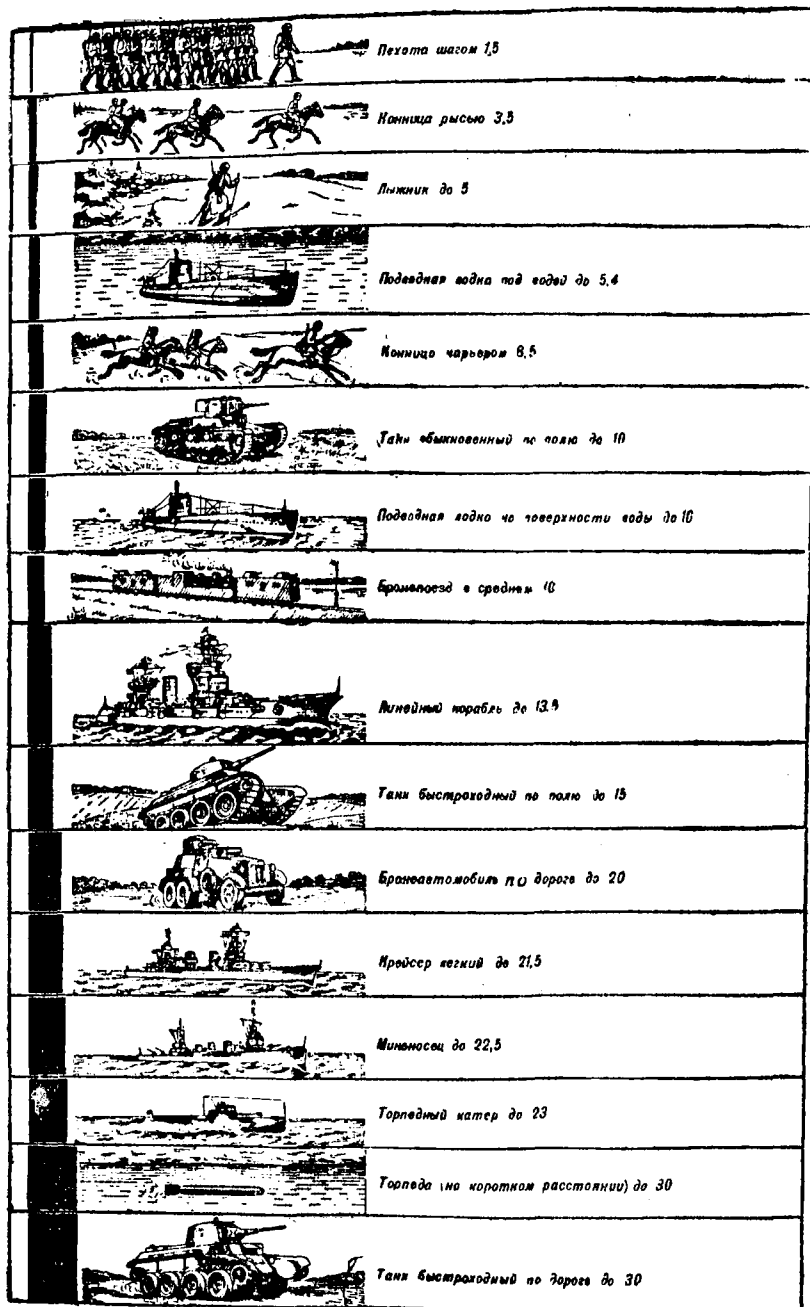


Рис. 21. Диаграмма скоростей в м/сек.

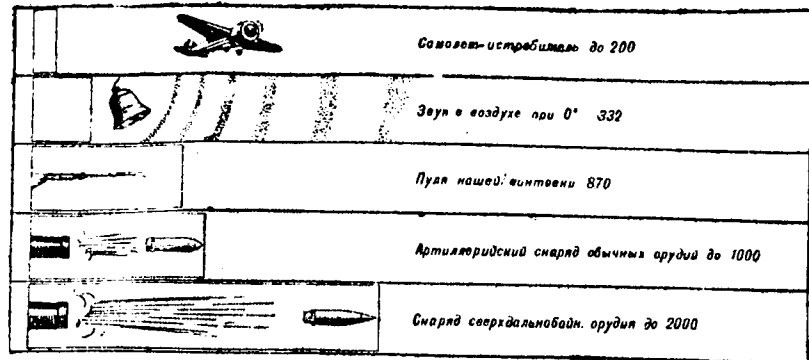


Рис. 21. Диаграмма скоростей в м/сек (продолжение).

Поэтому техника постоянно стремится улучшить формы снарядов, пуль, самолетов и других быстро движущихся машин, добиваясь их наибольшей удобообтекаемости. Раньше и пули, и снаряды были шарообразные (рис. 22, А). Затем их стали делать цилиндрическими с заостренной головной (передней) частью (рис. 22, Б); но мы уже знаем, что и это еще далеко от идеала, так как завихрения, образующиеся сзади снаряда (рис. 13), засасывают его назад.

Снаряд испытывал бы гораздо меньшее сопротивление воздуха, если бы и сзади он имел заостренный конец. В настоящее время новые снаряды и пули делают уже часто не только заостренными в головной части, но и со скошенной донной частью (рис. 22, В).

Такое изменение формы резко сказывается на увеличении дальности стрельбы снарядами и пулями. Вот несколько чисел, иллюстрирующих это явление.

При одинаковых зарядах и всех прочих данных стрельбы наибольшая дальность (в километрах) получается следующей:

- Для тупой пули (ныне не применяется) 3
- „ острой обыкновенной пули 3,5
- „ новейшей острой пули со скошенной донной частью 4

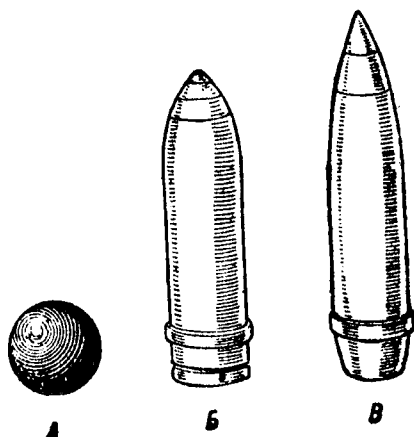


Рис. 22. Изменение формы снарядов в связи с изменением скоростей их полета: А — шаровой снаряд; Б — снаряд цилиндрической формы; В — новейший снаряд со скошенной донной частью.

Подобно этому наибольшая дальность в километрах:

Для обыкновенного 75-миллиметрового снаряда	8
„ новейшего 75-миллиметрового снаряда со скошенной донной частью	10

Таким образом, одно лишь улучшение формы снаряда дает увеличение дальности до 25%.

Общезвестно стремление улучшить форму самолетов и их отдельных частей, чтобы уменьшить силу сопротивления воздуха.

В заключение заметим, что улучшение формы быстро движущихся тел является не единственным способом борьбы с сопротивлением воздуха. Имеются иные средства, с частью которых мы уже знакомы (очерк 2), а с другими познакомимся в следующем очерке.

8. Тайна стрельбы на сотню километров

В первую мировую империалистическую войну 1914—1918 гг., в то время как самые дальнобойные пушки могли забросить снаряд не далее 25—40 км, Париж неожиданно был обстрелян из артиллерийских орудий, находившихся от него на расстоянии 120 км.

Секрет этой сверхдальней стрельбы, совершенно случайно обнаруженный немцами при испытании одной из дальнобойных пушек, заключается все в той же борьбе с сопротивлением воздуха.

Мы видели, что самая обыкновенная небольшая пушка забросила бы снаряд на 35 км, если бы полету снаряда не мешал воздух. Но как избавиться от сопротивления воздуха?

Тут нужно вспомнить свойство атмосферы. Плотность воздуха, окружающего земной шар, тем меньше, чем выше воздух над поверхностью земли. Ближайший к земле слой воздуха, толщиной примерно в 10—11 км, называется тропосферой и имеет сравнительно большую плотность. Следующие за ним верхние слои, так называемая стратосфера, обладают уже много меньшей плотностью, а на высоте более 20 км воздух настолько разрежен, что там даже при больших скоростях движения тел последние практически почти не испытывают сопротивления.

Вот это-то свойство атмосферы и позволяет стрелять на 120 км. Из громадной пушки (рис. 23) длиной около 34 м выбрасывался снаряд весом около 120 кг со скоростью до 2 000 м/сек под углом 52° к горизонту¹⁾. Быстро прорезая плотный слой воздуха, снаряд забираясь ввысь и главную часть пути двигался в безвоздушном пространстве. На этом участке

¹⁾ Такой угол нужен для того, чтобы в область почти безвоздушного пространства снаряд вошел под углом в 45°, при котором в пустоте получается наибольшая дальность полета снаряда.

пути скорость снаряда не уменьшалась, и поэтому он пролетал сотню километров вместо обычных 25—30 км при движении в воздухе (рис. 24).

Остается сказать лишь несколько слов о применимости этого принципа в будущем. Пр же всего интересно знать, можно ли

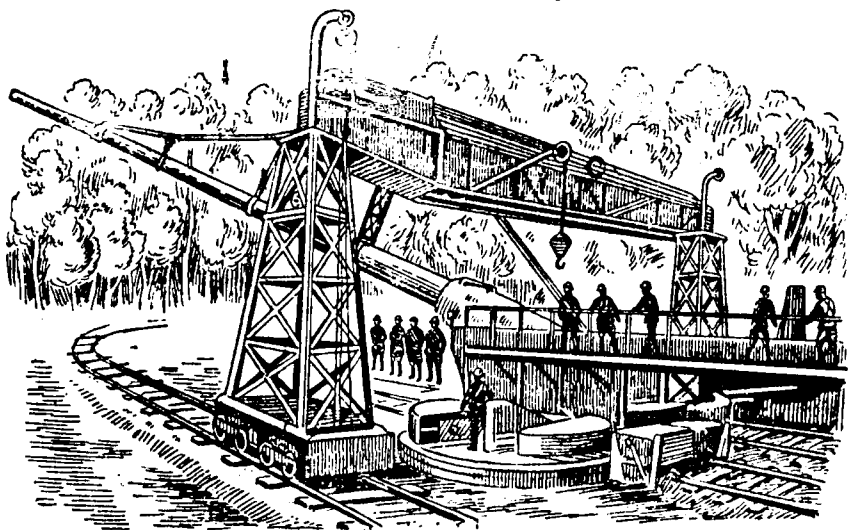


Рис. 23. Сверхдальнобойная пушка.

таким путем увеличить дальность стрельбы обычных пушек? Конечно, нельзя, так как для забрасывания снаряда на такую громадную высоту нужен очень сильный бросок, т. е. большой заряд пороха. У сверхдальнобойной пушки этот заряд

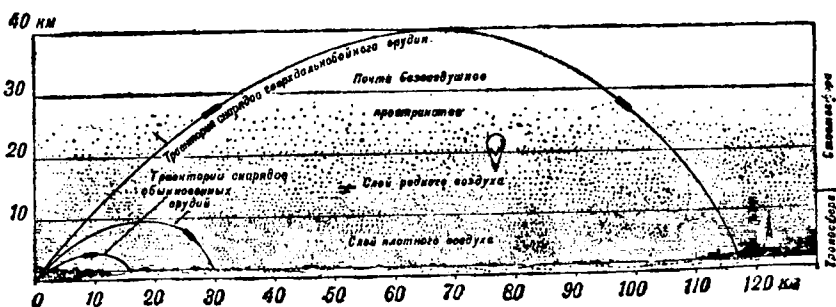


Рис. 24. Траектория снаряда сверхдальнобойной пушки.

весил, по различным сведениям, не менее 150—200 кг. Но большой заряд требует толстых стенок ствола и большой длины его, так как иначе либо пороховые газы разорвут ствол, либо порох не успеет сгореть до вылета снаряда из ствола. Толстый и длинный ствол, естественно, будет очень тяжелым и потребует

тяжелого и прочного станка (лафета). В результате общий вес орудия окажется равным нескольким десяткам тысяч килограммов, и такое орудие можно будет перевозить только по железной дороге. Так и получается на практике: немецкая сверхдальнобойная пушка с установкой весила 750 т, французская сверхдальнобойная пушка на железнодорожной платформе весила 320 т.

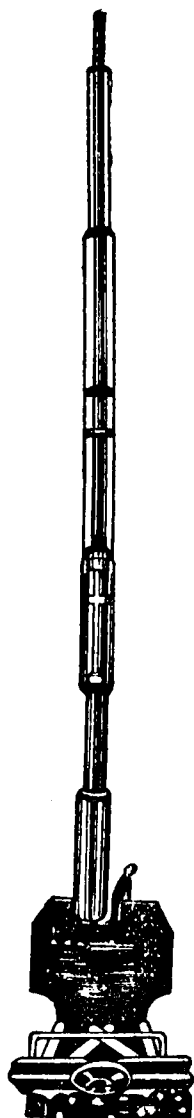


Рис. 25. Современная сверхдальнобойная пушка.

Сверхдальнобойные орудия применяются в очень ограниченном количестве, так как и орудия и особенно стрельба из них стоят очень дорого, а подходящими целями для такой стрельбы являются лишь очень большие города, которые выгоднее забросать бомбами с самолетов.

Чтобы представить себе, как велика стоимость выстрела из сверхдальнобойной пушки, надо учесть, что из ствола ее без капитальной переделки можно сделать примерно всего лишь 50 выстрелов. Но все же такая стрельба имеет и большие преимущества перед воздушной бомбардировкой. Самолеты можно отогнать, об их налете можно предупредить, их налет не может быть особо длительным. Обстрел же артиллерией всегда внезапен, может быть весьма длительным, и прекратить его можно, лишь уничтожив орудия, что практически чрезвычайно трудно.

Некоторым подтверждением сказанному является артиллерийская дуэль через Ла-Манш, продолжающаяся почти непрерывно после захвата Германией побережья Бельгии, Голландии и Франции. Дальнобойные орудия, установленные на обоих берегах Ла-Манша, систематически обстреливают корабли противника, пытающиеся пройти через пролив, и побережье, соответственно, Англии и захваченных Германией стран. Стрельба ведется на дальности 40, 60, 80 км из специальных орудий, одно из которых показано на рис. 25. Одно время в заграничных журналах и газетах появились сообщения о том, что немцы работают над созданием орудий, стреляющих на 240 км и предназначенных будто бы для обстрела Лондона с побережья Голландии.

Орудия, стреляющие через Ла-Манш, используют тот же принцип увеличения дальности, что и прочие сверхдальнобойные орудия, т. е. стрельбу через стратосферу.

9. Когда сопротивление воздуха спасает

Сопротивление воздуха нередко мешает на войне: оно резко сокращает дальность боя оружия, уменьшает скорость движения боевых машин и т. д.

Но есть случаи, когда то же сопротивление воздуха спасает людей и дает возможность применять новые приемы борьбы. Каждый, вероятно, догадывается, что речь идет о всем ныне известном парашюте. Знают, конечно, все и то, что парашют применяют теперь не только для спасения экипажа самолета в случае аварии или повреждения его противником в воздушном бою, но и для воздушных десантов и для сбрасывания различных грузов войскам. Воздушный десант — это высадка войск с самолетов в тылу противника. Высаживают авиадесант либо после посадки самолетов в расположении противника, что, конечно, — далеко не всегда возможно и просто осуществить, либо сбрасывая бойцов и оружие на парашютах. Вот этот последний случай мы и рассмотрим.

Прежде всего интересно еще раз (см. очерк 4) разобраться в явлении падения различных тел в воздухе. До сих пор мы интересовались лишь падением бомб, пуль и стрел, установив, что в большинстве случаев даже такие сравнительно удобообтекаемые тела при падении с большой высоты приобретают некоторую предельную скорость, после чего двигаются равномерно. Конечно, каждое из тел и каждая из авиабомб имеют свою предельную скорость в зависимости от их веса и формы. Для легких пуль предельная скорость падения равна 40 м/сек, для очень тяжелых бомб около 300 м/сек. А как будет падать тело человека? Конечно, и для него сопротивление воздуха имеет не меньшее значение. Правда, человек имеет немалый вес: 60—80 кг, но зато форма тела его весьма „невыгодна“ для движения в воздухе: при падении тело человека испытывает очень большое сопротивление. Понятно поэтому, что предельную скорость падения в воздухе человек приобретает очень быстро — на 10—15-й секунде, и величина ее не превышает 98 м/сек, чаще всего бывает равна 52—53 м/сек.

Таким образом, тело человека при падении развивает скорость в 1,5—2 раза больше самого быстроходного танка (см. рис. 21). Человек падал бы со скоростью 190 км в час, если бы можно было падать не минуты, а часы! Понятно, что при такой скорости движения всякий удар человека о любое препятствие, будь то земля, вода, снег, явится смертельным. Кинетическая энергия человека, весом в 90 кг, падающего со скоростью 50 м/сек, равна примерно 10 000 кгм, а человека, падающего со скоростью 100 м/сек, — соответственно 40 000 кгм. Это близко к энергии, которой обладают снаряды среднего калибра в самом начале их движения после выстрела. Поэтому падающий с большой высоты человек не только неизбежно погибнет сам, но и убьет всякого, на кого он случайно упадет.

Вывод очевиден и давно известен. Чтобы спастись, чтобы остаться целым и невредимым при падении с большой высоты, необходимо затормозить падение, уменьшить скорость этого падения до 4—7 м/сек. При этой скорости, согласно опыту, человек испытывает такой же примерно удар, как при прыжке с высоты в 2—3 м (кинетическая энергия тела человека равна при этом 70—200 кгм).

Вот эту задачу и решает вполне успешно парашют. Роль его сводится к тому, чтобы увеличить поверхность падающего тела, испытывающего сопротивление воздуха.

Идея парашюта известна давно: впервые его описал Леонардо да Винчи в XV веке, а первый прыжок с парашютом был совершен в 1617 г. Фаустом Веранчио. Но широкое распространение он получил совсем недавно, когда авиация стала общепринятым средством транспорта и новым массовым родом войск.

Современный парашют (рис. 26) тренировочного типа имеет купол площадью около 60 м² (радиус около 8,7 м), а парашют для летчиков — около 42 м². Такая большая площадь парашюта и вызывает большое сопротивление воздуха, резко уменьшающее скорость падения человека.

Но медленное падение парашютиста имеет и свои минусы. На войне медленно падающий человек представляет слишком легкую уязвимую цель, а, как показал опыт войны в Испании и современной

Рис. 26. Современный парашют тренировочного типа.

войны, ныне фашисты безжалостно расстреливают в воздухе даже спасающихся на парашюте летчиков. О парашютных десантах или сбрасываемых на парашютах диверсантах нечего и говорить, — с ними, естественно, будут бороться огнём с земли.

Кроме того, при скорости падения 5 м/сек парашютист с большой высоты спускается очень долго, например с 8 000 м — почти полчаса. И если в атмосфере сильный ветер, то рассчитать место посадки очень трудно, так как парашютиста может отнести в сторону на несколько километров. С другой стороны, малая скорость падения нужна только к моменту приземления: в движении при скорости до 100 м/сек человек не испытывает никаких неудобств, и оно совершенно безвредно.

Учитывая все это, стали применять особый вид прыжка с парашютом — затяжной прыжок, при котором прыгающий рас-

крывает парашют лишь за несколько сотен метров до земли. Остальное время человек падает без парашюта, т. е. со скоростью 50—100 м/сек, в зависимости от положения тела (вниз головой — скорость больше, боком или „сидя“ — меньше) и от плотности воздуха (на большой высоте плотность меньше, а скорость больше). В падающего с такой скоростью человека трудно даже прицелиться, а тем более попасть; часто он будет вовсе не замечен, до тех пор пока не раскроет парашют.

Таким образом, затяжные прыжки на войне являются иногда необходимостью, и к ним надо быть готовыми.

На практике фашисты чаще всего сбрасывали десанты и диверсантов с малых высот (100—200 м), но это возможно, конечно, лишь ночью на участках, не защищенных средствами ПВО, или днем на пустынной местности, где никто не может оказать сопротивления.

Для сбрасывания грузов применяют парашюты с меньшей площадью купола и, следовательно, с большей скоростью снижения — до 8 м/сек.

В заключение отметим, что, благодаря отверстию в центре купола парашюта, он весьма устойчив при снижении; в то же время можно управлять его падением, натягивая те или иные тросы купола и добиваясь „скольжения“ парашюта в нужную сторону. Действуют современные парашюты безотказно. Есть уже парашюты, автоматически раскрывающиеся на заданной высоте,— это позволяет пользоваться затяжным прыжком малоподготовленным людям и при сбрасывании грузов.

10. Стрельба по самолетам и с самолетов

Каждый, кто охотился на дичь, знает, насколько легче попасть в птицу на ветке или на земле, чем на-лету. И если все же искусный охотник попадает в птицу на-лету, особенно стреляя дробью, то надо учесть, что дичь летает совсем не быстро, и стреляют в нее обычно на небольших расстояниях, метров за 30—50. Теперь представим себе, что наша задача — попасть в летящий самолет. Правда, самолет в сотни и тысячи раз больше любой птицы, но зато и летит он во много раз быстрее и стрелять по нему приходится на больших расстояниях.

Для примера рассмотрим случай, когда неприятельский самолет пролетает над головой стрелка на высоте 500 м со скоростью 100 м/сек, т. е. 360 км/час. Неопытный стрелок прицелился бы в летчика, рассчитывая в него попасть. Однако, это ему никогда не удалось бы, так как за время полета пули самолет уйдет далеко от того места, где он был в момент выстрела. Любой охотник знает, что при стрельбе „в лёт“ целиться надо не в птицу, а в точку на пути ее полета, на некотором расстоянии от нее. Расстояние это называют упреждением. Рассчитаем, какое же упреждение надо взять, чтобы в нашем случае можно было попасть в самолет.

Из таблицы (на стр. 49) времени полета пули на различные расстояния видно, что расстояние в 500 м пуля пролетает в 0,8 сек. За 1 сек. самолет пролетит 100 м, а за время полета пули (0,8 сек.) он переместится на 80 м ($100 \text{ м} \times 0,8 = 80 \text{ м}$).

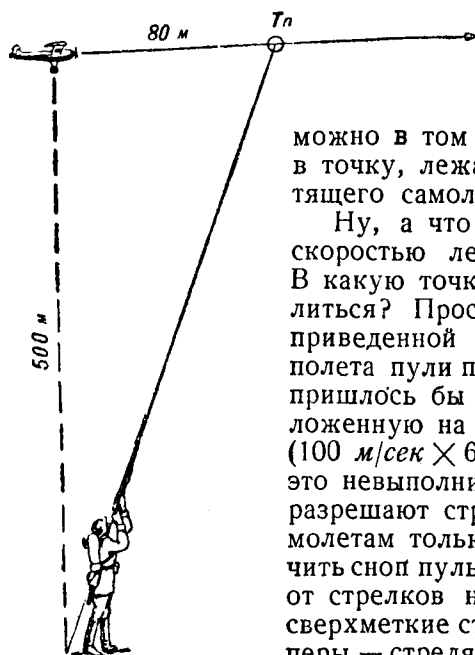


Рис. 27. Прицеливание в летящий самолет. T_n — точка прицеливания.

Очевидно, что рассчитывать на попадание можно в том случае, если прицелиться в точку, лежащую на 80 м впереди летящего самолета (рис. 27).

Ну, а что если самолет с той же скоростью летит на высоте в 2000 м? В какую точку перед ним следует целиться? Простой расчет на основании приведенной выше таблицы времени полета пули показывает, что здесь уже пришлось бы целиться в точку, расположенную на 670 м впереди самолета ($100 \text{ м/сек} \times 6,7 \text{ сек.} = 670 \text{ м}$). Ясно, что это невыполнимо. Поэтому войскам и разрешают стрелять из винтовок по самолетам только группами (чтобы получить сноп пуль), когда самолет находится от стрелков не далее 500 м, и лишь сверхметкие стрелки — воздушные снайперы — стреляют по самолетам одиночными выстрелами, однако при условии, что цель удалена от стрелка не более чем на 800 м.

Еще сложнее, конечно, стрельба по самолетам из артиллерийских орудий на расстоянии от 3 до 8—10 км, так как снаряд на это расстояние летит десятки секунд. Чтобы решить здесь „задачу встречи“ снаряда с самолетом, приходится либо пользоваться сложными таблицами, либо применять графический метод (выполнять чертеж на специальном планшете), либо, наконец, использовать автоматические, очень сложные приборы, в которых система счетных машин и механизмов вычисляет все необходимые для стрельбы данные (см. очерк 60). При стрельбе артиллерии гораздо труднее заставить орудие следить за целью (наводить орудие непрерывно в цель), поэтому обычно за самолетом наблюдают в специальные оптические приборы; данные же для направления орудий в цель передают с этих приборов к орудиям. Чтобы зарядить орудие, также нужно время. Таким образом, кроме времени на полет снаряда до „точки встречи“, приходится учитывать и время на подготовку орудий к выстрелу. Это еще больше усложняет все расчеты. Однако, в настоящее время специальные зенитные орудия (приспособленные для стрельбы в зенит, т. е. вертикально вверх),

особенно при наличии автоматических приборов управления огнем, успешно справляются с этой сложной задачей.

Но если трудно попасть в летящий самолет, то не менее трудно стрелять и тому, кто сам находится на движущемся самолете. Тут прежде всего надо будет учесть изменение начальной скорости полета пули, причем окажутся возможными весьма различные случаи сложения скоростей.

Таблица времени полета легкой пули (образца 1908 г.) на различные расстояния

Расстояние в метрах	Время полета в секундах	Расстояние в метрах	Время полета в секундах
100	0,1	1 100	2,4
200	0,3	1 200	2,8
300	0,4	1 300	3,2
400	0,6	1 400	3,6
500	0,8	1 500	4,0
600	1,0	1 600	4,5
700	1,2	1 700	5,0
800	1,4	1 800	5,5
900	1,7	1 900	6,1
1 000	2,1	2 000	6,7

Предположим, что легкая пуля (образца 1908 г.), выпущенная из пулемета, находящегося на самолете, вылетает со скоростью 860 м/сек, а самолет движется в том же направлении (рис. 28, I) со

скоростью 100 м/сек. Очевидно, в этом случае начальная скорость полета пули относительно земли будет больше обычной на 100 м/сек, так как к скорости полета пули прибавится еще скорость движения ее по инерции, равная скорости самолета.

Если стрелять в сторону, противоположную движению самолета (рис. 28, II), то результат получим обратный: начальная скорость полета пули окажется меньше обычной на 100 м/сек.

И, наконец, если стрелять под некоторым углом к направлению движения самолета, то скорость пули относительно земли будет меньше или больше обычной, в зависимости от угла между скоростями пули и самолета (рис. 28, III и IV).

Однако, все эти расчеты имеют сравнительно мало значения для решения вопроса о прицеливании. Гораздо важнее учесть движение самолета относительно цели. Когда цель неподвижна,

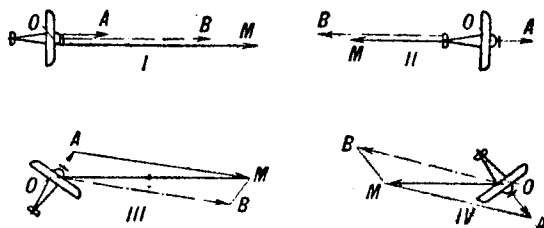


Рис. 28. Начальная скорость пули при стрельбе с движущегося самолета: OA — скорость самолета; OB — скорость пули, сообщаемая ей при выстреле; OM — скорость пули в результате сложения движений; I — стрельба в направлении движения самолета; II — стрельба в направлении, противоположном движению самолета; III и IV — стрельба под углом к направлению движения самолета.

определить точку прицеливания можно по тем же правилам, что и для стрельбы с земли по самолету, т. е. надо знать время полета пули и вычислить расстояние, на которое пуля сместится в сторону, двигаясь по инерции со скоростью самолета. Пусть, например (рис. 29), летчик стреляет по цели, удаленной от него на 800 м. Самолет движется перпендикулярно к линии стрельбы вправо со скоростью 80 м/сек. Прицеливаться надо влево на 112 м, так как пуля это расстояние летит 1,4 сек. и за это время переместится по инерции вправо на 112 м.

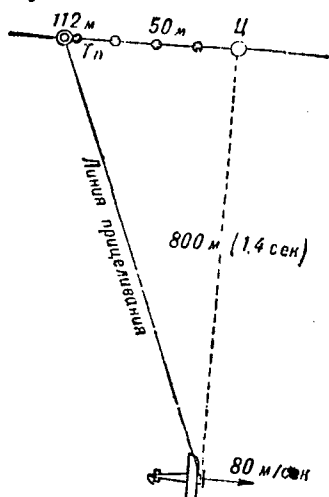


Рис. 29. Стрельба с самолета по неподвижной цели: Ц — цель, Тп — точка прицеливания.

В том случае, если и цель движется, расчеты будут гораздо сложнее, и попасть в цель сумеет лишь опытный стрелок.

Однако, в наше время бой в воздухе, когда стрельба ведется с одного самолета по другому, — обычная вещь. Вот что говорит по этому поводу один из лучших французских летчиков-истребителей Фонк, сбивший за время мировой войны 126 (официально 75) германских самолетов:

«Когда я летаю на „Спаде“, то попадаю в цель так же, как если бы я стрелял с руки.

Это совсем не легко. Надо принять во внимание, что и атакующий и атакуемый перемещаются с громадной скоростью и при этом находятся на разных высотах. Нужно мгновенно оценить скорость противника, сопоставить ее с собственной скоростью и предусмотреть те отклонения в траектории полета пули, которые зависят от угла обстрела. Сильно влияет на полет пули и сопротивление воздуха, которое в свою очередь меняется в зависимости от высоты. В зависимости от обстоятельств все эти поправки либо взаимно аннулируются, либо дают какой-то новый производный фактор. Чтобы вам объяснить это более конкретно, я должен сказать, что, находясь однажды только в 200 м от одного немца, мне нужно было установить прицел на точку, лежащую на 20 м впереди него.

Для того, чтобы свести к минимуму необходимость вносить поправки в прицел, надо открывать огонь с дистанции на 100—200 м. Значит, в распоряжении летчика имеется только несколько секунд для стрельбы.

Времени так мало, что я часто успевал выпустить не более 5—6 пуль. Правда, мне по большей части этого было достаточно, чтобы сбить противника¹⁾.

Все эти трудности стрельбы в воздушном бою не мешали Фонку и многим героическим летчикам республиканской Испании и Китая десятками сбивать самолеты противника, иной раз затратив на сбитый самолет всего лишь несколько пуль. Отлично стреляют и наши красные воздушные снайперы, показы-

¹⁾ Газета „Красная звезда“, № 132 от 10 июня 1935 г.

вающие, что при соответствующей тренировке и умении быстро и правильно рассчитать необходимые поправки можно надежно поражать воздушного врага небольшим количеством выстрелов.

Чтобы разобраться теперь, в каких же условиях проще, а в каких сложнее воздушная стрельба и когда какие поправки необходимо делать, рассмотрим наиболее типичные случаи взаимного движения стрелка и цели.

Сначала возьмем простейший случай, когда оба самолета находятся на одной высоте (рис. 30) и летят в одном и том же направлении с одинаковой скоростью. Нужно ли в этом случае принимать во внимание скорость движения самолетов? Механика учит, что в данном случае движение пули происхо-

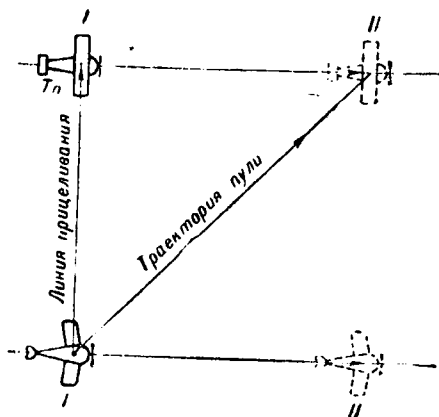


Рис. 30. Стрельба с самолета по самолету при параллельном движении их в одном направлении с равной скоростью. Положение: I — в момент выстрела; II — в момент попадания пули. Тп — точка прицеливания.

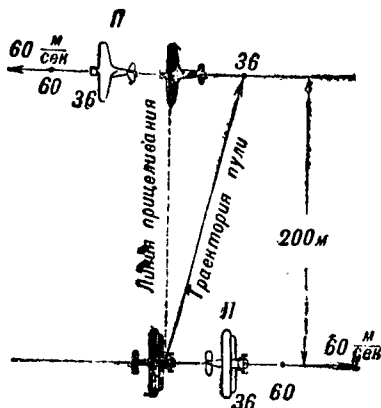


Рис. 31. Стрельба с самолета по самолету при параллельном движении их в противоположных направлениях с равной скоростью. Положение: I — в момент выстрела; II — в момент попадания пули.

дит так, как происходило бы оно в случае покоящихся самолетов. Правда, если самолеты будут значительно удалены друг от друга, то на полет пули немалое влияние окажет сопротивление воздуха, направленное в сторону, противоположную направлению движения самолетов; но в воздухе на большое расстояние стрелять не приходится, так как слишком мала вероятность попасть. На малых же расстояниях влияние сопротивления воздуха будет ничтожным, и с ним можно не считаться.

Другое дело, если самолеты двигаются навстречу друг другу (рис. 31), пусть опять на одной высоте и с равной скоростью. Очевидно, чтобы попасть здесь и при малых расстояниях, надо считаться со скоростью движения самолетов, так как, с одной стороны, пуля по инерции будет перемещаться вместе со стреляющим пулеметом, а с другой стороны, самолет-цель будет уходить от нее в противоположную сторону.

На рисунке скорость самолетов взята 60 м/сек, а расстояние между ними—200 м; при данных условиях пуля отстает от цели на 72 м.

При больших расстояниях и при большей скорости движения самолетов отставание, очевидно, было бы еще больше. Поэтому разобранный случай стрельбы на встречных параллельных курсах является одним из самых сложных, в особенности для современных скоростных самолетов.

Действительно, если считать, что скорость самолетов равна 540 км/час, т. е. 150 м/сек, то в условиях только что решенной нами задачи (рис. 31) целиться придется в точку, отстоящую от самолета-цели на 180 м. Очевидно, при этих условиях попасть в цель можно только случайно. И стрелять имеет смысл лишь тогда, когда самолеты летят совсем близко друг от друга.

Еще сложнее случай движения самолетов под углом друг к другу. Здесь уже придется считаться с перемещениями в сторону как самолета, так и цели. И, однако, все эти трудности не мешают нашим героям летчикам десятками сбивать фашистских налетчиков, атакуя их в самых различных положениях.

Правда, теперь для борьбы в воздухе на самолетах имеются уже не только пулеметы, но и пушки. Зачем же понадобилось ставить на самолет пушку? Ведь каждый лишний килограмм веса на самолете является минусом, а пушка и ее снаряды всегда весят больше пулемета и пуль.

Оказывается, целесообразность вооружения самолетов пушками определяется прежде всего указанными выше трудностями стрельбы в воздушном бою. Действительно, вероятность попасть с самолета в самолет при громадной скорости движения и стрелка и цели очень мала. Важно поэтому, чтобы каждое попадание было эффективным, т. е. выводило самолет из строя. Обычная пуля такой эффективностью не обладает. Попадая в крылья самолета, в его корпус, в хвостовое оперение, в шасси, пуля почти не причинит вреда самолету. Десятки наших отважных летчиков возвращались из боя на буквально изрешеченных пулями самолетах, которые через несколько часов получали способность подняться в воздух и разить врага.

Другое дело, когда в самолет попадает разрывной снаряд даже самой маленькой пушки, калибром в 20 мм. Попадание такого снаряда в самолет, как правило, выводит его из строя. Если учесть к тому же бронирование ответственных частей самолета (кабина летчика, баки с горючим) и очень большое значение, которое приобрела теперь борьба самолетов с танками, то станет понятной необходимость вооружения современных боевых самолетов авиапушками в дополнение к остающимся и очень нужным в бою авиапулеметам.

Авиапушки устанавливают чаще всего в крыльях и в корпусе самолета, крупные самолеты имеют их по 2—3. Стреляют они подобно пулеметам автоматическим огнем и служат отличным средством борьбы с врагом в воздухе и на земле (танки).

11. Можно ли рукой поймать пулю и погибнуть от неподвижной пули?

Когда мы выше говорили о стрельбе с самолета по самолету, то подчеркивали бессмысленность такой стрельбы на большое расстояние. Однако, в действительности может случиться, что самолет окажется обстрелянным с очень большого расстояния. Взять хотя бы случай, когда звено (3—5) самолетов ведет бой с таким же звеном неприятеля. Отдельные самолеты, стреляя друг в друга, случайно могут осыпать пулями машины, находящиеся от них на большом расстоянии. В этом случае вполне возможно рукой поймать летящую пулю.

Но сначала поставим вопрос: какова причина невозможности ловить пули в обычных условиях? Почему на земле, даже когда пуля теряет свою скорость, перед тем как упасть, ее все же никак не поймаешь? А если и поймаешь, то поранишь руку.

Причина простая: большая скорость движения пули и неподвижность человека, пытающегося ее ловить. Кто играл в лапту, наверное замечал разницу в ударе, испытываемом от мяча в различных случаях. Когда мяч летит навстречу бегущему, — удар особенно чувствителен. Когда мяч попадает в стоящего на месте, то удар тоже значителен; но когда игрок быстро убегает от мяча, то удар бывает часто так слаб, что его вовсе не замечают и долго спорят о том, что удара вовсе и не было. Все это зависит от разности скоростей движения ударяющихся тел. Чем эта разность меньше, тем удар слабее. Положим, что мяч летит со скоростью 10 м/сек, а игрок бежит со скоростью 5 м/сек. Если они движутся навстречу друг другу, то разность скоростей их равна $10 \text{ м/сек} - (-5 \text{ м/сек}) = 10 \text{ м/сек} + 5 \text{ м/сек} = 15 \text{ м/сек}$. Если игрок стоит, то разность скоростей их равна $10 \text{ м/сек} - 0 \text{ м/сек} = 10 \text{ м/сек}$. И, наконец, если игрок и мяч движутся в одном направлении, то разность скоростей их равна $10 \text{ м/сек} - 5 \text{ м/сек} = 5 \text{ м/сек}$.

Пуля, даже на излете, имеет скорость не меньше 40 м/сек, т. е. двигается в 4 раза быстрее сильного ветра. Естественно, что человеку в обычных условиях никак ее не поймать. Но самолет движется со скоростью до 200 м/сек, а при пикировании, т. е. при почти отвесном полете вниз, — до 300 м/сек (очерк 5). Поэтому он вполне может двигаться, не отставая от пули и даже догоняя и перегоняя ее.

Так, средняя скорость тяжелой пули на пятом километре равна 130—150 м/сек, т. е. пятый километр эта пуля пролетает в два раза медленнее, чем пикирующий самолет, а если взять шрапнельную пулю (очерк 1), то ее скорость часто не превышает 100 м/сек.

Вот и представим себе, что в некоторый момент самолет и пуля имеют равные скорости и примерно одно и то же направление. Разность скоростей их, таким образом, равна нулю.

Значит, и сила удара руки летчика о пулю тоже будет равна нулю. Следовательно, летчик может спокойно взять в руку летящую рядом с ним пулю.

Но если при известных условиях летчик может безболезненно поймать пулю рукой, то, наоборот, при некоторых других условиях того же летчика может поразить неподвижная пуля. Действительно, поскольку сила удара при встрече (столкновении) двух тел зависит прежде всего от разности в скоростях их движения, постольку практически безразлично, какое из этих двух тел движется, а какое неподвижно. Важно относительное движение двух тел. Мы так привыкли к движущейся пуле и неподвижной цели, что нам кажется невероятной возможность поражения летчика неподвижной пулей. А между тем это вполне возможно и очень просто по существу. Кому не знакома опасность быть раненым или даже убитым ударом о толстую ветку дерева при быстрой езде на велосипеде, мотоцикле или автомобиле? И разве не все равно, ударят ли с силой неподвижного автомобилиста палкой или он сам с той же силой ударится о неподвижную палку, находясь в движении вместе с машиной? Совершенно то же случилось бы с летчиком в воздухе, если бы на пути его движения оказались любые неподвижные твердые тела. В дальнейшем мы расскажем подробнее о так называемых „воздушных заграждениях“ (очерк 25), теперь же отметим лишь, что вполне возможно подвесить на нескольких привязных аэростатах воздушную сеть из тонких проволок. Вот и представим себе, что на концах этих проволок привязаны обыкновенные шрапнельные пули.

Пусть теперь наш самолет налетел на одну из этих пуль так, что она как раз попала в летчика. Спрашивается: может ли эта пуля поразить летчика? Оказывается, может. Все дело лишь в скорости движения самолета.

Допустим, что скорость нашего самолета 360 км/час , т. е. 100 м/сек . Значит, летчик и пуля столкнутся со скоростью 100 м/сек . Это будет равносильно тому, что в летчика попала бы пуля, летящая со скоростью 100 м/сек . При весе пули в 20 г этой скорости вполне достаточно для того, чтобы не только ранить, но и убить летчика (см. очерк 14). А если скорость самолета равна 150 м/сек , то для надежного поражения летчика вполне достаточно неподвижная пуля весом в 10 г .

Но все это мы разобрали лишь для уяснения сущности вопроса. В действительности же едва ли есть нужда подвешивать пули в воздухе, так как воздушная сеть и без пуль неизбежно вызовет катастрофу самолета, налетевшего на нее.

Гораздо интереснее рассмотреть случай борьбы в воздухе двух самолетов, один из которых будет разбрасывать пули на пути движения другого.

Выше мы говорили уже (очерк 4), что простейший и весьма соблазнительный способ сбрасывания пуль с самолета для поражения наземных войск никуда не годится ввиду того, что скорость пуль, которые падают на землю, не превышает 40 м/сек.

Но там цель была неподвижна, а для надежного поражения необходима большая скорость пули. Теперь же мы знаем, что и неподвижная пуля нанесет поражение современному скоростному самолету, если только она встретится с ним, т. е. попадет в него, или, вернее, если самолет попадет в пулю, так как здесь все происходит как раз наоборот случаю обычной стрельбы из оружия в неподвижную цель.

Значит, в воздушном бою способ простого сбрасывания пуль с самолета может уже оказаться действительным. Посмотрим, однако, какие для этого нужны условия. Возьмем сначала случай движения самолетов в одном направлении и с равной скоростью. Очевидно, что сброшенные пули, падая, будут в то же время по инерции двигаться в сторону движения обоих наших самолетов и с равной им скоростью. Следовательно, самолет противника не может столкнуться с пулей, он не догонит ее. И даже если сопро-

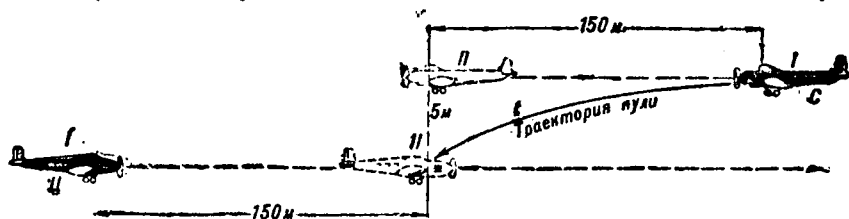


Рис. 32. Сбрасывание пуль с самолета. Положение: I — в момент сбрасывания пуль; II — через 1 сек.; C — самолет, с которого сбрасывают пули; Ц — самолет-цель.

тивление воздуха несколько задержит поступательное движение пули, разность в скоростях пули и самолета будет явно ничтожной.

Получится как раз тот случай, когда пули можно будет ловить рукой без всякого вреда для себя.

Значит, в этом случае способ сбрасывания пуль не применим.

Рассмотрим обратное положение, когда самолеты движутся навстречу друг другу, для простоты пусть снова с равной скоростью (рис. 32). В этом случае сброшенные с верхнего самолета пули явно окажутся весьма опасными для нижнего, если только пуля и самолет встретятся, т. е. попадут друг в друга. Разность скоростей их движения будет равна удвоенной скорости движения самолетов, т. е. для современных скоростных машин примерно 300—360 м/сек.

При такой скорости окажется поражающей (убойной) даже совсем легкая пуля, весом всего лишь в 2 г, т. е. в 5 раз более легкая, чем обыкновенная ружейная пуля.

Рассчитаем, однако, просто ли будет в этих условиях попасть самолету в пулю. Предположим, что разность высот полета наших самолетов равна 5 м (рис. 32). Тогда для падения пули до уровня движения нижнего самолета понадобится 1 сек., так как в первую секунду всякое свободно падающее тело проходит около 5 м. С сопротивлением воздуха на таком коротком пути и при малой скорости падения пули считаться, конечно, не надо. Как будто время на падение пули нужно ничтожно малое — всего 1 сек. Но за это время самолет и пуля пройдут навстречу друг другу совсем немалое расстояние, а именно, в наших условиях, по 150—180 м. Значит, чтобы рассчитывать на возможное попадание пули в самолет, сбрасывать ее с верхнего встречного самолета надо в тот момент, когда расстояние между самолетами равно 300—360 м, или, иначе, за 1 сек. до встречи самолетов. Траектория пули при этом получится весьма отлогой, что выгодно для поражения жизненных частей самолета (винт, летчик, мотор, баки с горючим). Вероятность попадания в данном случае должна быть немалой: пуля падает сравнительно очень медленно (скорость в конце 1-й секунды падения 10 м/сек), и на уровне самолета при высоте его в 2—3 м пуля будет находиться почти 0,5 сек. А так как, конечно, сбрасывать надо не одну, а сотни пуль сразу, можно почти с уверенностью рассчитывать на поражение самолета, если только мы не допустим грубой ошибки в определении превышения одного самолета над другим и расстояния между ними.

Не следует, однако, думать, что все это очень легко сделать. При больших скоростях движения самолетов трудно определить за 300 м, насколько один самолет идет выше другого. Без соответствующих приборов ошибки могут быть очень большими.

В наше время много делают для изучения и завоевания стратосферы, т. е. слоя атмосферы выше 10—11 км. Для этой цели понадобятся уже не обычные самолеты, а специальные стратопланы.

При полетах в стратосфере, например на высоте в 17—20 км, стратоплан, благодаря почти полному отсутствию сопротивления воздуха, может развивать сказочную скорость, выражающуюся не в сотнях, а в тысяче, а может быть и больше, километров в час. Вот и интересно, как при таких необычных скоростях изменятся разобранные нами случаи борьбы в воздухе.

Особенно любопытными становятся многие явления в случае достижения стратопланами скорости, равной начальной скорости пули, т. е. примерно 800—900 м/сек, что равняется 2880—3240 км/час.

Начнем с неправдоподобных, но простейших случаев. Представим себе борьбу стратостата со стратопланом (рис. 33). Пусть стратостат наш в момент выстрела из его кабины совершенно неподвижен, а стратоплан удаляется от него со скоростью пули. Очевидно, пуля не догонит в этих условиях стратоплана.

Но в этом случае вовсе не требуется, чтобы скорости пули и стратоплана были равны. Если скорость пули будет на

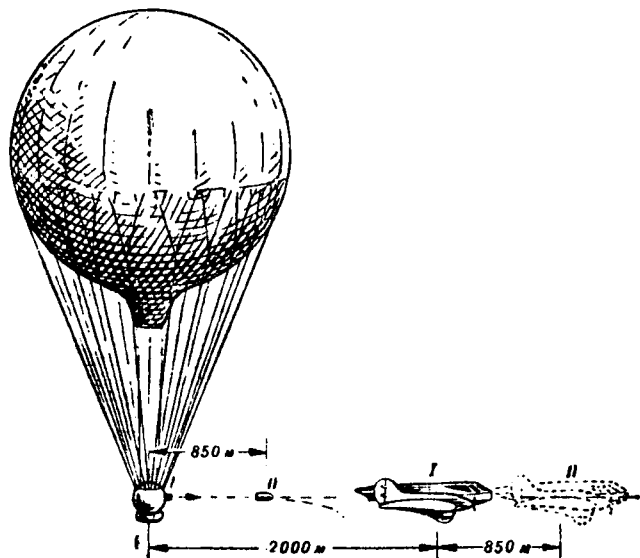


Рис. 33. Стрельба со стратостата по удаляющемуся стратоплану. Положение: I — в момент выстрела; II — через 1 сек.

50—100 м/сек больше скорости стратоплана, стрельба по нему все же будет бесцельной, так как пуля весом в 10 г будет поражающей лишь при относительной скорости не менее 120 м/сек.

В случае движения стратоплана на стратостат (рис. 34) все будет происходить, конечно, иначе. Здесь уже, подобно рассказанному выше, пуле для надежного поражения стратоплана скорость вовсе не нужна. Можно не стрелять, а просто насыпать пули на пути стратоплана, и они будут опасны ему при ничтожно малом весе в 0,25 г, даже при скорости стратоплана 800 м/сек. Это уже могут быть не пули, а мелкая дробь, примерно такая, какую берут с собой стратостаты в виде балласта (вместо песка). И эти мелкие дробинки будут рвать крылья стратоплана, поражать летчиков, пронизывать тела их насквозь. Вот что сделает необычная скорость движения цели.

Не менее ясно, что способ простого рассеивания пуль или дроби еще более пригоден в случае встречного движения двух

стратопланов на различной высоте (рис. 32), когда поражающей (убойной) будет не только дробинка весом в 0,25 г, но и пылинка металла весом всего лишь в $\frac{1}{16}$ г или около 6 сантиграммов. Но зато бросать эти дробинки надо будет, даже при

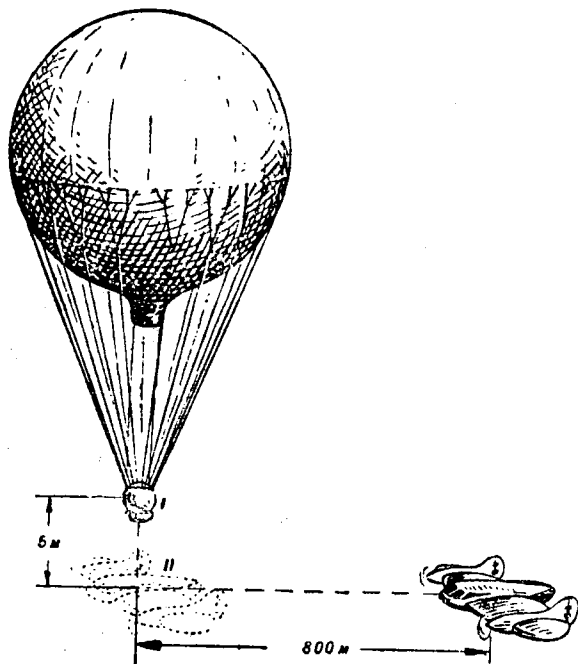


Рис. 34. Сбрасывание пули со стратостата по приближающемуся стратоплану. Положение: *I* — в момент сбрасывания пули; *II* — через 1 сек.

разности высот стратопланов всего в 5 м, в тот момент, когда стратопланы будут на расстоянии 1 600 м друг от друга.

Наконец, рассмотрим еще один любопытный случай. Пусть стратопланы (рис. 35) находятся на одной высоте и летят в одном направлении друг за другом на расстоянии в 600 м со скоростью 600 м/сек. И пусть стрельба ведется с переднего стратоплана назад (из турельного пулемета, который может быть направлен в любую сторону). Расстояние в 600 м пуля проходит в 1 сек., т. е. скорости стратопланов и пули равны.

Если отрешиться от земли и воздуха, то и тут все происходит самым обычным образом. Стрелок должен поставить прицел 6 (на 600 м) и наводить в стратоплан врага без всяких поправок. Но если посмотреть на землю, то мы обнаружим неподвижность пули относительно земли в горизонтальной плоскости. Действительно, за 1 сек. пуля под влиянием толчка пороховых газов должна пролететь назад 600 м и в ту же 1 сек. она должна по инерции переместиться вперед (по направлению полета стратоплана) также на 600 м. Иначе

говоря, она останется неподвижной относительно земли, и можно сказать, что не пуля вылетит из ствола пулемета, а пулемет улетит от пули. Толчок пороховых газов нужен лишь для того, чтобы остановить пулю на том месте, где произве-

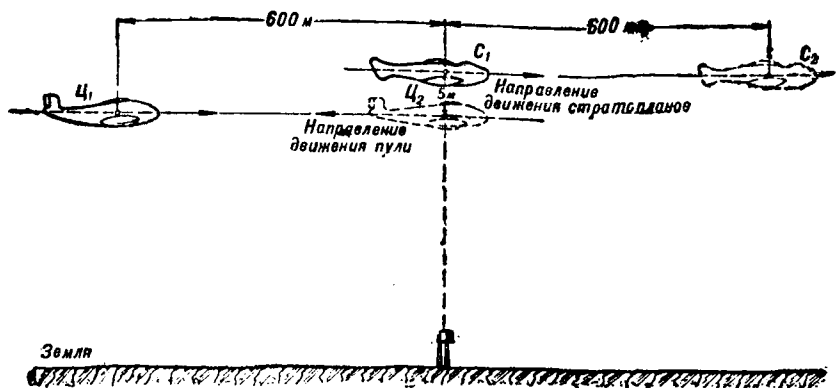


Рис. 35. Стрельба со стратоплана по стратоплану. Движение пули относительно земли. C_1 и C_1 — положения стратопланов в момент выстрела; C_2 и C_2 — через 1 сек.

ден выстрел. И здесь опять не пуля будет попадать в цель, а сама цель (стратоплан C) налетит на неподвижную в горизонтальной плоскости (относительно земли) пулю.

Таким образом, стрельба в стратосфере сулит нам много неожиданностей, а рассмотрение особых условий, в которых она будет протекать, дает нам возможность отчетливо уяснить себе законы относительного движения и сложения скоростей.

12. Снаряд и поезд. Броня и пуля

Из физики известно, что всякое движущееся тело обладает энергией движения или, иначе, кинетической энергией (от греческого слова „кинема“ — движение).

Кинетическая энергия равна половине произведения массы тела на квадрат скорости, т. е.

$$E = \frac{mv^2}{2}.$$

Если за единицу массы взять 1 г, а за единицу скорости 1 см/сек, то кинетическая энергия выразится в эргах.

Однако, в технической практике более употребительной единицей энергии является килограмметр (кгм), который примерно в 100 миллионов раз больше эрга¹⁾. Для того, чтобы кинетическую энергию выразить в килограмметрах, за еди-

¹⁾ 1 грамм-сила = 981 дин; 1 килограмм-сила = 981 000 дин; 1 кгм = 98 100 000 эргов или, округляя, 100 000 000 эргов.

ницу скорости надо взять 1 м/сек, а за единицу массы — техническую единицу массы, которая получается делением веса тела G в килограммах на ускорение силы тяжести g , выраженное в м/сек², т. е. на 9,81 или приближенно на 10^{*}). Следовательно, если вес тела равен 100 кг, то его масса равна круглым числом

$$\frac{G}{g} = \frac{100 \text{ кг}}{10 \text{ м/сек}^2} = 10 \text{ техн. единиц массы.}$$

Таким образом, если мы хотим получить кинетическую энергию, выраженную в килограммометрах, то вычисления нужно делать по формуле:

$$E = \frac{\frac{G}{g} v^2}{2} = \frac{Gv^2}{2g}$$

или приближенно

$$E = \frac{Gv^2}{20},$$

где G — вес в килограммах и v — скорость в м/сек.

Зная это, подсчитаем и сравним энергию движения пассажирского поезда и артиллерийского снаряда. Положим, что вес поезда равен 500 т (500 000 кг) и движется он со скоростью 72 км/час, т. е. 20 м/сек. Кинетическая энергия его будет:

$$E = \frac{500\,000 \times (20)^2}{20} = \frac{500\,000 \times 20}{1} = 10\,000\,000 \text{ кгм.}$$

Теперь возьмем крупный снаряд, весом в 600 кг, имеющий скорость движения при вылете из орудия 1 000 м/сек. Кинетическая энергия такого снаряда окажется равной

$$E = \frac{600 \times (1\,000)^2}{20} = \frac{600\,000\,000}{20} = 30\,000\,000 \text{ кгм.}$$

Иначе говоря, энергия движения подобного снаряда в три раза больше энергии движения пассажирского поезда на полном ходу.

Вот и представьте себе, что происходит, когда такой снаряд ударяется в броню корабля или в самое прочное оборонительное сооружение (ДОТ).

Конечно, такими снарядами стреляют лишь самые крупные орудия, но если подсчитать энергию движения даже самых распространенных снарядов войсковой артиллерии, то и тут получим громадные величины, близкие к энергии движения паровоза весом в 50 т на полном ходу.

Однако, это не означает, что от снарядов нет защиты. Земля, бетон и стальная броня при некоторой толщине слоя их являются надежной защитой от снарядов.

^{*}) Это следует из второго закона Ньютона $G = mg$, где G — сила веса тела, m — масса тела, g — ускорение силы тяжести.

Попробуем рассмотреть этот вопрос, начав с самого маленького из снарядов — с пули — и с самой надежной преграды в виде брони.

Стальная броня при толщине всего лишь в 7—8 мм является уже хорошей защитой от пуль. Такой броней различной толщины со всех сторон покрыты танки и броневомобили (очерк 16), из такой брони делают щиты для наблюдателей (рис. 36), а теперь бронируют даже некоторые самолеты. Значение брони при этом вполне понятно. Обладая необходимой прочностью, она останавливает летящие пули, препятствуя их дальнейшему движению в том же направлении. Пуля при этом сплющивается, расплавляется (очерк 32) или, смявшись, отскакивает от брони.

Но все это верно лишь для обыкновенных пуль калибра 7—8 мм, которые были единственными до появления бронемашин. Когда же стали массами применять в бою бронированные боевые машины (главным образом, танки), тогда появились и специальные пули и специальное оружие более крупного калибра, годные для борьбы с этим

новым средством военной техники. Такие специальные пули называли бронебойными. Отличаются они (рис. 37) тем, что сердечник у них не свинцовый, как у обычной пули, а стальной, и оболочка чаще бывает двойная — наружная обычная (из мельхиора или плакированного железа) и внутренняя — свинцовая. Пули эти делают более тяжелыми, чем обычные (равного веса с так называемыми тяжелыми пулями)¹⁾. В результате прочная и более тяжелая бронебойная пуля пробивает броню толщиной до 7—9 мм с расстояния до 400 м. Очевидно, на меньшем расстоянии эта пуля пробьет более толстую броню (не толще, однако, 10—11 мм), а на большем расстоянии — менее толстую (например на 1000 м только в 2—5 мм). Таким образом теперь уже нельзя гово-

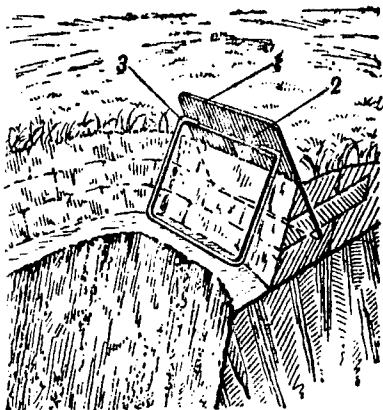


Рис. 36. Стальной щит для наблюдателя в окопе: 1 — щит; 2 — прорезь; 3 — подставка.

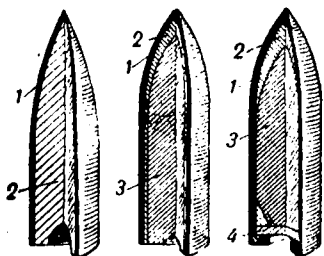


Рис. 37. Обыкновенная пуля и два образца (английский и американский) бронебойных пуль: 1 — оболочка (мельхиоровая или плакированного железа); 2 — свинец; 3 — стальной сердечник; 4 — свинцовый поддон.

¹⁾ Причина этого объяснена в очерке 2.

речь о непробиваемости брони пулями, даже если броня и толще 7—8 мм. Поэтому интересно разобрать вопрос, от каких причин зависит броневой эффект пули.

Сейчас мы остановимся только на некоторых из этих причин, а именно, на влиянии веса, точнее массы пули и скорости ее в момент удара в броню.

Пробивая броню, пуля совершает работу. А мы знаем, что всякое движущееся тело может совершить тем большую работу, чем больше его кинетическая энергия. Выше мы уже установили, что эта энергия в технических единицах, т. е. в килограммметрах, приближенно может быть вычислена по формуле:

$$E = \frac{Gv^2}{20}.$$

Теперь подсчитаем кинетическую энергию пули различного веса, обладающих различными скоростями, и сделаем выводы.

1) Возьмем обыкновенную пулю нашей винтовки, встретившуюся с броней на расстоянии 500 м от точки вылета. Вес G этой пули округленно примем равным 10 г (в действительности пуля весит 9,6 г), т. е. 0,01 кг. Скорость v пули на расстоянии в 500 м нетрудно определить из таблицы на стр. 49.

Для этого посмотрим, сколько времени необходимо пуле для полета на расстояние от 400 до 600 м. В таблице находим, что 400 м пуля летит 0,6 сек., а 600 м — 1 сек. Следовательно, на путь в 200 м (от 400 до 600) пуля тратит 0,4 сек., и средняя скорость ее на этом участке пути равна $200 \text{ м} : 0,4 \text{ сек.} = 500 \text{ м/сек.}$ Подставив теперь наши данные в формулу, получим:

$$E = \frac{0,01 \times 500^2}{20} = \frac{2500}{20} = 125 \text{ кгм},$$

т. е. кинетическая энергия такой пули в момент встречи с броней на расстоянии 500 м равна 125 кгм.

2) Теперь предположим, что нам удалось сконструировать пулю в 2 раза более тяжелую ($G = 0,02 \text{ кг}$), но встречающую броню с той же скоростью (500 м/сек). Очевидно, ее кинетическая энергия в момент удара в броню будет в 2 раза больше:

$$E = \frac{0,02 \times 500^2}{20} = \frac{5000}{20} = 250 \text{ кгм}.$$

3) Если же добиться увеличения в 2 раза скорости нашей обычной пули ($G = 0,01 \text{ кг}$), т. е. того, чтобы в момент встречи ее с броней пуля имела скорость 1000 м/сек, то кинетическая энергия движения увеличится уже не в 2, а в 4 раза:

$$E = \frac{0,01 \times 1000^2}{20} = \frac{10000}{20} = 500 \text{ кгм}.$$

Выводы отсюда очевидны: броневой эффект прямо пропорционально весу пули и квадрату ее скорости в момент удара в броню.

Теперь понятно, что наша бронебойная пуля (образца 1930 г.), имеющая вес 10,7 г (округленно 1 г), т. е. на 1 г, или на 100%, больше, чем обыкновенная пуля, обладает большим бронебойным действием. Но, кроме этого, мы знаем уже (очерк 2), что более тяжелые пули лучше сохраняют свою скорость; следовательно, на этом же состоянии они будут иметь большую скорость, чем легкие пули. Благодаря этому тоже получим немалый выигрыш. Все это вместе взятое, плюс большая прочность бронебойных пуль, делает их достаточно мощными против нетолстой брони на небольших расстояниях, а именно: на 400 м они пробивают броню лучшего качества толщиной в 7 мм, обладая при этом кинетической энергией

$$E = \frac{0,011 \times 500^2}{20} = 137,5 \text{ кгм.}$$

Из этих же наших выводов становится понятным стремление современной техники возможно больше увеличить начальную скорость полета пули.

Изобретатель инженер Герлих, идя по этому пути, получил начальную скорость полета пуль порядка 1500 м/сек, т. е. в 2 раза большую, чем у обычных современных винтовок, что привело к совершенно необычным и очень интересным результатам. Бронебойное действие его „ультрапуль“¹⁾ оказалось даже больше, чем можно было ожидать на основании изложенных здесь рассуждений. Но об этом мы подробнее расскажем в следующем очерке. Здесь же кратко остановимся на бронебойном действии снарядов.

Очевидно, что артиллерийские снаряды, как обыкновенные, так и особенно бронебойные (рис. 38), обладают весьма значительным бронебойным действием, так как вес их в десятки и сотни раз больше, чем вес пуль, а скорость в момент встречи с броней либо не меньше, либо немногим меньше, чем у пуль (вспомним, что более массивные тела лучше сохраняют скорость при полете в воздухе).

Но прежде чем говорить о конкретном бронебойном действии снарядов, надо учесть еще одно очень существенное обстоятельство, а именно угол, под которым снаряд ударяется в броню, или так называемый угол встречи (рис. 39).

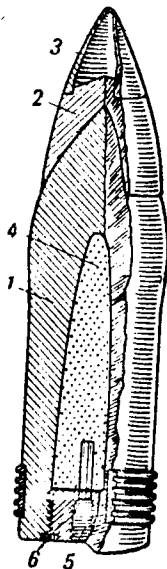


Рис. 38. Бронебойный снаряд: 1—корпус; 2—тупой бронебойный наконечник из мягкой стали; 3—баллистический наконечник; 4—разрывной заряд; 5—взрыватель; 6—винтовое дно.

¹⁾ „Ультра“ значит „сверх“, „свыше“, „по ту сторону“.

Конечно, угол встречи влияет и на пробойность пуль (выше мы для упрощения считали, что он всегда наивыгоднейший, т. е. равен 90°), но пули, попадающие в броню под углом менее 60° , обычно вообще не пробивают броню, а соскальзывают с нее — рикошетируют; для снарядов же вполне возможно пробивание брони и при небольших углах встречи (не менее 30°).

Из рис. 39, А видно, что при ударе снаряда в броню под углом в 45° сила, действующая на броню (OP_2) и стремящаяся проломить ее, значительно меньше всей силы удара

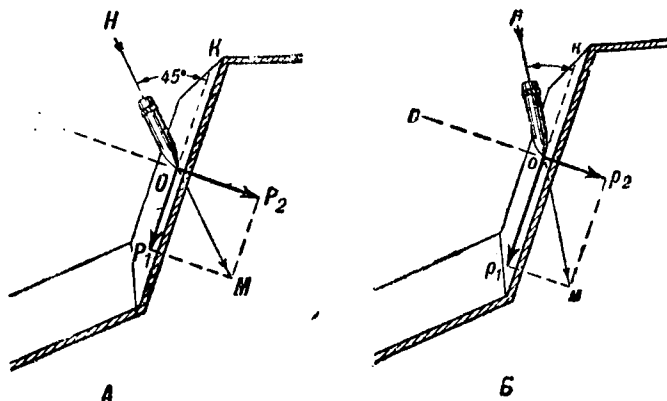


Рис. 39. Угол встречи. А — параллелограмм сил OP_1MP_2 при угле встречи $\angle HOK = 45^\circ$; Б — то же, при угле встречи $\angle HOK = 30^\circ$; OP и op — нормаль к броне; $OM = om$ — сила удара снаряда; $OP_2 > op_2$ и $OP_1 < op_1$.

(OM), но больше, чем та же сила op_2 при угле встречи 30° (рис. 39, Б). Это и понятно, если учесть, что часть силы удара, направленная вдоль брони (OP_1 и op_1), вызывает лишь изменение направления движения снаряда (рикошет).

Таким образом, разложив силу удара по правилу параллелограмма сил, нетрудно в любом случае для любого угла встречи определить, какая часть всей силы удара будет использована на пробивание. Отсюда ясно, что толщина пробиваемой данным снарядом брони будет тем меньше, чем меньше угол встречи снаряда с броней.

Тупой наконечник (рис. 38) на бронебойном снаряде делают для того, чтобы уменьшить шансы соскальзывания (рикошетирувания) снарядов при небольших углах встречи. С другой же стороны, броню танков и броневых автомобилей стремятся располагать так, чтобы труднее было попадать в нее под прямым углом (см. очерк 16, рис. 48—51).

Учитывая все это, приведем теперь ряд примеров бронебойного действия для типичных артиллерийских орудий. 37-миллиметровая противотанковая пушка снарядом весом 660 г при начальной скорости 800 м/сек пробивает броню в 20 мм тол-

щиной при угле встречи 90° на расстоянии 1500 м, а при угле встречи в 60° — на расстоянии в 1200 м и ближе. На расстоянии в 500 м и ближе снаряд этой пушки при угле встречи 90° пробивает броню толщиной до 42 мм.

При угле встречи в 90° , т. е. в наивыгоднейшем случае, из 45-миллиметровой пушки при начальной скорости 700 м/сек и весе снаряда в 1,4 кг можно пробить броню в 20 мм с расстояния в 3 км, а с расстояния в 500 м ее снаряд пробьет броню в 52 мм; из 76-миллиметровой пушки при начальной скорости около 600 м/сек и весе снаряда в 6,5 кг на дальностях не более 1500 м пробивается броня любого современного танка (до 55 мм), а на 500 м перед ее снарядом не устоит и броня в 70 мм.

Вообще, грубо приближенно, можно считать, что наибольшая толщина брони, пробиваемой из любого оружия, обыкновенным (не бронебойным) снарядом, равна примерно калибру этого оружия.

Так как большинство современных танков имеет броню около 30 мм, то, очевидно, прямое попадание снарядов всех указанных пушек, начиная с расстояния в 0,5 км, уже может вывести танк из строя.

13. Скорость и прочность

В физических кабинетах показывают иногда любопытный опыт. На валу электромотора укрепляют бумажный круг, который при очень быстром вращении становится настолько прочным, что режет дерево. Нечто подобное наблюдаем мы постоянно в отношении воды. Обычно вода легко пропускает прыгающего в нее пловца. С малой высоты (около 0,5 м) совсем не страшно упасть в воду при любом положении туловища, хотя бы и плашмя.

Но та же самая вода становится весьма „прочной“ и „твердой“, как только скорость движения ее или встречающегося с ней тела становится значительной.

При быстром движении на автомобиле, на мотоцикле, на самолете капли дождя очень больно бьют лицо и руки пассажиров и водителей, если от них не защищаться козырьком из стекла или целлулоида.

Так же больно бьет струя воды, независимо от ее толщины, если вода в струе очень быстро движется. При этом струя как бы твердеет, и можно сломать палку, пытаясь ею перебить такую струю.

Упасть в воду с большой высоты, когда падающее тело приобретает значительную скорость, уже совсем не безопасно. Пловцы-прыгуны отлично знают это и, чтобы уменьшить удар о воду, прыгают в нее с расчетом войти в воду ногами или сложенными над головой руками. При неудачных же прыжках и случайных падениях в воду с большой высоты люди нередко

разбиваются, иногда даже насмерть. А очень быстро летящая пуля пробивает слой воды всего лишь в 80 сантиметров, т. е. меньше, чем, например, слой сосновых досок (87 см), глины (100 см) и утрамбованного снега (350 см).

Все это показывает, что прочность тел, как и многие другие их свойства, иногда резко изменяется в связи со скоростью.

Совершенно особое значение приобретает этот вопрос теперь, когда борьба с броней приобрела на войне решающее значение.

Стремление повысить бронестойкость пуль привело инженера Герлиха к интересному открытию. Добившись в своей винтовке „Хальгер-ультра“ громадных начальных скоростей полета пули

(1500—1700 м/сек, т. е. в 2 раза больше обычной скорости пули¹⁾), Герлих наблюдал любопытное явление. Его ультрапуля калибром в 7 мм, очень легкая, с обычным свинцовым сердечником, пробивала броню толщиной более 20 мм. Таким образом, пуля с мягким свинцовым сердечником оказалась при этих ультраскоростях достаточно прочной и даже более бронестойкой, чем специальная бронестойкая пуля.

От увеличения скорости, как мы знаем, увеличивается кинетическая энергия, а вместе с тем и пробивное действие пули, но в опытах Герлиха самое интересное все же заключается в явлении „отвердения“ пули, в необычном разрушительном ее действии (рис. 40). Дело здесь заключается, видимо, в так называемой „критической скорости“ пули.

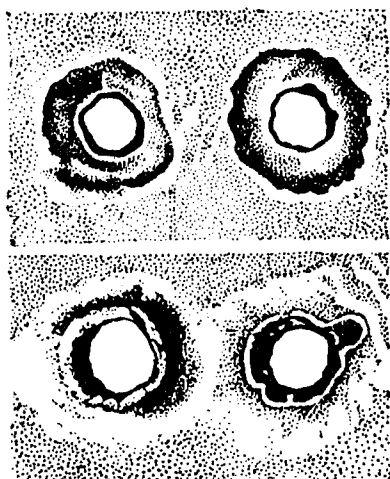


Рис. 40. Действие ультрапули по броне. Слева—вид со стороны входного и справа—со стороны выходного отверстия, пробитого ультрапулей в броню толщиной 12,8 мм (1/2 натуральной величины). Калибр пули 7 мм.

Очевидно, что для проявления всех обычных свойств тел его упругости, пластичности, вязкости и т. п., требуется время. При ударе обычной пули в броню свинцовый сердечник ее сначала сминается, а затем и расплавляется от сильного нагревания (очерк 32), т. е. кинетическая энергия пули превращается в теплоту. В то же время броня успевает проявить свои свойства пластической деформации и не ломается, а лишь вдавливается.

При ударе же ультрапули, раньше чем свинец успеет расплавиться и смяться, она уже пробьет броню, пластические

¹⁾ Каким путем Герлих достиг этих скоростей, описано в очерке 18.

свойства которой также не успеют проявиться. Поэтому ультрапули пробивают в броне отверстие в два раза больше своего калибра, выкалывая целые куски стали, чего с обычными пулями никогда не бывает.

Кстати заметим, что резкое увеличение скорости полета пуль приводит не только к повышенному броневойому эффекту, но и дает ряд других преимуществ. Во-первых, при этом повышается меткость стрельбы. При испытаниях первых образцов своих ультрапуль Герлих получал при стрельбе на 1000 м надежное попадание в щит $22 \times 40 \text{ см} = 880 \text{ см}^2$, в то время как для обычной винтовки при этой дальности для такого эффекта нужен щит размерами не менее 123750 см^2 , т. е. более 12 м^2 .

Траектория ультрапули, конечно, более отлогая, т. е. меньше поднимается над землей. Например, на 1000 м ее превышение над землей составляет всего 120 см (у обыкновенной винтовки 570 см). Благодаря этому увеличивается поражаемое пространство. Ультрапуля при стрельбе на 1000 м на всем своем пути поразит стрелка в рост, а обыкновенная пуля на большей части своего пути не поразит даже и всадника. Правда, при отлогой траектории легче укрыться от пуль, даже за небольшой преградой, но для винтовок лучше все же иметь более отлогую траекторию, так как их задача — борьба с открытыми целями.

Очень важно, что ультрапуля летит намного быстрее обычной: 1000 м она пролетает в 1 сек., а обыкновенная пуля — в 2 сек. Значит, движущуюся цель ультрапулей легче поразить. Наконец, поражающее действие ультрапули значительно выше, чем обычной, — это показала охота на крупного зверя. Это понятно и теоретически. Если сильно разрушается даже броня, то, конечно, и в теле человека или животного такая пуля причинит громадные разрушения.

В заключение остановимся еще на „прочности“ воздуха при различных скоростях движения тел. Казалось бы, смешно даже ставить этот вопрос.

Однако, это совсем не так. Давно уже известно, что сопротивление воздуха увеличивается по мере увеличения скорости движения тела. Характерной для воздуха является скорость распространения звука (в воздухе же), т. е., иначе говоря, скорость распространения в воздухе упругих колебаний. Эта скорость при 0° равна, как известно, 332 м/сек . Оказывается, что при скоростях от нуля примерно до 240 м/сек сопротивление воздуха пропорционально квадрату скорости, т. е. при увеличении скорости в 2 раза сопротивление увеличивается в 4 раза, и т. д. Затем примерно до 300 м/сек сопротивление воздуха пропорционально уже кубу (третьей степени) скорости, а при скорости в 330 м/сек сопротивление пропорционально шестой степени скорости. Дальше по мере увеличения скорости сопротивление продолжает, вообще говоря,

увеличиваться, но уже вновь пропорционально сначала кубу (до 420 м/сек), а затем квадрату и даже несколько меньшей степени скорости (степени 1,5).

Если же подойти к теоретическим скоростям, превышающим десяток тысяч метров в секунду, то надо ожидать, что воздух окажет телам,двигающимся с такими скоростями, такое же сопротивление, какое оказывает при обычных скоростях тому же снаряду твердое тело. Его придется пробивать с таким же примерно трудом, с каким пуля пробивает воду. Снаряд, имеющий скорость порядка 10 000—20 000 м/сек, пролетев в воздухе всего лишь несколько десятков или сотен метров, должен потерять почти всю скорость на преодоление колоссального сопротивления воздуха. И лишь когда скорость такого снаряда станет обычной, порядка 1 000—2 000 м/сек, он будет продолжать двигаться с привычным для нас замедлением.

Нечто подобное происходит с метеоритами, влетающими в атмосферу из мирового пространства со скоростями, измеряемыми десятками тысяч метров в секунду. Чаще всего они сгорают, раскаляясь от трения о воздух. Наиболее же крупные метеориты, падая на землю, имеют уже скорость не более 2 000 м/сек.

Все это является между прочим одним из многочисленных препятствий к осуществлению межпланетного путешествия в артиллерийском снаряде, о котором фантазировал в свое время известный романист Жюль Верн. Вычислено, что для преодоления силы земного тяготения, т. е. для полета в межпланетное пространство, снаряд должен быть выброшен из пушки со скоростью 11 км/сек, если не считаться с сопротивлением воздуха, и со скоростью 16 км/сек, т. е. в 8—9 раз большей, чем самая большая скорость, достигнутая пока на земле снарядом сверхдальнобойной пушки (очерк 8), если считать сопротивление воздуха при этой скорости обычным. Но мы уже говорили, что при таких скоростях воздух оказывает снаряду такое же сопротивление, какое при обычных скоростях оказывает тому же снаряду твердая преграда; поэтому и при такой скорости снаряд, очевидно, не в силах будет пробить атмосферу: он еще на пути в ней потеряет всю свою скорость и упадет на землю, вместо того чтобы лететь к планетам.

14. Песок вместо брони

Выше мы разобрали защитные свойства стальной брони и убедились в том, что броня надежно защищает от обыкновенных пуль, а часто и от снарядов.

Очевидно, однако, что прикрыть в бою всех бойцов стальной броней невозможно, поэтому войска укрываются от пуль за всякими складками местности, роют специальные окопы, защищаются всевозможными местными предметами (рис. 41):

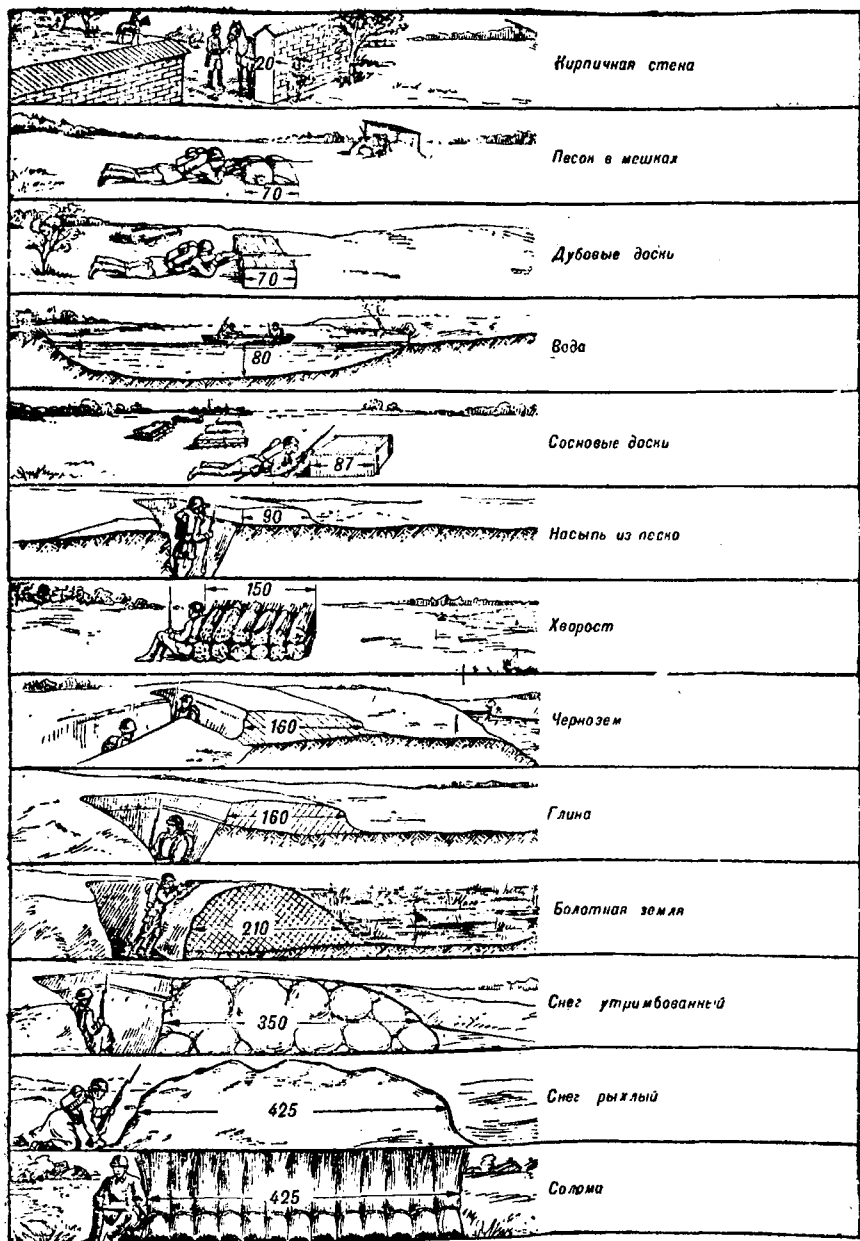


Рис. 41. Диаграмма пробивного действия пуль. Числа на рисунках указывают толщину слоя в сантиметрах, при которой пуля не пробивает его с любых расстояний.

деревьями, пнями, домами, стенками, заборами, а при заблаговременной подготовке к обороне строят прочные железо-бетонные сооружения — долговременные огневые точки или, короче, ДОТы, система которых образует укрепленный район или укрепленную линию. Интересно выяснить при этом, насколько надежно указанные материалы, и прежде всего земля, защищают от пуль и снарядов.

Специальными опытами установлено, что наша обыкновенная пуля с расстояния в 70 м (100 шагов) проникает в грунт в зависимости от его состава:

В глину	на 70—80 см
В землю	„ 60—70 „
В песок	не более 20 „

Иначе говоря, песок оказывается хорошей защитой от пуль, прекрасно задерживая их даже при небольшой сравнительно толщине — 20 см.

Чем же объяснить такое явление? Как показали опыты, объяснение его заключается, главным образом, в деформации пули.

Проникая в любую преграду, пуля совершает работу и расходует свою энергию тем скорее, чем большее сопротивление своему движению она испытывает. Выше мы видели, что стальная броня оказывает громадное сопротивление движению пули, поэтому кинетической энергии пули обычно пехватает, чтобы преодолеть это сопротивление и пробить броню. Земля, глина и песок оказывают, конечно, значительно меньшее сопротивление, но все же и они требуют немалой работы пули на каждом сантиметре ее пути в преграде.

Но еще раньше (очерки 4 и 7) мы установили, что сопротивление воздуха движущимся в нем телам в весьма значительной степени зависит от формы движущегося тела. Очевидно, и сопротивление, испытываемое пулей, в любой среде зависит от формы пули. Пуля, вообще говоря, обладает удобообтекаемой формой, но форма ее резко искажается в случае удара пули в более или менее прочную преграду. Вот тут и заложен секрет малой пробиваемости песка. Попав в него, пуля сильно нагревается¹⁾, оболочка ее разрывается (вследствие столкновения с прочными песчинками), свинец размягчается и, двигаясь по инерции быстрее, чем головка пули, задержанная препятствием, превращается в комок грибовидной формы (рис. 42) со шляпкой впереди. Естественно, что пуля такой формы испытывает громадное сопротивление и быстро расходует на преодоление его всю свою энергию.

Совсем иначе обстоит дело в глине. Тут уже оболочка пули остается целой, пуля не встречает сразу резкого сопро-

¹⁾ Механическая энергия переходит в тепловую; подробнее об этом см. очерк 32.

тивления, и поэтому значение инерции донной ее части почти не сказывается; в результате этого пуля не изменяет своей формы и сравнительно легко преодолевает сопротивление среды.

Как велико значение именно деформации пули, можно судить хотя бы по такому на первый взгляд странному явлению: при стрельбе на 70 м, как уже указывалось, пуля углубляется в песок не более чем на 20 см; при стрельбе на 200 м та же пуля пробивает слой песка до 40 см, а при стрельбе на 300—600 м — до 50 см.

И это при падающей все время скорости движения пули, а следовательно, и уменьшающейся кинетической ее энергии! Кинетическая энергия пули на 100-м метре равна около 300 кгм, на 300-м метре — 200 кгм, а на 600-м метре — около 85 кгм.

Объяснить все это можно, лишь приняв во внимание указанную выше деформацию пули. Когда скорость пули в момент

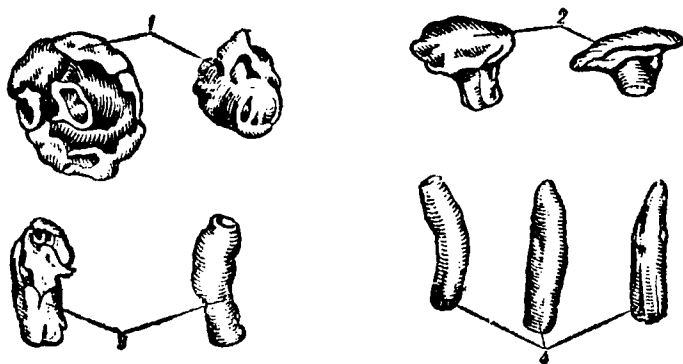


Рис. 42. Деформация пули при проникании в песок. При стрельбе: 1 — на 50 м; 2 — на 100 м; 3 — на 150 м; 4 — на 200 м.

удара больше, то и удар получается более резкий, поэтому разрывается оболочка, и вследствие инерции пуля сплющивается. Когда же скорость пули меньше, она, не испытывая такого резкого удара, сохраняет свою форму (рис. 42) и легче проникает в преграду.

Поэтому в бою всегда надо помнить, что песок служит хорошей защитой, особенно на близком расстоянии от противника (до 70 м), когда даже тонкий слой песка — всего лишь в 20 см — вполне предохраняет от поражения.

Сказанное выше объясняет также слабую пробивную, способность шаровых шрапнельных пуль. Шаровая форма тела, как известно, невыгодна для проникания его в преграду. Сопротивление получается очень большое, значит, требуется большая энергия пули. Шрапнельная же пуля, вообще говоря, большей энергией не обладает, так как скорость ее в момент удара

бывает обычно невелика. Опыт показывает, что шрапнельные пули не пробивают слоя песка и земли даже в 10—15 см, а если и пробивают, то после этого совершенно безопасны, так как не обладают поражающей силой. Надежно охраняют от шрапнельных пуль и от осколков небольших снарядов слой земли в 40—100 см, слой дерева в 80 см, а кирпича — даже в 25 см.

Кстати отметим, что принято считать поражающими (убойными) только те пули и осколки, кинетическая энергия которых не менее 8 кгм, так как при меньшей энергии пуля или осколок не пробьет одежды и тела человека. Отсюда нетрудно вычислить для любой из пуль наименьшую скорость, которой она должна обладать для сохранения поражающей силы.

Так, оказывается, что легкая ружейная пуля (образца 1908 г.) и шрапнельная пуля весом в 10 г могут считаться убийственными лишь при скорости не менее 126 м/сек, самая же тяжелая пуля весом в 20 г — при скорости 63 м/сек.

От поражения целыми снарядами наиболее распространенных 75—76-миллиметровых пушек предохраняет слой земли в 2 м, а кирпича — в 1 м.

В заключение остановимся на пробиваемости бетона, из которого теперь делают не только ДОТы, но и временные полевые укрепления и убежища в маневренной войне и в городах от авиабомб. Бетон обладает очень большой прочностью и некоторой упругостью. Поэтому, если стрелять по бетонному сооружению обыкновенными снарядами (гранатами) из орудий среднего калибра (до 152 мм), то разрушить бетонное покрытие почти невозможно. Нужно, чтобы в одно и то же место попало много снарядов и обязательно под большим углом встречи (около 90°). Чаше же всего обычный снаряд среднего калибра, попав в бетон, либо рикошетирует, т. е. отскочит, от него в сторону (если угол встречи мал), либо разорвется, не углубившись в бетон, на его поверхности.

Именно эти-то явления, естественные в условиях стрельбы по бетону, и породили в свое время легенду о „резиновых ДОТах“ на белофинской линии Маннергейма в дни боев Красной Армии на Карельском перешейке до начала штурма этой линии.

Дело в том, что все белофинские ДОТы были очень тщательно спрятаны и прикрыты спереди, с боков и сверху толстой присыпкой из земли и камней.

Узнать точно, где находится ДОТ, а где просто холм часто можно было только одним способом — обстрелом подозрительного холма или, как говорят артиллеристы, „стрельбой на вскрытие бетона“. Естественно, что вести такую стрельбу из крупных орудий нет никакого смысла: задачу эту с успехом могут выполнить и орудия среднего калибра.

Вот артиллеристы и начинали обстрел такого скрытого ДОТа обыкновенными гранатами из орудий полевой легкой артиллерии. Разрываясь, снаряды разбрасывали „подушку“ ДОТа из земли и камней. Когда же снаряд ударялся в обнажившийся бетон, он отскакивал от него и разрывался в стороне.

Наблюдавшие это явление пехотинцы не сразу поняли, отчего оно происходит, и подумали, что белофинны изобрели такие „резиновые ДОТы“, от которых снаряды отскакивают, не причиняя им вреда. Однако, артиллеристы, обнаружив, что имеют дело с бетоном, и закончив „вскрытие бетона“, подвозили орудия крупного калибра (203 мм) и начинали обстрел ДОТов специальными бетонобойными снарядами. Подобно бронбойным эти снаряды имеют очень прочную головку и взрыватель в дне снаряда, действующий с большим замедлением, чтобы снаряд разрывался, углубившись уже в бетон. После обстрела такими снарядами ДОТ в конечном итоге обращался в груды развалин, несмотря на двухметровые железобетонные стены и броню толщиной в 40 см и более. Как известно, искусной работой артиллеристов и всех других родов войск построенная немцами и считавшаяся неприступной линия Маннергейма была прорвана и захвачена Красной Армией в короткий срок. Большую роль сыграли при этом бетонобойные снаряды крупного калибра.

15. Волчок и пуля

Много раз мы уже встречались с неожиданностями, вносимыми в наши расчеты наличием воздуха, а так же тем сопротивлением, которое оказывает он всем движущимся в нем телам.

Вспомним, что стремление увеличить дальность стрельбы заставило заменить шаровые пули и ядра длинными и заостренными пулями и снарядами (рис. 22). Такие пули и снаряды, испытывая меньшее сопротивление воздуха, должны лететь дальше. Но воздух и тут вносит существенную поправку. Представим себе, что современная длинная пуля вылетела из ружья и двигается вперед (рис. 43). Какое же действие на нее во время полета оказывает сопротивление воздуха и где эта сила приложена к пуле?

Чтобы ответить на этот вопрос, надо прежде всего сообразить, что пуля под влиянием силы тяжести падает, почти не изменяя своего положения, т. е. очень скоро по вылете из ружья пуля имеет стремление двигаться не головкой вперед, а как бы наклонно — боком. Это в свою очередь вызывает неравномерное действие на пулю встречных частиц воздуха. И опыт, и исследования показывают, что равнодействующая сила сопротивления воздуха направлена в сторону, противоположную движению, под некоторым углом

к оси пули и проходит через точку оси между центром тяжести и вершиной пули.

Теперь нам уже должно быть ясно, что сопротивление воздуха не только уменьшает скорость движения пули, но и

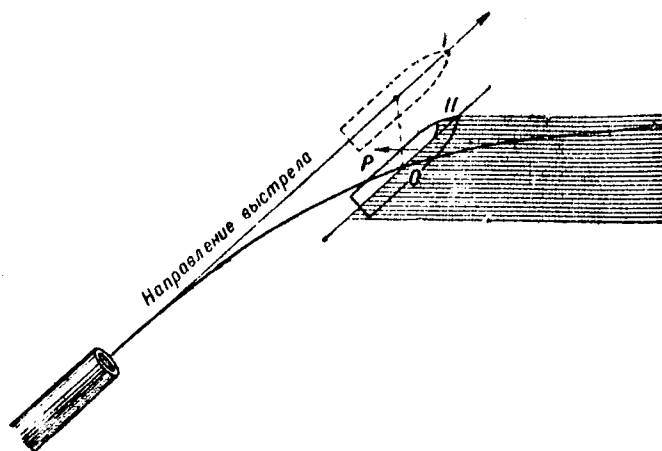


Рис. 43. Действие сопротивления воздуха на пулю. I — место, где находилась бы пуля при отсутствии силы тяжести; II — положение пули в действительности; O — центр тяжести пули; P — равнодействующая силы сопротивления воздуха.

оказывает на нее еще какое-то действие. Чтобы разобраться в этом, приложим к центру тяжести пули две силы, равные силе сопротивления воздуха и направленные в противоположные стороны (рис. 44).

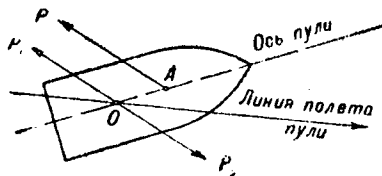


Рис. 44. Опрокидывающее действие силы сопротивления воздуха на пулю в полете. A — точка приложения силы сопротивления воздуха P; O — центр тяжести пули; P_1 и P_2 — силы, равные и параллельные силе P.

Известно, что равные и противоположно направленные по одной прямой силы взаимно уничтожаются, значит, от приложения этих сил ничто не изменилось. Теперь рассмотрим отдельно силу P_1 и силы P и P_2 . Сила P_1 приложена к центру тяжести пули и задерживает ее движение (для точного ответа о ее действии надо разложить эту силу на две — по направлению движения пули и перпендикулярно к нему). Силы же

P и P_2 составляют пару сил, поворачивающую пулю вверх. Таким образом, сопротивление воздуха не только мешает пуле двигаться вперед, но еще и стремится опрокинуть ее, перекувырнуть головкой назад.

Но ведь заостренную пулю специально сделали для того, чтобы уменьшить сопротивление воздуха. Какая же польза получится от всех наших начинаний, если пуля тотчас по вылете опрокинется? Ведь в этом случае она, пожалуй, полетит не дальше, а даже ближе, чем старая круглая пуля. Очевидно, надо заставить пулю все время лететь головкой вперед. Задача нелегкая, но разум человека привык решать и не такие задачи.

Всякий из нас гонял в свое время „кубарь“, или играл с волчком, или наблюдал в цирке не менее ловкие проделки жонглеров. Во всех этих случаях устойчивость тела (как бы вопреки силе тяжести и законам равновесия) достигается вращательным движением тела вокруг своей оси.

Быстрое вращение волчка — гироскопа (рис. 45) дает ему такую устойчивость, что даже действие значительной постоянной силы не в состоянии вывести его из равновесия. Он будет колебаться, но ось вращения почти не изменит положения, и во всяком случае волчок или гироскоп не упадет до тех пор, пока скорость вращения не станет весьма малой.

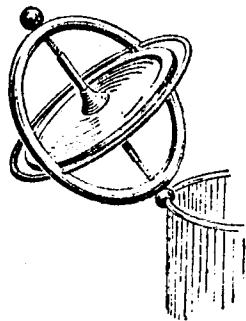


Рис. 45. Гироскоп.

Вот задача и решена. Стоит лишь придать пуле быстрое вращательное движение, — и сила сопротивления воздуха не сможет уже опрокинуть ее. Пуля во все время полета будет сохранять движение головкой вперед, т. е. положение, наиболее выгодное для преодоления силы сопротивления воздуха.

Вероятно, все знают, каким способом заставляют пулю вращаться вокруг своей оси. В современных ружьях ствол внутри не гладкий, в нем сделаны особые дорожки — нарезы (поэтому современное огнестрельное оружие и называют нарезным). Нарезы простроганы в канале ствола по винтовой линии, отчего боевое ружье у нас и называется винтовкой. Сравнительно мягкая мельхиоровая или из плакированного железа сблочка пули (рис. 37) врезается в эти нарезы¹⁾, поэтому, двигаясь в канале ствола вперед, пуля одновременно вращается вокруг своей оси.

Нарезы устроены с таким расчетом, что скорость вращения пули получается очень большая, а именно при начальной скорости 865 м/сек — около 3600 об/сек. Насколько велика эта скорость вращения, видно из сравнения со скоростями вращения других тел. Вот для примера некоторые из этих скоростей.

¹⁾ У снарядов для этой цели устраивают специальные ведущие пояски из мягкой меди (см. рис. 2).

В одну секунду делают оборотов:

Земной шар	1
Винт парохода	86 400
Колесо водяной турбины	до 3
Колесо автомобиля на полном ходу	5—6
Электродвигатель	около 16
Винт самолета	до 50
Колесо паровой турбины	75
	500
	(обычно около 50)
Гироскоп	до 600
Ультрацентрифуга	1 300
Пуля	3 600

Подобным образом устроены и современные артиллерийские орудия (рис. 46), с той разницей, что число нарезов у них больше, а число оборотов снаряда в 1 сек. значительно меньше (обычно не превышает 600 об/сек.).

Кстати отметим здесь же, что гироскоп, о котором мы упоминали в этом очерке, находит себе различное непосредственное применение в современной военной технике. Так, напри-

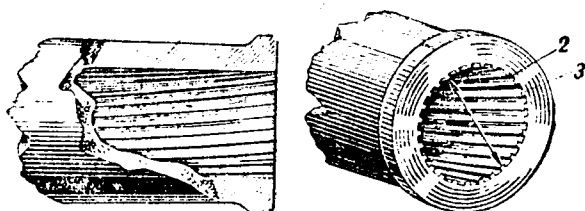


Рис. 46. Нарезы в орудии: 1 — ствол; 2 — нарез в канале ствола; 3 — поле между нарезами. Стрелкой показан калибр орудия.

мер, теперь все чаще и чаще заменяют магнитные компасы на кораблях, самолетах и танках гироскопическими, используя свойство гироскопа сохранять неизменным положение своей оси. Именно с такими гирокомпасами летали наши героилетчики на Северный полюс и через него в Америку. Обычные магнитные компасы в районе полюса, как известно, бесполезны.

Пользуются гироскопами и для сохранения устойчивого направления движения автоматических самолетов (самолет без пилота, см. очерк 63) или, например, самодвижущихся мин (торпед), о которых мы расскажем позднее (очерк 58).

В ближайшем будущем гироскопы несомненно будут играть большую роль во всех телемеханических устройствах (очерк 63).

Возможно, что с помощью гироскопов удастся значительно уменьшить качку боевых кораблей и тряску бронированных

машин (танков, бронепоездов) или хотя бы качку оружия на них, что увеличит меткость стрельбы с хода.

С этой же целью гироскопы можно будет использовать для придания устойчивости прицельным приспособлениям танка, чтобы стрелок не терял цель при каждом толчке и колебании танка.

В заключение отметим, что придать устойчивость продолговатому снаряду в полете помимо нарезов в стволе оружия можно еще одним способом — снабжением снаряда стабилизатором в виде крыльев или, вернее, оперения. Последнее слово показывает, как давно применяют этот способ люди: стрелы дикарей имели на конце „стабилизатор“ в виде перьев птицы.

Подобно этому и сейчас на авиабомбах и минах, которыми стреляют из минометов, устраивают оперение из стальных пластин. Это дает им достаточную устойчивость в полете и обеспечивает удар их в цель всегда головной частью.

Отсюда очевидно, что ствол миномета не должен быть нарезным, нарезы ему не нужны, а отсутствие их позволяет сделать ствол миномета гораздо проще и дешевле. Кроме того, отсутствие нарезов в стволе миномета позволяет использовать прием заряжания его с дула, что делает излишним сложный и дорогой затвор и увеличивает скорострельность этого вида орудий.

Но как же тогда осуществить производство выстрела? Все мы привыкли ведь, что в современном огнестрельном оружии для выстрела надо нажать на спусковой крючок, освободить этим боевую пружину, которая пошлет вперед ударник, разбивающий капсюль в гильзе и вызывающий воспламенение заряда пороха. Но все это „стреляющее приспособление“ находится в затворе, а затвора в миномете нет. Как же быть? Изобретатель современного миномета англичанин Стокс придумал очень простой и остроумный способ, использующий силу тяжести — вес самой мины.



Рис. 47. Заряжание миномета с дула.

Вот как это осуществляется на практике. Миномет — орудие навесного огня, т. е. орудие, бросающее свои снаряды по крутой траектории. Поэтому ствол миномета при стрельбе всегда направлен вверх под большим углом к горизонту. Следовательно, мина, вложенная в ствол с дула (рис. 47), благодаря силе тяжести, падая, будет скользить вдоль ствола до его дна.

В дне ствола укреплено жало, а в хвосте мины — капсюль-воспламенитель и заряд пороха. Падая, мина натывается капсюлем на жало, пороховой заряд воспламеняется, и образовавшиеся пороховые газы выталкивают мину из ствола. Такое простое устройство миномета позволяет обслуживать его 2—3 бойцам и стрелять при этом со скоростью до 20—25 выстрелов в минуту.

Минометы в современной войне играют очень большую роль, так как являются мощным оружием пехоты в ближнем бою.

ЖИДКОСТИ И ГАЗЫ

16. Танк на снегу

Изучая явления, происходящие в жидкостях и газах, постоянно приходится встречаться с понятием об удельном давлении (очень часто удельное давление называют для краткости просто давлением). Не усвоив отчетливо, что такое удельное давление, как оно измеряется и как от величины удельного давления зависят различные явления, нельзя приступать

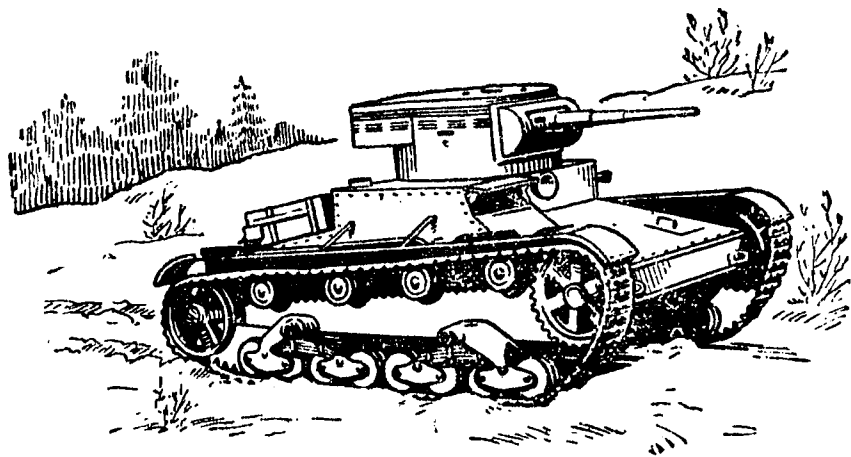


Рис. 48. Танк из снега.

к выяснению действия сил в жидкостях и газах. Поэтому мы здесь начнем с примера, в котором основой для понимания является умение рассчитывать величину удельного давления.

Что такое танк, в наши дни знают все. Это — боевая машина (рис. 48), защищенная стальной броней, вооруженная пушками и пулеметами и обладающая способностью двигаться по бездорожью. Последнее свойство танков и есть главное, что отличает их от давно известных броневых автомобилей (рис. 49). Броневой автомобиль отлично действует в городе, неплох на

шоссированных или хороших грунтовых дорогах, но почти неприменим на рыхлой вспаханной земле или на поле боя, изрытом ямами от разрывов снарядов и окопами. Даже на плохой грунтовой дороге, в особенности в грязь, обычный броневой автомобиль может увязнуть. Танк же свободно движется по любой дороге, по свежевспаханной земле и даже по не очень топкому болоту или по улежавшемуся снегу. Легко проходит танк и через не очень широкие ямы, канавы и окопы. Остановить его могут лишь широкий ров или специальные заграждения (из рельсов, камней, бревен), высокие пни, крутые обрывы и т. п.

В чем же секрет танка? Как видно из рисунков, основное отличие танка от броневого автомобиля заключается в замене

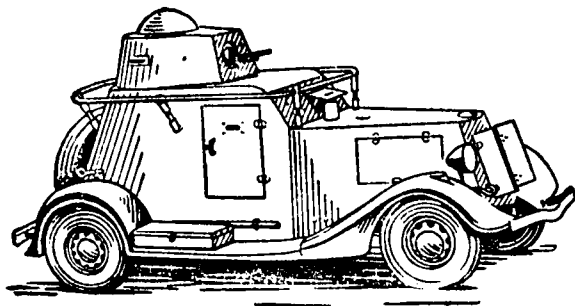


Рис. 49. Броневой автомобиль.

колес особыми гусеницами, т. е. прочными гибкими лентами. Правильнее сказать, — у танка под колеса подложены бесконечные ленты, служащие как бы подвижной дорогой для его колес. Действительно, на рис. 48 ясно видны колеса танка, упирающиеся в гусеницу. Два из этих колес (по одному с каждой стороны) — зубчатые, они служат для перематывания гусеницы. Другие два колеса — направляющие, а остальные — литые катки, прочно соприкасающиеся с подвижной гусеницей. Вот в этих-то гусеницах и заключается секрет способности танка двигаться без дорог.

Чтобы понять это, вычислим удельное давление, производимое на дорогу человеком, бронеавтомобилем и танком, и сравним полученные результаты.

Пусть человек весом, положим, 80 кг (значит, довольно грузный) опирается на грунт ногами в ботинках, общая площадь подошв которых равна, допустим, 300 см². Какое удельное давление оказывает он на дорогу? Вспомнив, что удельное давление измеряется силой, приходящейся на единицу площади, мы без труда определим величину удельного давления человека на дорогу: 80 кг, деленные на 300 см², дают 0,27 кг на 1 см², что и является ответом на вопрос задачи. Итак, удельное давление человека на дорогу в этом случае равно

0,27 кг/см² (последний способ обозначения давления удобнее и экономнее, поэтому он и принят в науке и технике). Такое давление оказывает неподвижный человек, при ходьбе же люди в каждый данный момент опираются лишь на одну ногу и не на всю ступню, значит, и давление человека на грунт в этом случае всегда в 2—3 раза больше, т. е. равно примерно 0,55—0,82 кг/см².

Теперь предположим, что дело происходит зимой и человек стал на лыжи, длиной каждая 2 м и шириной 10 см. Какое давление окажет он в этом случае на дорогу? Общая площадь обеих лыж равна $200\text{ см} \times 10\text{ см} \times 2 = 4000\text{ см}^2$. Значит, теперь 80 кг (вес человека) приходится уже на 4000 см^2 , и удельное давление человека, стоящего на лыжах, равно 0,02 кг/см². Удельное же давление при движении на лыжах опять будет в 2—3 раза больше, т. е. будет составлять 0,04—0,06 кг/см². Сравнивая первый результат со вторым, легко понять, какое значение имеют лыжи и почему они не проваливаются в снег, в то время как без лыж человек редко когда может идти по глубокому снегу, не увязая в нем по колено, а то и по пояс.

Перейдем к бронеавтомобилю и танку. Оба они, благодаря тяжелой стальной броне и значительному весу сильного двигателя и вооружения, имеют обычно громадный вес — в несколько тонн, а крупнейшие танки даже в несколько десятков тонн. Возьмем для сравнения средний бронеавтомобиль весом в 7,5 т, например завода Шкода, и равного веса легкий танк Виккерса весом в 7,6 т.

У бронеавтомобиля площадь соприкосновения с грунтом каждого из его колес равна примерно 400 см^2 (ширина шины — около 12 см, а соприкасается шина с грунтом на участке в 30—35 см; $12\text{ см} \times 30\text{ см} = 360\text{ см}^2$, или $12\text{ см} \times 35\text{ см} = 420\text{ см}^2$). При этом не надо забывать, что у бронеавтомобиля, как и у всех грузовых автомобилей, задние ведущие колеса спаренные, т. е. на заднюю ось надето не два, а четыре колеса; таким образом, при расчетах надо учитывать не 4, а 6 колес (на двух осях). У взятого же нами танка Виккерса каждая из двух гусениц его имеет ширину около 30 см и соприкасается с грунтом в среднем на участке в 2,3 м, хотя вся длина тапка равна 4,5 м. Почему это так, понятно из рис. 48. Подсчитаем давление бронеавтомобиля и танка на дорогу.

У бронеавтомобиля вся его опорная площадь¹⁾ равна

$$400\text{ см}^2 \times 6 = 2400\text{ см}^2;$$

следовательно, давление его на грунт равно

$$7500\text{ кг} : 2400\text{ см}^2 = 3,12\text{ кг/см}^2.$$

¹⁾ Ее называют так в отличие от площади опоры, под которой принимают всю площадь, заключенную внутри точек опоры тела

У танка же на ровной дороге (т. е. когда наибольшая возможная часть гусеницы соприкасается с грунтом) опорная площадь равна

$$230 \text{ см} \times 30 \text{ см} \times 2 = 13\,800 \text{ см}^2,$$

а давление его на дорогу равно

$$7\,600 \text{ кг} : 13\,800 \text{ см}^2 = 0,55 \text{ кг/см}^2.$$

Иначе говоря, танк оказывает давление на грунт в 6 раз меньшее, чем обычный броневедомитель, и примерно равное удельному давлению пешехода!

Зная это, нетрудно понять, почему танки проходят там, где проходит человек. Теперь не покажется невероятной и спо-

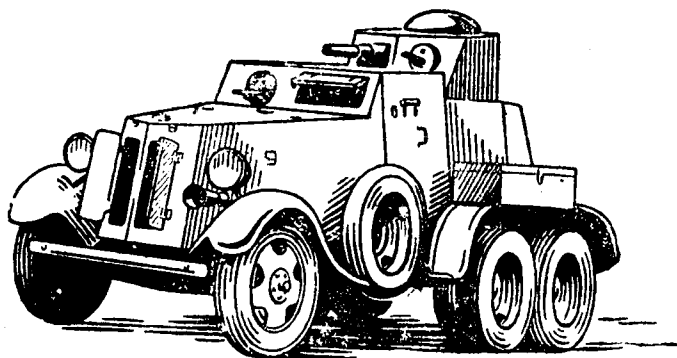


Рис. 50. Трехосный броневедомитель.

собность танка двигаться по снегу. Правда, танк оказывает давление в 10 раз большее, чем лыжник, но ведь лыжник скользит по снегу, иной раз совсем не уминая его, танк же утрамбовывает под собой снег, несколько оседает в него, но все же сможет двигаться по плотному неглубокому снегу.

Все это поясняет также стремление уменьшить удельное давление не только у танков, но и у всех колесных военных машин и, в частности, у броневедомителей. В настоящее время широкое распространение приобретают так называемые автомобили „повышенной проходимости“, у которых либо добавляется третья ось (рис. 50), а следовательно, и лишние 4 колеса (на задних осях колеса сдвигаются), либо в добавление к этому на задние колеса надеваются гусеницы (рис. 51), оказывающие сравнительно небольшое удельное давление на грунт, благодаря чему такие автомобили свободно передвигаются уже не только по плохим дорогам, но и без дорог.

В отличие от танков такие машины боятся лишь изрытого поля, так как и при трех осях им трудно выбраться из ям, окопов и воронок снарядов. Но здесь дело уже не в удельном давлении, а в силе тяги и в сохранении равновесия. Послед-

нее легко понять из рис. 52, на котором показано, почему танк легко перебирается через рвы и ямы, в которых броневый автомобиль неизбежно увязнет.

Но, с другой стороны, у гусениц есть и недостатки: они быстрее, чем колеса, портятся, больше разрушают дороги, не

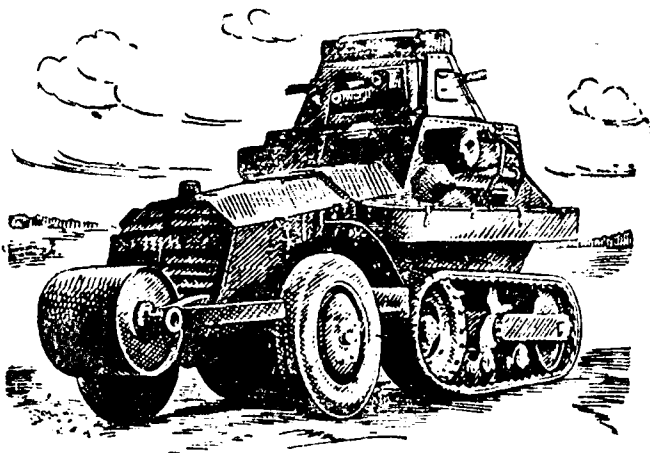


Рис. 51. Колесно-гусеничный броневый автомобиль.

позволяют развивать такую большую скорость, требуют большего расхода горючего и т. п. Поэтому, наряду с колесно-гусеничными броневыми автомобилями, есть и колесно-гусеничные танки

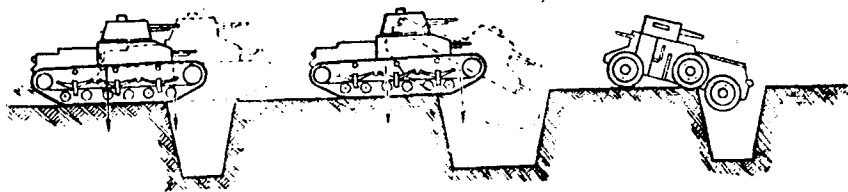


Рис. 52. Проходимость танка и броневый автомобиль через ров.

(рис. 53), позволяющие использовать как колесный, так и гусеничный ход. Такой танк с громадной скоростью движется по дорогам на колесах, причем колес у него не две и не три пары, а четыре, вследствие чего и на колесах удельное давление его на грунт очень небольшое, а проходимость большая. По местности же, в бою, танк этот движется на гусеницах (чтобы надеть гусеницы, танк наезжает на них, после чего их застегивают) с меньшей скоростью, но с большей проходимостью, не боясь ни ям, ни рвов, ни крутых подъемов (до 45°).

Есть и такие системы колесно-гусеничных танков, у которых смена хода с колес на гусеницы производится механически изнутри танка.

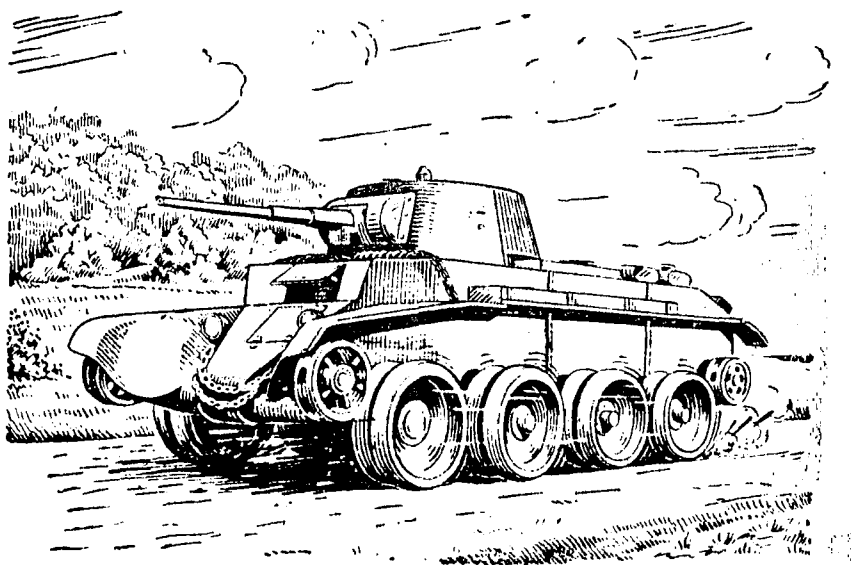
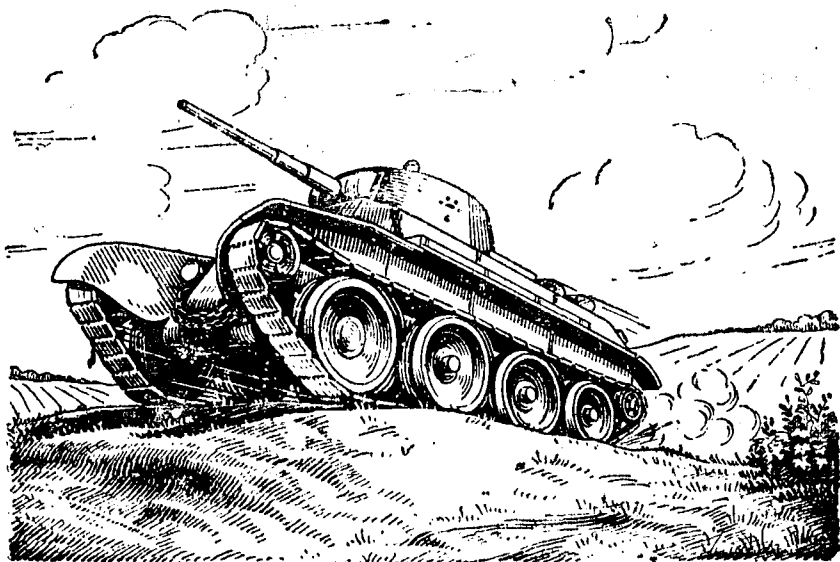


Рис. 53. Наш колесно-гусеничный быстроходный танк. Вверху — на гусеницах; внизу — на колесах.

В заключение заметим, что легкость хода любых повозок через препятствия на дороге зависит от диаметра их колес. Нетрудно сообразить, что и проходимость колесных повозок также связана с этим их показателем. Поэтому-то все сельскохозяйственные тракторы делают либо гусеничными, либо высококолесными. Были и боевые высококолесные машины, но распространения они не получили.

17. Сила пороховых газов

Чтобы понять, зачем стволы пушек делают очень толстыми и прочными, надо ясно представить себе, с какими давлениями приходится иметь дело в артиллерии.

Отличительное свойство пороха заключается в большой скорости превращения его в газы при взрыве. Целый килограмм пороха сгорает в канале ствола орудия в течение сотой доли секунды. Вместо сгоревшего пороха почти мгновенно образуется большое количество сильно нагретых газов, стремящихся расшириться с громадной силой. Это стремление пороховых газов расширяться становится понятным, если учесть то изменение объема пороха, которое происходит при его сгорании.

Возьмем для примера бездымный пироксилиновый порох марки В (винтовочный). Один килограмм этого пороха имеет объем 0,6 л, а газы, полученные при „сжигании“ этого количества пороха, заняли бы при атмосферном давлении в 760 мм ртутного столба и при температуре 0° объем, равный 860 л, т. е. в 1 200 с лишком раз больший.

Теперь вспомним, что всякий газ, заключенный в сосуд, оказывает на стенки этого сосуда давление, причем это давление зависит от количества газа, от объема сосуда и от температуры газа. В канале орудия объем, в который заключен порох, сравнительно очень мал, а температура пороховых газов получается очень высокая (до 3 000°). Поэтому естественно, что и давление пороховых газов оказывается весьма большим. Определить это давление можно как опытом, так и вычислением. Для примера покажем, как такое вычисление делается.

Работа пороховых газов, выталкивающих снаряд, выражается произведением их силы (средней за время выстрела) на путь снаряда в канале ствола орудия. Эта работа превращается в известную уже нам кинетическую энергию снаряда (очерк 12).

Таким образом можно написать

$$Fs = \frac{Gv^2}{2 \cdot 10},$$

где F — сила пороховых газов в килограммах, s — путь снаряда в стволе орудия в метрах, G — вес снаряда в килограммах и v — скорость снаряда в м/сек.

Пользуясь этим уравнением и числовыми данными о некоторых артиллерийских орудиях, мы можем вычислить сред-

нюю величину силы давления пороховых газов, действующих на снаряд. Возьмем для примера нашу дивизионную пушку. Снаряд ее (шрапнель) весит 6,5 кг и вылетает из орудия со скоростью, близкой к 600 м/сек. Длина нарезной части ствола этой пушки, т. е. длина пути, проходимого снарядом под влиянием силы пороховых газов, равна 1,8 м. Подставив все эти данные в формулу, получим:

$$1,8 F = \frac{6,5 \times 600^2}{20};$$

отсюда

$$F = \frac{6,5 \times 600^2}{20 \times 1,8} = \frac{6,5 \times 360\,000}{36} = 65\,000 \text{ кг},$$

т. е. средняя сила полного давления пороховых газов на снаряд равна 65 т.

Чтобы узнать удельное давление, надо величину этой силы разделить на площадь ее действия, т. е. на площадь дна снаряда, которая в данном случае равна примерно 45 см².

Проделав деление, получим, что средняя величина удельного давления пороховых газов для этой пушки равна 1 444 кг/см². Чтобы реально представить себе величину такого давления, вспомним прежде, всего, что давление атмосферы весьма близко к 1 кг/см² (поэтому в технике давление в 1 кг/см² и называют атмосферой). Таким образом, среднее удельное давле-

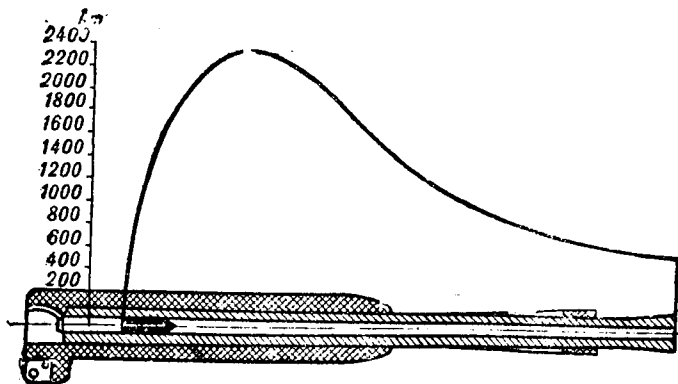


Рис. 54. Кривая давлений пороховых газов на дно снаряда вдоль канала ствола.

ние в этом артиллерийском орудии равно примерно 1 500 техническим атмосферам. Для сравнения приведем несколько величин давления, известных в технике: в котле паровой машины давление пара не превышает 125 ат; в цилиндре двигателя внутреннего сгорания оно достигает 35, а иногда 60 ат.

Остается подчеркнуть, что мы вычислили среднее давление пороховых газов в канале ствола; фактически же это

давление вначале бывает много больше, достигая в 76-миллиметровой пушке 2300 ат (рис. 54). В других же орудиях давление бывает еще больше (до 6000 ат).

Но, может быть, такой величины достигает давление только на дно снаряда, на стенки же орудия оно будет меньше? Конечно, нет. Давление газа передается равномерно во все стороны (закон Паскаля), и если давление на дно снаряда в среднем близко к 1500 ат, а в некоторые моменты достигает 6000 ат, значит, и на стенки ствола, и на затвор оно будет таким же. Отсюда понятно, почему стенки ствола орудия должны быть толстыми и прочными, в особенности в той части ствола, где давление бывает наибольшим (рис. 54).

18. Всегда ли ствол винтовки имеет цилиндрический канал?

Посмотрите в канал ствола любой винтовки—малокалиберной, охотничьей или боевой. Конечно, вы всегда увидите правильную цилиндрическую поверхность от места, где начинаются нарезы, и до дульного среза, т. е. на всем протяжении канала ствола, за исключением патронника, имеющего форму гильзы. Это и естественно. На первый взгляд заданный вопрос кажется даже нелепым. Ведь пуля тоже всегда



Рис. 55. Канал ствола винтовки „Хальгер-ультра“: П — патронник и цилиндрическая казенная часть; К — коническая часть; Ц — цилиндрическая дульная часть.

представляет собой цилиндр с закругленной лишь головкой. Какой же смысл иметь канал ствола иной формы? Если расширить его в какой-либо части, то пуля, очевидно, на таком участке канала будет болтаться, не пойдет по нарезам и потеряет свою меткость. Кроме того, в этом месте пороховые газы прорвутся вперед, и, значит, напрасно израсходуется часть их энергии, что даст уменьшение дальности полета пули. Если сузить где-либо канал ствола, то пуля задержится в этом месте, давление пороховых газов тотчас резко увеличится и либо разорвет ствол, либо, в лучшем случае, испортит винтовку. Недаром запрещают стрелять из загрязненного оружия. Даже тонкого слоя нагара и ржавчины бывает достаточно, чтобы испортить оружие при выстреле, а иной раз привести и к несчастному случаю.

Самое же главное то, что при обычной пуле изменение формы канала ствола не имеет абсолютно никакого смысла, так как неизбежно ухудшает свойства оружия.

И все же вопрос, поставленный в заголовке этого очерка, в наше время вполне уместен. У винтовки „Хальгер-ультра“ которая стреляет ультрапулями, сообщая им небывалую скорость полета (очерк 13), канал ствола частью цилиндрический (разного диаметра), частью конический (рис. 55). В этом и заключается один из секретов Герлиха, позволивший ему добиться ултраскоростей. Но, конечно, при этом и ультрапуля имеет совершенно своеобразную форму (рис. 56), позволяющую использовать оружие такого устройства. На ультрапуле есть выступы и выемки. Рассчитаны они так, что пуля плотно прилегает к поверхности расширенной цилиндрической

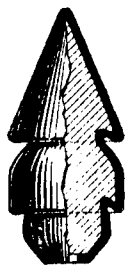


Рис. 56.
Ультрапуля.

части канала ствола, а по мере продвижения пули вперед, в суживающуюся коническую часть канала ствола, выступы вдавливаются и заполняют соответствующие выемки. Вылетая из ствола, ультрапуля имеет уже обычную цилиндрическую форму.

Но что же дает такая форма канала ствола и пули? Чтобы сообразить это, надо вспомнить зависимость силы давления от величины поверхности, на которую данная сила действует.

Наибольшее давление пороховых газов в канале ствола боевой винтовки достигает при легкой пуле примерно 2700 ат , и действует это давление на дно пули, поверхность которого грубо можно считать равной $0,5 \text{ см}^2$. При таких условиях, учитывая, что одна техническая атмосфера есть давление, равное 1 кг/см^2 , можно считать, что на пулю некоторое время (мгновение) действует сила в $1350—1400 \text{ кг}$.

Теперь посмотрим, какова будет при тех же условиях сила, толкающая в первый момент ультрапулю, если поверхность дна ее в этот момент равна, положим, 1 см^2 , для чего достаточно увеличить калибр пули (за счет выступа) всего лишь на 4 мм . Тогда при давлении в 2700 ат сила, толкающая пулю, окажется равной 2700 кг , т. е. в два раза больше обычной. Если при всем этом пуля будет иметь тот же вес, то, очевидно, и ускорение она получит в начале своего движения в два раза большее.

Следовательно, благодаря цилиндро-коническому каналу ствола винтовка „Хальгер-ультра“ дает возможность получить значительно большую скорость полета пуль за счет увеличения движущей силы пороховых газов на расширенном цилиндрическом участке канала ствола. Используя этот принцип, а также лучшие сорта пороха, Герлих и получил начальную скорость полета пуль в два раза больше обычной (до 1700 м/сек вместо 850 м/сек).

Надо не забывать, однако, что изготовление таких винтовок и пуль очень сложно, в десятки раз сложнее, чем обычных, поэтому трудно ожидать массового применения подобного оружия.

19. Воздух вместо пружины

Все газы легко сжимаются и обладают большой упругостью. Сжатый газ — та же пружина и даже во многих отношениях лучше любой пружины. Сильная и прочная пружина всегда имеет большой вес, между тем как газы очень легки. Пружина для одинакового сжатия требует всегда одинаковой силы, а давление газа можно легко регулировать, уменьшая или увеличивая его количество в данном резервуаре.

Все эти свойства газов привлекли к ним внимание и вызвали применение воздуха в качестве пружины. Футбольный

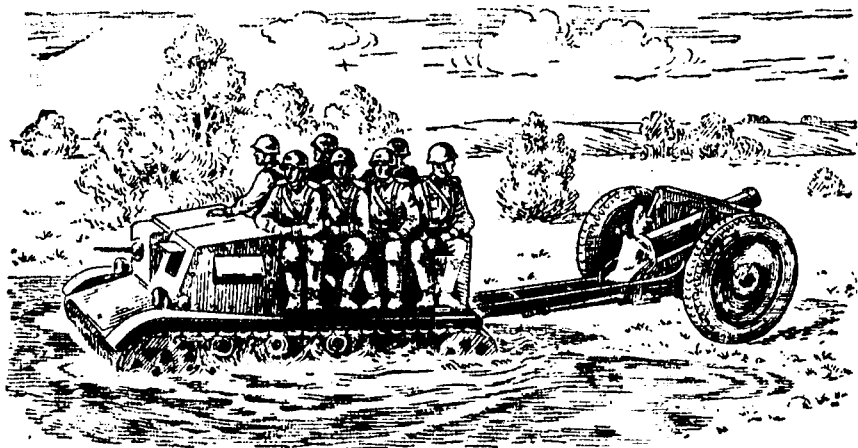


Рис. 57. Артиллерийское орудие на пневматиках.

мяч упруг за счет нагнетенного в него воздуха. Пневматические¹⁾ шины более упруги, чем литые резиновые шины. Все чаще применяют пневматические дверные пружины. Подобно этому и в военной технике, которая в первую очередь использует все достижения техники вообще, пневматические шины и пружины вытесняют литые резиновые шины и металлические пружины.

Раньше пневматическими шинами пользовались лишь в легковых экипажах и автомобилях, затем, с увеличением скорости движения грузовых машин, пневматики понадобились и для них. Теперь пневматики применяют и в боевых броневых автомобилях и на колесах артиллерийских орудий (рис. 57). Здесь, однако, неудобно пользоваться обыкновенными пневматиками, так как в бою постоянно придется быть под обстрелом, и любое

¹⁾ „Пневматический“ — значит „относящийся к свойствам газа“.

попадание в шину пули или осколка снаряда тотчас выведет машину или орудие из строя (воздух выйдет из камеры и шина потеряет всякую упругость).

Поэтому в бронев автомобилях и для орудий чаще применяют либо шины под названием гусматики, по имени изобретателя Гуса, либо шины с губчатым каучуком, либо специальные пневматические шины, не боящиеся пробоин и проколов.

В гусматиках покрышка заполнена особой упругой желатинообразной массой, строение которой, естественно, не изменяется ни при порывах, ни при пробоинах. Таким же свойством обладают и шины с губчатым каучуком.

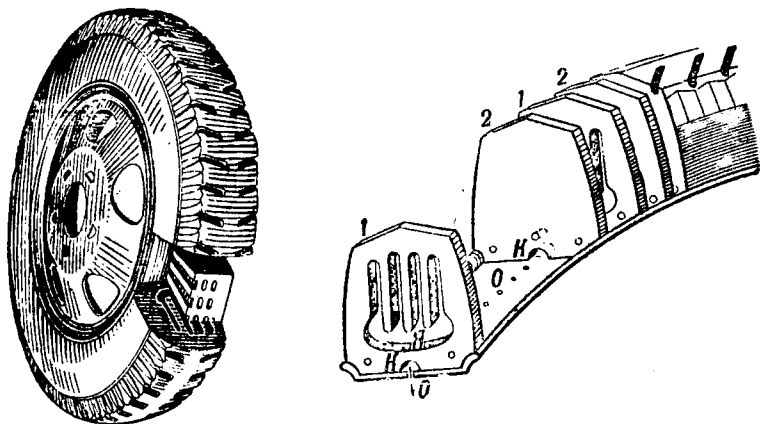


Рис. 58. Устройство шины „целластик“: *K* — канавка; *O* — отверстия; 1 — участки с воздушными камерами; 2 — сплошные участки.

В специальных же пневматических шинах камеру делают не общую для всей шины, как обычно, а состоящую из отдельных секций. Пробоина одной из секций не лишает упругости всю шину. Иногда между двойными стенками камеры помещают особую клейкую массу, которая автоматически заклеивает (затягивает) пробоину и не позволяет поэтому воздуху выйти из камеры. Наконец, появились оригинальные шины „целластик“, особенностью которых являются открытые воздушные камеры, т. е. камеры их соединены с атмосферным воздухом.

Устройство этих шин показано на рис. 58. Ячейки шин сообщаются между собой и с наружным воздухом сплошной канавкой *K* с отверстиями *O*. Нижняя часть шины под давлением веса машины сжимается, и воздух из ячеек ее выходит наружу. Когда же этот участок шины освобождается от давления, тогда воздух вновь засасывается в ячейку. Шина как бы дышит и тем самым проявляет

свою упругость, сохраняя в то же время неизменной свою температуру (литые резиновые шины сильно нагреваются при движении и поэтому скорее изнашиваются). Очевидно, что пробойны почти не влияют на упругость такой шины.

В артиллерийских орудиях, как и в различных повозках, пневматики понадобились в связи с увеличением скорости передвижения, когда конную тягу заменили быстроходными тракторами и автомобилями (тягачами). В наши дни скорость передвижения некоторых артиллерийских орудий доходит до 80 км/час , а еще совсем недавно пределом для них считалась скорость $10\text{—}12 \text{ км/час}$. Если при большой скорости передвижения не подрессорить ход орудия, то механизмы его быстро расшатываются и придут в негодность. Вот тут-то, наряду с другими способами подрессоривания орудий, выручают пневматики.

При этом надо отметить, что, кроме подрессоривания хода орудия, пневматики дают еще и повышение проходимости орудия, так как удельное давление (очерк 16) орудия на грунт становится значительно меньше. Так, например, опорная площадь американской 76-миллиметровой пушки на пневматиках равна 5366 см^2 , что при очень большом весе ее — в 2600 кг — дает удельное давление около $0,5 \text{ кг/см}^2$, в то время как более легкие орудия на железных шинах (например 75-миллиметровая французская пушка весом в 1160 кг) дают удельное давление на грунт в несколько раз большее.

Очень интересно также использование упругости воздуха в накатниках артиллерийских орудий.

В артиллерийских орудиях раньше пользовались для их наката резиновыми амортизаторами, потом перешли к пружинам, а сейчас чаще всего делают накатники воздушные. Но прежде всего выясним, зачем в орудиях нужны особые приспособления для их отката и наката.

Неизбежная в огнестрельном оружии и знакомая каждому стрелку отдача есть сила, равная силе, выталкивающей снаряд.

Отсюда понятно, что чем тяжелее снаряд и чем дальше мы хотим его забросить, тем большая получается сила отдачи. Разбирая в предыдущем очерке давление пороховых газов в канале ствола орудия, мы определили уже, что даже у небольшой сравнительно пушки 76-миллиметрового калибра сила, действующая на снаряд (а значит, и сила отдачи), равна 65 т . У крупных же тяжелых орудий эта сила достигает сотен и даже тысяч тонн. Очевидно, при таких условиях задача удерживать орудие на месте является невыполнимой. Прежде, когда техника не умела бороться с силой отдачи, орудие после каждого выстрела все целиком откатывалось назад на несколько метров (рис. 59) и каждый раз надо было вручную накатывать

его на прежнее место. Естественно, что это вызывало очень медленную стрельбу из орудий: каждый выстрел требовал не-



Рис. 59. Откат старых орудий (без противооткатных устройств).

скольких минут. Теперь же лафет орудия имеет особые противооткатные устройства (рис. 60) и сошник.

После первого выстрела сошник зарывается в землю (обычно для него заранее делают канавку) и удерживает станок орудия на месте, откатывается же лишь один ствол (рис. 60), связанный с цилиндром тормоза отката. Тормоз отката — гидравлический; в нем сила отдачи поглощается трением жидкости. Накатывается же ствол на свое место с помощью пружинного и воздушного накатника. Тормоз отката и накатник устроены весьма сложно, но идею их действия понять вовсе нетрудно.

Длинный полый цилиндр тормоза отката (рис. 61) соединен со стволом орудия и наполнен жидкостью (масло или глицерин с водой). Внутри цилиндра находится шток с поршнем, прикрепленный к станку орудия, т. е. неподвижный. В поршне имеются узкие отверстия (каналы) для прохода жидкости. Над цилиндром

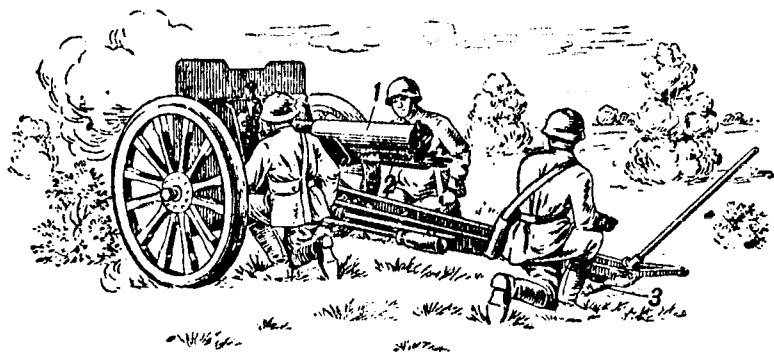
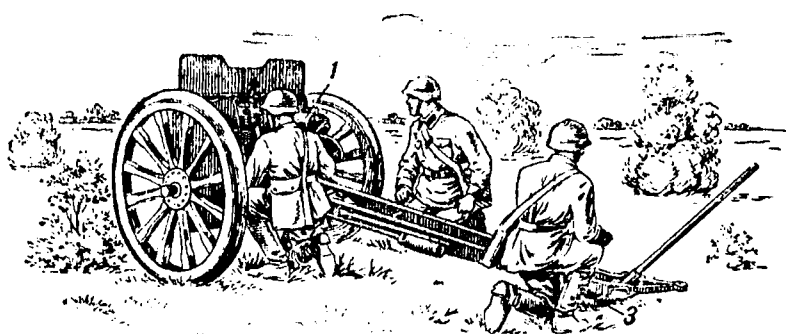


Рис. 60. Современное артиллерийское орудие (наш 76-миллиметровая пушка образца 1927 г.). Вверху — до выстрела; внизу — в момент выстрела при полном откате. 1 — ствол; 2 — противооткатные устройства; 3 — сошник.

тормоза или сбоку его помещается цилиндр накатника, тоже с жидкостью и резервуаром со сжатым воздухом (рис. 61).

Когда под влиянием силы отдачи ствол и цилиндры тормоза отката и накатника откатываются назад, жидкость с громадной скоростью пробрызгивается сквозь отверстия поршня тормоза и одновременно начинает заполнять воздушный резервуар накатника, сжимая находящийся в нем воздух. Трение жидкости и сопротивление сжатого воздуха тормозят откат, и ствол вскоре останавливается, израсходовав всю энергию отдачи (откат обычно около 1 м). Теперь начинает действовать накатник.

Сжатый воздух, стремясь расшириться, выталкивает жидкость, толкая тем самым цилиндр накатника и связанный с ним ствол в первоначальное положение. Так как тут уже движение происходит сравнительно медленно, то сопротивление жидкости в тормозе отката получается небольшое¹⁾, и тяжелый ствол легко и плавно накатывается на свое место.

Вот и вся работа тормоза и накатника. Как велики силы, действующие в таких накатниках, видно из следующих приме-

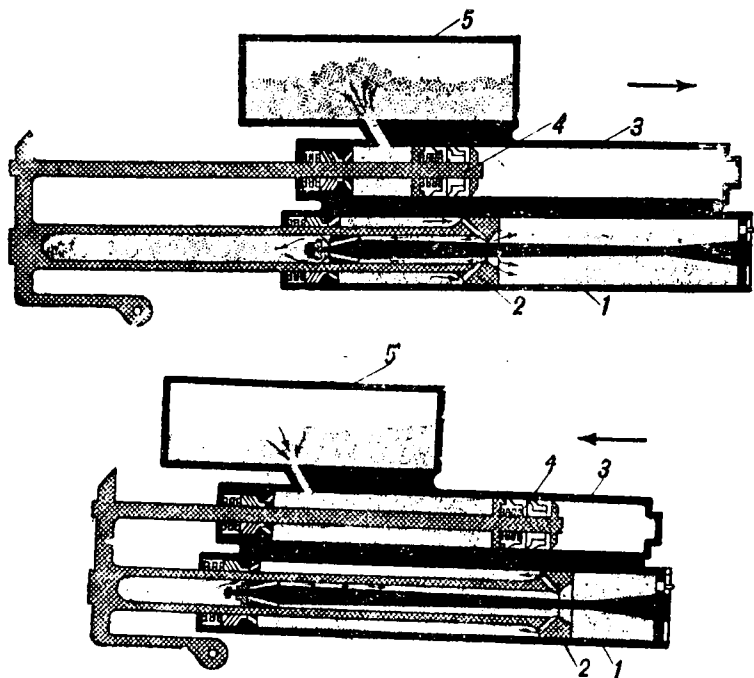


Рис. 61. Схема гидравлического тормоза отката и пневматического накатника орудия. Вверху — момент отката; внизу — момент наката. 1 — цилиндр тормоза; 2 — поршень тормоза; 3 — цилиндр накатника; 4 — поршень накатника; 5 — воздушный резервуар.

ров. В 76-миллиметровой пушке образца 1927 г. воздух перед откатом сжат с силой в 25 ат, а при полном откате — в 68 ат. В более крупных орудиях силы эти значительно больше. Например, в накатнике 305-миллиметровой гаубицы образца 1915 г. воздух перед откатом сжат с силой в 60 ат, в момент же наибольшего отката — в 100 ат. Этот накатник после выстрела ставит на место ствол, вес которого более 16 т. Если бы подобную работу выполнять с помощью пружин, то размеры и вес их были бы грандиозны.

¹⁾ Сопротивление жидкости и газа движущимся в них телам всегда увеличивается с увеличением скорости движения тел (см. очерк 13).

Громадная упругость газов, а следовательно, и воздуха, давно уже породила идею пневматического оружия, т. е. такого оружия, движущей силой в котором вместо пороховых газов служит сжатый воздух. Многие, вероятно, помнят, что известный романист Жюль Верн вооружил таким оружием героев своего романа „20 000 лье под водой“. Но большинство, читая описание этого оружия у Жюль Верна, считали его фантастическим, как и весь роман. На самом же деле Жюль Верн¹⁾ в данном случае не надо было фантазировать, так как за много лет до него, в 1650 г., оружейник Гуттэр изобрел первое пневматическое ружье, а с 1790 до 1815 г. пограничные войска в Австрии были вооружены пневматическими ружьями Жирандони. Ружья эти имели крупные недостатки (малая дальность, слабое пробивное действие пуль, быстрая порча), но одно то, что они 25 лет состояли на вооружении, доказывает относительную ценность их для того времени.

Пневматическое оружие вообще обладает многими положительными свойствами. Выстрел из него стоит сравнительно дешево не только потому, что воздух „дешевле“ пороха, но, главным образом, в силу меньшего износа оружия при стрельбе. Горячие упругие пороховые газы (температура их доходит до 3000°, см. очерк 17) быстро разрушают (разъедают) канал ствола огнестрельного оружия и, оставляя в нем нагар, требуют систематической чистки оружия. Сжатый воздух, очевидно, не должен разрушать ствол и не будет загрязнять его канал. Поэтому „живучесть“ ствола у пневматического оружия должна быть в десятки раз больше, чем у обыкновенного огнестрельного („порохострельного“).

Насколько актуален этот вопрос в наиболее мощных образцах современного огнестрельного оружия, видно из следующих данных. Артиллерийские орудия, стреляющие на дальность 10—15 км, могут сделать без замены ствола около 10 000 выстрелов; стреляющие на дальность до 30 км — уже не более 500—1 000 выстрелов, а сверхдальноточные пушки (очерк 8) — всего лишь 50—60 выстрелов. Отсюда и живучесть всех этих орудий получается до курьеза ничтожной. Действительно, если вычислить время работы орудий подобно тому, как вычисляют живучесть всех машин и приборов, например моторов, электроламп и т. п., то получается, что перечисленные орудия „живут“ соответственно 100, 10 и 3 секунды! Это не опечатка — именно секунды, так как выстрел из орудия происходит в промежутке времени порядка сотой доли секунды. Отсюда нетрудно понять, как дорого стоит каждый выстрел из современных орудий, если считать стоимость не только снаряда и заряда, но и амортизации орудия. Для примера отме-

¹⁾ Жюль Верн жил с 1828 по 1905 г.

тим, что заряд и снаряд для одного выстрела из сверхдальнобойной пушки стоят примерно 20 000 золотых рублей, а с учетом стоимости амортизации самого орудия выстрел стоил бы не менее 25 000—30 000 рублей.

Так мала живучесть орудий при тщательном уходе за ними! Если же подобного ухода не будет, срок службы орудий значительно сократится.

Пневматическое оружие с почти неразрушающимся стволом было бы неизмеримо выгоднее.

Кроме того, выстрел из пневматического оружия абсолютно бездымен, т. е. позволяет стрелку (орудию) оставаться совершенно незаметным в бою, что, очевидно, тоже очень выгодно. Наконец, пневматическое оружие можно применять в таких

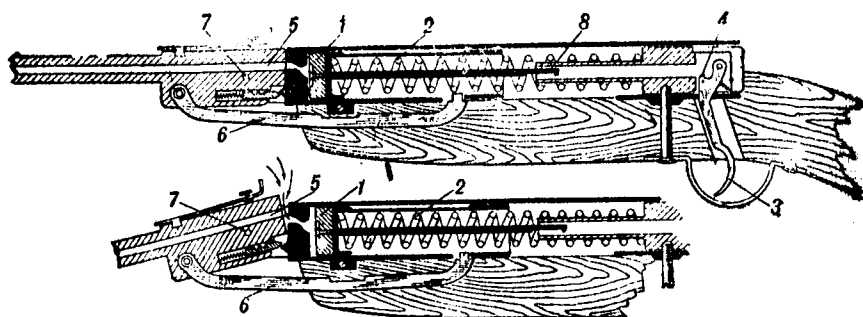


Рис. 62. Схема устройства и действия пневматической винтовки. Вверху — положение после выстрела; внизу — момент заряжания. 1 — поршень, 2 — пружина поршня; 3 — спусковой крючок; 4 — шептало; 5 — место, куда вкладывается пуля; 6 — рычаг; 7 — ось вращения ствола винтовки; 8 — боевой взвод.

условиях, в которых огнестрельное оружие не действует или стрельба из него вредна для самих стрелков, например под водой (вспомните Жюль Верна) или из закрытых казематов (пороховые газы весьма вредны).

Все сказанное объясняет давно появившиеся попытки разрешить проблему пневматического оружия, но зато делает на первый взгляд совершенно непонятным отсутствие этого оружия в наши дни в руках бойцов пехоты и артиллерии. А между тем это вовсе не так трудно понять, если разобраться в принципах устройства оружия этого вида. С этой целью мы прежде всего рассмотрим существующее в наши дни пневматическое малокалиберное ружье тренировочного типа. Таких ружей в настоящее время имеется немало, и они вполне успешно выполняют свое назначение.

Принцип действия их заключается в следующем. В кюмре для воздуха (рис. 62), имеющей значительный диаметр (в нашей винтовке около 15 мм), ходит поршень, который и выталкивает из нее сжатый воздух сквозь очень узкий канал. Выры-

вающийся из этого канала воздух с силой толкает пулю (калибром 4,5 мм), расположенную у самого отверстия для воздуха и как бы закрывающую его. Движение поршня в камере с воздухом происходит за счет энергии предварительно сжатой обыкновенной стальной пружины. В свою очередь эта пружина сжимается силой самого стрелка с помощью рычажного механизма. Для этого перед выстрелом ружье перегибают (как бы ломают), поворачивая ствол вниз вокруг горизонтального шарнира (рис. 62), двигают ствол вниз и назад и с помощью рычажной связи сжимают боевую пружину, которая удерживается затем в сжатом положении собачкой спускового приспособления. В открытый ствол вкладывают свинцовую пулю или железную стрелку с кисточкой (рис. 63). Затем ствол приводят в первоначальное положение, после чего ружье готово к выстрелу. Нажимая на спусковую скобу, освобождают тем самым боевую пружину, которая толкает поршень. Поршень сжимает воздух в камере (у нашей винтовки до 10 ат) и толкает его в узкий канал; воздух же толкает пулю (стрелку).

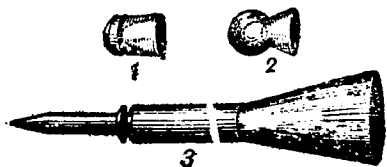


Рис. 63. Пули и стрелка к пневматической винтовке. 1 и 2 — пули; 3 — стрелка.

Как видим, принцип устройства пневматического ружья весьма прост и недалек от той примитивной воздушной трубки, из которой школьники стреляют иногда жеваной бумагой, просто вдвывая ртом воздух в трубку. Еще более похоже это ружье на детский воздушный пистолет, стреляющий пробкой. Если бы в этом пистолете сделать камеру пошире, а пробку заменить более тяжелой, меньшего диаметра, то стрелял бы он примерно на такое же расстояние, как описанное пневматическое ружье, т. е. на 20—25 м. Разница была бы лишь в меткости, которая, благодаря длинному стволу и возможности прицеливаться, для ружья, конечно, больше.

Основной порок пневматического ружья заключается в том, что источником энергии в нем служит по существу сам стрелок, а отнюдь не пружина и не воздух, которые лишь с неизбежными потерями трансформируют энергию стрелка, позволяя сосредоточить ее на метании маленькой пульки в строго определенном направлении. Порох же обладает громадной внутренней химической энергией, которая почти мгновенно по воле стрелка, без всякого усилия с его стороны, превращается в энергию движения пули.

Вот некоторые данные для сравнения пневматического ружья с обыкновенным.

Малокалиберная винтовка ТОЗ-8 выбрасывает пулю весом 2,5 г с начальной скоростью 320 м/сек (заряд пороха 0,2 г), что дает кинетическую энергию (очерк 12) пули при вылете, равную 12,8 кгм.

Одна из лучших современных пневматических винтовок — наша винтовка (рис. 64) — пуле весом в 0,5 г сообщает начальную скорость всего лишь 160 м/сек, т. е. кинетическая энергия ее при вылете равна 0,64 кг·м.

В соответствии с этим дальность прицельного огня из винтовки ТОЗ 8 равна 250 м, а из пневматической винтовки — 50 м. Правда, на 135 м пуля ее еще может впитаться в дерево, но меткость при этом уже ничтожна.

Не приходится доказывать, почему пневматическое ружье подобного рода годится только в качестве малокалиберного тренировочного, для которого достаточно сжать пружину с силой в 50—70 кг (у нашей винтовки 48 кг); при этом рычаг дает стрелку возможность давить на длинный его конец с силой

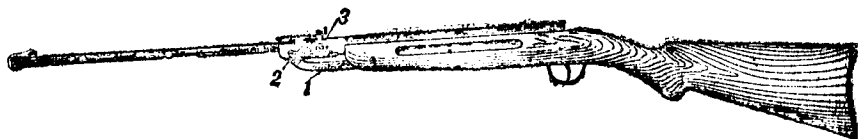


Рис. 64. Наша пневматическая винтовка. 1 — рычаг; 2 — ось рычага; 3 — ось винтовки.

в 5—8 раз меньшей (у нашей винтовки с силой в 6 кг). Очевидно, что человеку для метания даже обычной боевой пули (вес не менее 9 г) на 500—1000 м понадобилось бы производить значительно большую работу, а о снарядах смешно и говорить; для метания их нужна была бы предварительная работа сотен людей в течение нескольких часов, чтобы накопить нужный запас энергии.

Если же пытаться быстро сжимать воздух с помощью какого-либо механизма до нужного высокого давления, тогда появляется новая неприятность — чрезвычайно большое нагревание сжимаемого газа. Например, при быстром сжатии газа до 300 ат температура его повышается от 0° до 1500°, т. е. становится близкой к температуре пороховых газов при выстреле. Это уничтожает одно из основных преимуществ пневматического оружия. Происходит такое нагревание газа при сжатии потому, что затраченная на сжатие газа работа повышает внутреннюю его энергию, а эта последняя заключается, главным образом, в энергии движения газовых молекул. Таким образом, резко увеличивается скорость движения газовых молекул, которая, как известно, определяет температуру газа.

Но, может быть, надо лишь изменить принцип устройства пневматического оружия, и тогда оно окажется приемлемым в качестве боевого? Что если, например, сжатый воздух доставлять в каких-либо специальных патронах готовым к действию и освобождать в оружии? Или даже запас сжатого воздуха, достаточный для ряда выстрелов, поместить, положим, в приклад винтовки, откуда выпускать его по мере надобности? И то и другое практически возможно. И именно по этому

принципу было устроено упоминавшееся уже ружье Жирандони, выпускавшее подряд 20 пуль за счет энергии сжатого воздуха, помещенного в прикладе. Есть и сейчас такие „газовые“ ружья (рис. 65).

Так, в „газовом“ ружье Карбона калибром 4,5 мм баллон содержит жидкую углекислоту, запаса которой хватает на 800 выстрелов. Дальность стрельбы из этого ружья составляет всего лишь 10 м. Немногим лучше получится результат, если иметь запас газа, сжатого до 100—150 ат.

Давление пороховых газов в канале ствола боевых винтовок, пулеметов и артиллерийских орудий должно быть не менее 2 000—3 000 ат, чтобы с нужной силой на большую дальность

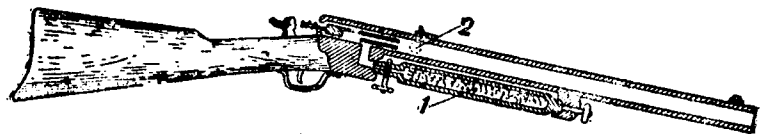


Рис. 65. „Газовое“ ружье. 1—ожигенная углекислота; 2—пуля.

бросать пули и снаряды. Очевидно, не меньшее давление должен будет оказать и сжатый воздух, чтобы с той же силой бросать пули и снаряды. Давление это должно быть даже больше, так как порох горит все время, пока снаряд (пуля) находится в стволе, и, таким образом, давление его газов по мере движения снаряда (пули) хотя и уменьшается, но все же сохраняет значительную величину до момента вылета (рис. 54). Это и дает нужное среднее давление на дно снаряда, равное в худшем случае примерно половине наибольшего давления. В пневматическом же оружии с готовым запасом сжатого воздуха кривая давления на дно снаряда имела бы вид примерно такой, как показано на рис. 66. Здесь, очевидно, для получения нужного среднего давления пришлось бы наибольшее давление доводить до величины в 3—4 раза выше среднего. А если принять во внимание сложность хранения воздуха, сжатого до 4 000—5 000 ат, и трудность устройства механизма, выпускающего этот воздух в канал ствола, то совсем очевидной станет значительная трудность замены пороха готовым запасом сжатого воздуха в боевом оружии.

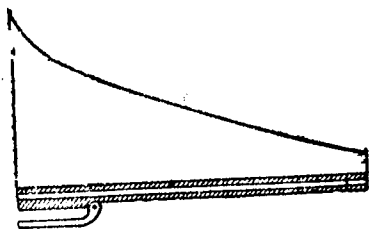


Рис. 66. Кривая давления воздуха в пневматической винтовке с готовым запасом сжатого воздуха.

В заключение рассмотрим еще один прием использования сжатого воздуха в оружии — подачу его в оружие непосредственно от компрессоров, т. е. от машин, которые сжимают воздух.

Этот прием тоже имеет свое далекое прошлое. В 1884 г., когда было известно только одно сильное взрывчатое вещество — динамит, естественно, стремились применить его в артиллерийских снарядах, все еще наполнявшихся тогда дымным порохом. Но динамит совершенно непригоден как разрывной заряд обыкновенной порохоострельной артиллерии: от резкого толчка снаряда в канале ствола он неизбежно взрывается, и, значит, снаряд вместо цели разрушит орудие, из которого им выстрелят. Поэтому изобретатель Залинский и предложил американцам (США) использовать его „динамитные“ пушки, стреляющие сжатым воздухом. Предложение было принято, и в 1888 г. 250 таких орудий береговой обороны установлено. Калибр их был 38 см, длина чугунного ствола — 15 м, снаряды применялись длиной 3,35 м и 1,83 м, дальность стрельбы соответственно составляла 1800 и 5000 м. Для каждой пушки имелась машинная установка, сжимающая воздух до 140 ат. Сжатый воздух по системе подземных труб поступал к орудию и в нужный момент заполнял специальную камеру для него, выталкивая снаряд. На войне пушки показали себя очень мало меткими: они не дали ни одного попадания в корабль противника. Естественно, что с появлением новых сильных взрывчатых веществ, поддерживающих сотрясение при выстреле из порохоострельных орудий, от пневматических пушек Залинского отказались и с тех пор к подобным орудиям не возвращались.

Из сказанного ясны основные недостатки таких орудий: громоздкость и неподвижность их (машинные установки — компрессоры), малая меткость даже при небольшой дальности стрельбы.

Однако, идея пневматических орудий все же нашла себе применение в первую мировую империалистическую войну в виде пневматических минометов, стрелявших крылатыми минами на расстоянии в 200—300 м. Это были орудия ближнего боя, вскоре вытесненные более точными минометами Стокса (см. очерк 15).

Таким образом, в настоящее время ни один из приемов использования сжатого воздуха вместо пороха в боевом оружии не дал сколько-нибудь удовлетворительных результатов.

Лишь в тренировочных ружьях вполне возможно использовать, наряду с энергией пороха, и энергию сжатого воздуха, что дает даже ряд преимуществ оружию последнего типа. Так, стреляя в тире или даже в любой комнате, можно десятки раз пользоваться одной и той же пулей (стрелкой). Обращение с этим ружьем крайне просто, совершенно безопасно, стрельба не портит воздуха в помещении, не требует чистки оружия и т. д. Лишь прочность механизмов (но не ствола) пока еще недостаточно велика, но и в этом отношении последние образцы значительно лучше, что позволяет успешно применять пневматическое ружье с учебной целью и даже для охоты на мелкую дичь.

21. От сегнерова колеса до ракетного стратоплана

Когда струя жидкости или газа вытекает из подвижного сосуда или просто из согнутой под прямым углом трубки, можно наблюдать так называемое явление реакции струи. Объясняется это явление очень просто.

Давление жидкости или газа на стенки закрытого сосуда зависит только от высоты уровня жидкости в сосуде или от упругости газа и поэтому одинаково для всего участка стенок сосуда, находящегося на одном и том же уровне. Но если в сосуде есть отверстие, из которого жидкость или газ вытекают, то равновесие сосуда тотчас нарушается, так как струя, отталкиваясь от стенки, противоположной отверстию, толкает в свою очередь эту стенку, т. е. возникает сила, толкающая сосуд в сторону, противоположную отверстию. И если сосуд подвижен (подвешен или установлен на колесиках), то он неизбежно начнет при этом двигаться в сторону, противоположную вытекающей струе.

На этом принципе основан известный в физике прибор — сегнерово колесо и реактивные (водяные и паровые) турбины¹⁾.

Необходимо сразу заметить, что реакция вытекающей струи совершенно не связана с наличием вокруг сосуда воздуха или какой-либо другой среды. Явление реакции происходило бы совершенно так же и в пустоте, так как струя отталкивается не от воздуха, а от сосуда, из которого она вытекает и который под влиянием этого толчка движется. Эта особенность явления реакции в жидкостях и газах и привела к любопытнейшим проектам межпланетных путешествий, к проектам ракетной „суперартиллерии“, т. е. артиллерии, стреляющей на сотни километров снарядами, летящими очень высоко над землей, и, наконец, к проектам ракетных стратопланов.

Во всех этих случаях дело сводится к устройству ракетного двигателя, в принципе подобного давно известным ракетам.

Источником энергии во всякой ракете является быстро горящее топливо: порох и подобные ему взрывчатые вещества или, в последнее время, — смесь жидкого кислорода с бензином, спиртом, керосином и т. п. Образующиеся при горении топлива газы вытекают из отверстия в хвостовой части ракеты (рис. 67), поэтому возникает реактивная сила, толкающая ракету головной частью вперед. Так как ракета может двигаться в пустоте, то она, очевидно, вполне пригодна для полета в межпланетном пространстве и в любых, самых высоких, слоях атмосферы. Возможность же движения в пустоте

¹⁾ В технике более широкое применение имеют так называемые активные водяные и паровые турбины, которые основаны на принципе использования прямого удара движущегося потока воды или пара.

или в почти безвоздушном пространстве позволяет ракетами развивать колоссальные скорости (порядка 1 000 м/сек и больше), так как мы знаем уже, что одним из главнейших препятствий к увеличению скорости движения на земле является воздух (очерки 4, 6, 7 и 13).

Таким образом, теоретически ракета является одним из средств, позволяющих рассчитывать на значительное дальнейшее увеличение скорости движения снарядов и самолетов,

особенно в высоких слоях атмосферы — в стратосфере. Однако, на практике создание подходящего ракетного двигателя — дело далеко не простое и требует еще решения многих, весьма трудных проблем, из которых главнейшие: 1) подбор наилучшего и безопасного топлива, позволяющего регулировать его горение; 2) понижение температуры горения топлива или устройство легкой, надежной системы охлаждения мотора; 3) постепенное (не очень быстрое) нарастание скорости движения ракетного аппарата до нужного максимума.

Пороховые ракеты известны очень давно, и так же давно они находили себе

применение на войне, прежде всего в качестве зажигательных снарядов, начиная с „огненных стрел“, известных в Китае несколько тысяч лет тому назад, и кончая современными зажигательными ракетами (применяются для воспламенения привязных аэростатов с самолета). Летают эти ракеты на расстояние, не превышающее примерно 3 км.

Мы уже знаем, что порох горит очень быстро и развивает при горении очень высокую температуру, порядка 2 000—3 000° (очерк 17). В артиллерийских орудиях и во всяком огнестрель-

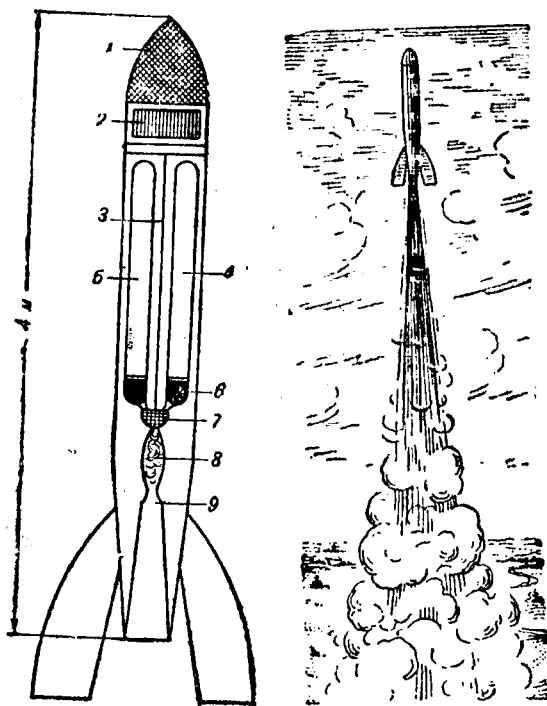


Рис. 67. Слева — схема ракеты Годара: 1 — парашют; 2 — регистрирующие приборы; 3 — перегородка; 4 — горючее; 5 — жидкий кислород; 6 — насосы; 7 — карбюратор; 8 — камера сгорания; 9 — дюза. Справа — рисунок с фотографии ракеты Тиллинга в начале полета.

ном оружия сгорание пороха (выстрел) происходит в сотые и даже тысячные доли секунды, вслед за чем наступает неизбежная пауза, необходимая для перезарядки оружия. За это время ствол оружия успевает несколько охладиться, и каждый новый выстрел хотя и повышает вновь температуру ствола, но не пропорционально числу выстрелов, а в значительно меньшей степени. Однако, и при этих условиях очень частая и длительная стрельба из оружия без приспособлений для охлаждения ствола (очерк 30) вызвала бы неизбежную порчу оружия, — металл ствола быстро выгорел бы.

Поэтому все пулеметы обязательно имеют систему охлаждения ствола, а из орудий разрешают стрелять с таким темпом стрельбы, который обеспечивает сохранность материальной части.

Этот технический режим огня всегда меньше технической скорострельности, которую допускает конструкция орудия, и

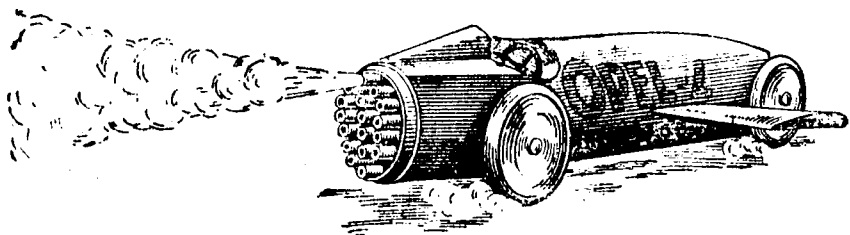


Рис. 68. Ракетный автомобиль Опеля.

он уменьшается с увеличением промежутка времени, в течение которого ведут непрерывную стрельбу. Так, например, из нашей 76-миллиметровой пушки образца 1927 г. разрешают выпускать в 3 минуты не более 40 снарядов, в 15 минут не более 90, а в 1 час — не более 180. Предельная же техническая скорострельность этой пушки составляет около 20 выстрелов в минуту, т. е. из нее можно выпустить, если не считаться с потерей меткости и с порчей материальной части, в 3 минуты 60 снарядов, в 15 минут — 300 и в 1 час — 1200!

Этот пример отчетливо показывает, с какими трудностями встречаемся мы при создании пороховых ракет, где, очевидно, порох должен гореть непрерывно. Поэтому и получается, что пороховой ракетный мотор может работать лишь 1—2 секунды, сообщая ракете скорость, нужную ей для полета лишь на весьма ограниченное расстояние.

Пытаются бороться с этим коренным недостатком путем установки на аппарате батарей ракетных моторов, т. е. ряда ракет, воспламеняемых последовательно и по воле человека, как, например, в ракетном автомобиле Опеля, показанном на рис. 68. Но все это дает в целом лишь секунды действия мото-

ров и сопряжено с очень большим риском произвольного взрыва ракет вследствие накаливания соседних. Катастрофы с порохowymi ракетными аппаратами — явление обычное.

Жидкое топливо, несомненно, гораздо удобнее и выгоднее, но и в этом случае температура горения и нагревание стенок ракетного мотора получаются громадные. Пока удалось добиться всего лишь 3 минут работы такого мотора без охлаждения и до 5—7 минут — с охлаждением посредством жидкого кислорода (Оберт).

Даже из этой краткой справки видно, какие трудности должны встретить конструкторы, приспособляющие такой мотор к летательному аппарату, и насколько сложно окажется управление им в полете, несмотря на возможность все же регулировать его работу (единичный пороховой ракетный мотор не допускает такой регулировки вовсе).

Теперь рассмотрим трудности, сопряженные с громадными ускорениями, сообщаемыми ракетным мотором летательному аппарату. Конечно, если речь идет о снаряде-ракете, то здесь допустимы большие ускорения, — они и в современных орудиях весьма велики. В проектах же ракетных стратопланов и особенно межпланетных кораблей, т. е. в аппаратах с людьми, вопрос об ускорении приобретает весьма существенное значение.

Рассматривая условия работы летчика на пикирующем бомбардировщике (очерк 5), мы уже упоминали, что человек безболезненно переносит ускорения до 5—6 g в течение нескольких секунд и до 13—14 g в течение долей секунды, и то лишь при определенном положении его тела. Ракетные же моторы, существующие сейчас, дают ускорения: пороховые — порядка сотен m/sec^2 , жидкостные — не менее 50 m/sec^2 . Эта трудность в применении ракет для полетов человека весьма серьезна и забывать о ней не следует никогда, особенно читая многочисленные фантастические повести, рассказы и даже газетные заметки, весьма просто описывающие будущие полеты человека на Луну, Марс и т. п.

Есть и еще немало всяких трудностей в разрешении этого вопроса, на некоторых из них мы еще остановимся впоследствии (коэффициент полезного действия и вес необходимого для ракеты топлива — очерк 29). Пока же, подводя итоги, можно сделать следующие выводы:

1. Наиболее вероятно и возможно применение в ближайшее время ракет-снарядов на твердом или жидком топливе.

2. Для всех других целей выгоднее ракетный мотор на жидком топливе, работа над усовершенствованием которого и является основной задачей нашего времени.

3. Возможно применение ракетных двигателей для первоначального короткого разгона обычного самолета, чтобы облегчить ему взлет с небольшого аэродрома. Сведения о применении такого самолета появлялись уже в печати в начале со-

временной войны, но пока этот принцип явного распространения не получил, очевидно в связи с большим риском взрыва ракет.

4. Может быть, удастся скомбинировать обычный двигатель самолета (для полета в тропосфере) с ракетным двигателем, который начнет действовать только в верхних слоях стратосферы, где обычный мотор уже не годится (нехватает воздуха).

Однако, эти трудности отнюдь не останавливают упорных работ, которые ведутся сейчас по исследованию ракет во всех технически передовых странах.

Должное внимание уделяют ракетам и у нас в СССР, где жил один из талантливейших изобретателей в области ракет, впервые разработавший ряд проектов ракетных кораблей, известный всему миру ученый Циолковский. В качестве примера на рис. 69 показана ракета одного из советских конструкторов — Тихонравова.

Но реактивный принцип находит себе применение не только при устройстве летательных аппаратов. В наши дни явлением реакции пользуются также для борьбы с отдачей (очерк 19) в артиллерийских орудиях и пулеметах.

На передний конец ствола (на дульную часть) надевают так называемый дульный тормоз — обычно металлический цилиндр с каналами в стенках (рис. 70). Когда снаряд выходит из ствола, вслед за ним вырываются весьма упругие пороховые газы, еще обладающие большой силой. Стремясь расшириться во все стороны, пороховые газы

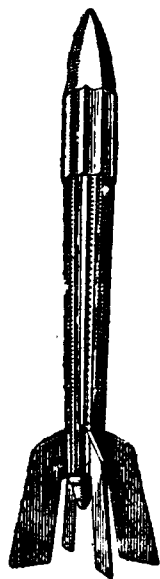


Рис. 69. Ракета Тихонравова.

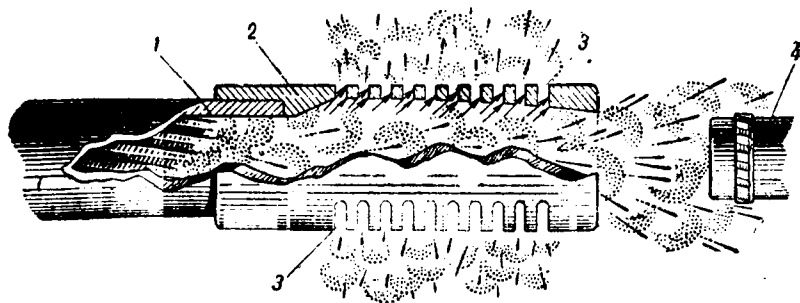


Рис. 70. Схема дульного тормоза (вид сверху). 1—ствол; 2—надульник; 3—каналы для выхода пороховых газов; 4—снаряд в момент вылета из тормоза.

частью продолжают толкать снаряд, частью же с силой устремляются в каналы дульного тормоза. При этом газы изменяют

направление своего движения и вытекают в стороны или назад. Вот тут-то и неизбежно возникают реактивные силы, толкающие дульный тормоз в сторону, противоположную направлению вытекающих струй. К этим реактивным силам добавляются еще силы прямых ударов газов в передние стенки каналов.

Все эти силы направлены вперед, следовательно, они толкают дульный тормоз вперед. А так как этот тормоз прочно скреплен со стволом, то и ствол получает толчок вперед, в то

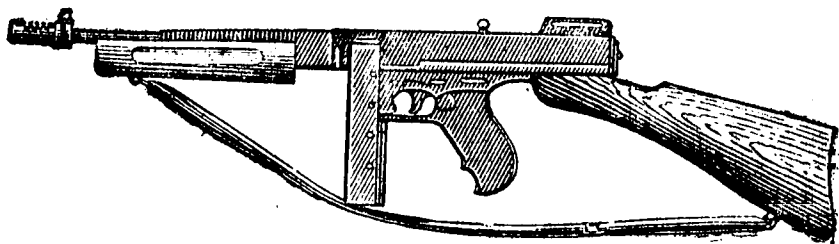


Рис. 71. Пулемет Томсона с компенсатором Кэа.

время как давление пороховых газов на затвор толкает ствол назад (отдача). Очевидно, что благодаря дульному тормозу равнодействующая сила, толкающая ствол назад и заставляющая его откатываться, будет меньше, а значит, меньше будет и энергия отката.

Уменьшение же энергии отката позволяет при прочих равных условиях повысить мощность орудия, сделать его более дальнобойным. Строго говоря, тормоз позволяет, не изменяя мощности орудия, уменьшить либо длину отката, либо нагрузку на его лафет (станок). Но гораздо выгоднее при том же весе орудия повысить его мощность, оставив длину отката и прочность лафета неизменными. Лишь в виде исключения, возможно, дульный тормоз применяют для уменьшения отката таких ору-

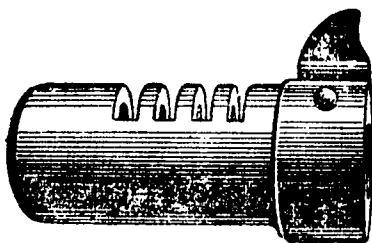


Рис. 72. Вид снутого компенсатора Кэа.

дий, как танковые, так как теснота помещения требует возможно более короткого отката орудия. Можно также ожидать применения дульного тормоза на самолетных пушках для уменьшения их веса или просто для уменьшения энергии отката при неизменной мощности, чтобы тем самым облегчить нагрузку при выстреле на сравнительно хрупкий самолет. В большинстве же случаев дульные тормоза используются пока для увеличения мощности орудий.

Помимо этого, дульный тормоз может выполнять роль „компенсатора“ — прибора, устраняющего подпрыгивание ору-

жения или отклонение ствола вверх в момент выстрела. Для этого достаточно отверстия тормоза расположить вверх (рис. 71 и 72); тогда, очевидно, реактивные силы будут направлены не только вперед (торможение), но и вниз (компенсация).

Как показали опыты, коэффициент полезного действия лучших образцов современных дульных тормозов доходит до 75—85%, т. е. они на 75—85% уменьшают энергию отката оружия. А применение компенсаторов повышает меткость стрелкового оружия, так как уменьшает естественное рассеивание пуль в 3—4 раза.

22. Поплавки и лодки из „воздуха“

На войне войскам очень часто приходится переправляться через реки и озера. Готовых мостов в нужном месте либо не бывает вовсе, либо нехватает для быстрой переправы. Для постройки новых мостов нужны время, материалы, рабочая сила. В непосредственной же близости от противника вообще нельзя пропустить по мостам войска в боевом порядке, т. е. в таком порядке, который приспособлен для борьбы, а не только для передвижения (когда войска идут в колоннах). Поэтому войска всегда имеют при себе готовые переправочные средства („переправочное имущество“) и, кроме того, широко пользуются простейшими подручными средствами и способами переправы (как, например, плоты, лодки, бочки, вброд, вплавь).

Специальное войсковое переправочное имущество должно быть очень легким, чтобы можно было всегда иметь его при себе, и должно допускать быстрое приведение его в готовность.

Всякому понятно, например, что войска не могут тащить с собой обычные деревянные лодки, паромы, бревна для плотов и т. п. Вот почему и применяют в качестве войскового переправочного имущества надувные лодки (рис. 73 и 74), а недавно пользовались и надувными поплавками. Так как принцип действия всех надувных средств переправы одинаков, то мы рассмотрим его на простейших поплавках Полянского (рис. 75).

Основой всех надувных средств переправы служит резиновая, непроницаемая для воды и воздуха ткань или двойная парусина с резиновой прослойкой, заключенная в брезентовый чехол.

Надувают поплавки или лодку через специальный вентиль, подобный имеющемуся в камерах футбольных мячей или велосипедных колес.

Таким образом, эти переправочные средства сделаны, конечно, не из воздуха, как указано в заглавии очерка, но именно воздух дает им пловучесть и подъемную силу. Такие попла-

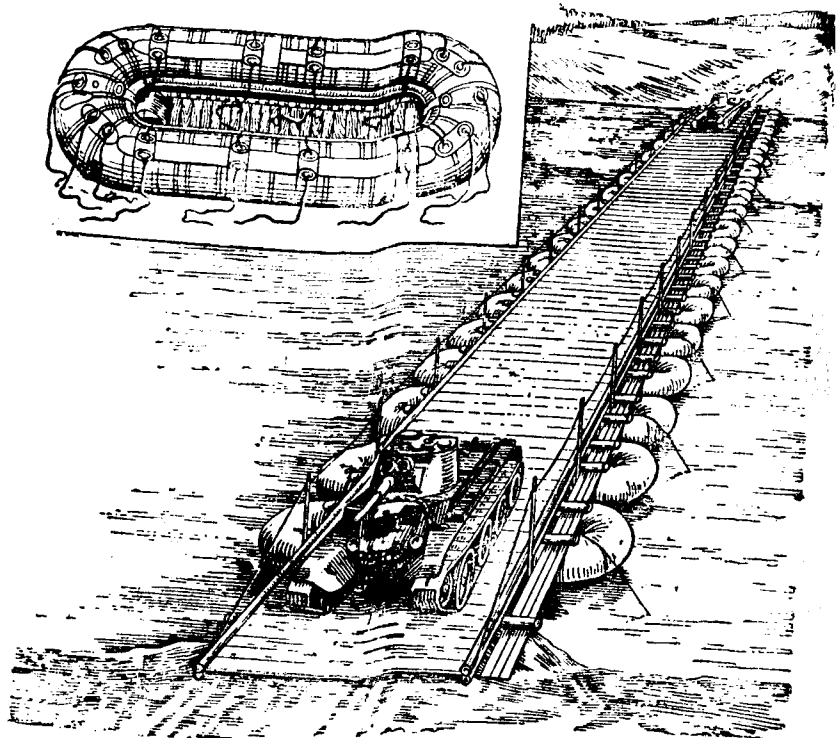


Рис. 73. Надувная лодка А-3 и мост на лодках А-3.



Рис. 74. Малая надувная лодка.

ки и лодки, не наполненные воздухом и брошенные в воду, намокнут (брезент) и либо затонут, либо, плавая, не в состоянии будут выдержать самой ничтожной нагрузки, так как вес их почти равен весу воды, вытесненной ими при полном погружении. Согласно закону Архимеда, подъемной силой обладают лишь такие тела, вес которых меньше веса воды, вытесненной ими при погружении, причем подъемная сила как раз равна разности этих весов.

Воздух имеет ничтожный удельный вес, и, увеличивая за счет воздуха объем поплавков или лодок, мы получаем хорошие пловучие средства. Удобны они для войск тем, что в сложенном виде очень легки и занимают мало места, надуть же их можно просто и быстро.

Например, поплавок Полянского один человек может надуть без всяких приспособлений в 6—7 минут, а насосом — в 3—4 минуты.

Подсчитаем теперь подъемную силу поплавка Полянского (рис. 75). В надутом состоянии он имеет размер $70\text{ см} \times 30\text{ см} \times 30\text{ см} = 63\,000\text{ см}^3$, т. е. 63 дм^3 . Таким образом, объем поплавка составляет 63 дм^3 , а вес его вместе с воздухом равен $2,1\text{ кг}$ (вес воздуха трудно вычислить, зная, что 1 дм^3 воздуха при нормальных условиях весит $1,3\text{ г}$); значит, согласно закону Архимеда, поплавок при полном погружении может выдержать на воде груз до $60,9\text{ кг}$ (63 дм^3 воды весят 63 кг ; $63 - 2,1 = 60,9$).

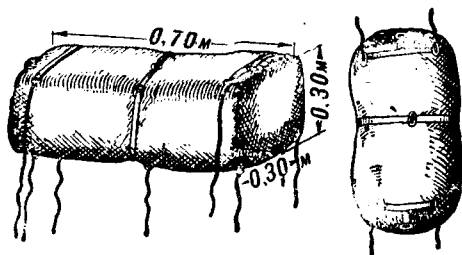


Рис. 75. Поплавок Полянского.

Таким образом, подъемная сила этого поплавка почти 30 раз больше его веса! Но использовать ее полностью на войне нельзя: стоит пробить поплавок пулей, и он потеряет всякую подъемную силу. При переправе поэтому приходится применять сразу много поплавков, рассчитывая на весьма вероятную порчу части их.

Надувные лодки бывают малые (рис. 74) и большие (рис. 73). Малые надувные лодки применяются, главным образом, в разведке, а на больших переправляются либо непосредственно, либо изготовив из них плоты, мосты или паромы. Наша большая надувная лодка А-3 весит 135 кг и имеет подъемную силу $3,5\text{ т}$. Благодаря разделению ее на большое число отдельных воздушных камер она не очень боится пробоин; даже 10 пробоин не уничтожают достаточной пловучести и устойчивости этой лодки.

Кроме надувных лодок для переправы тяжелых грузов в войсках давно применяют железные лодки, так называемые

понтонны (рис. 76), и складные фанерные лодки (рис. 77). Носовой полупонтон выдерживает груз в 2 т, а средний — на

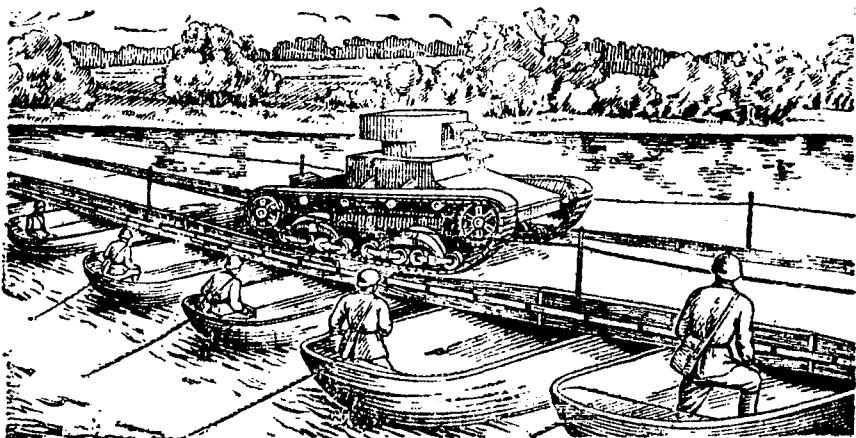


Рис. 76. Понтонный мост на железных понтонах.

160 кг меньше, т. е. 1 840 кг. Весит весь понтон 900 кг. Из понтонов делают большие плоты и устои для мостов. Пользуются ими и просто для перевозки войск через реку. Современные понтоны снабжают навесными моторами, что делает их особенно удобными для быстрой переправы войск под огнем противника.

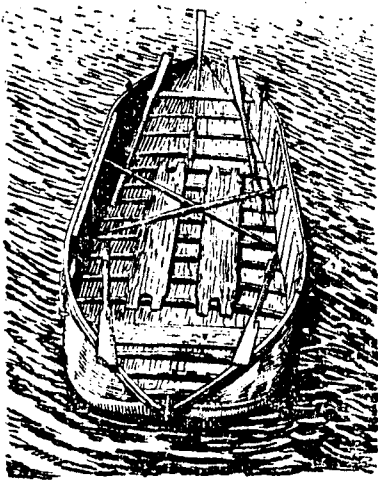


Рис. 77. Складная фанерная лодка (понтон).

Но понтоны имеют весьма значительный вес, а войскам нужны легкие переправочные средства и в то же время трудно затопляемые. Чтобы понять, как достигнуть этого, рассмотрим подробнее, отчего тонут обычные пловучие средства.

Всякий знает, что корабли неизбежно тонут, как только в подводной их части появляется пробоина, если, конечно, не удастся быстро заделать ее. Тонут и деревянные лодки и плоты в случае перегрузки их, а при сильно намокшем дереве даже и при небольшой нагрузке (плоты) или при наличии щелей (лодки).

Но вот решим для примера одну несложную задачу: легко ли потопить пробковый шар, положим, диаметром 30 см? (Такие шары, связанные по 2 штуки, бросают утопающим.)

Очевидно, что никакая пробойна подъемную силу шара не изменит, поэтому задача наша сводится к простому вычислению этой подъемной силы. Чтобы потопить шар, нужно, очевидно, нагрузить его тяжестью, равной его подъемной силе или чуть больше.

Итак, перед нами небольшой пробковый шар диаметром 30 см, т. е. объемом в $14\,139\text{ см}^3$ (объем шара вычисляется по формуле $V = \frac{4}{3}\pi r^3 = 4,187\text{ м}^3$, где r — радиус шара). Следовательно, вытесненная нашим шаром вода весит $14\,139\text{ г}$, т. е. около 14 кг . Вес же самого шара составляет $3\,534\text{ г}$, так как удельный вес пробки равен $\frac{1}{4}\text{ г/см}^3$ ($0,24\text{—}0,26$).

Таким образом, подъемная сила шара несколько больше $10,5\text{ кг}$. Следовательно, пробковый шар весом всего лишь $3,5\text{ кг}$ требует для своего потопления силы, в 3 раза большей его веса. Правда, это в 10 раз меньше, чем для надувного поплавка, где для потопления нужна сила в 30 раз больше его веса. Но зато пробковый шар не боится никаких пробойн. Поэтому можно сказать, что потопить его трудно, в особенности если учесть, что привязанный к шару груз сам при погружении в воду будет испытывать давление воды снизу, т. е. потянет наш шар вниз с силой, значительно меньшей своего веса. Вычислим и эту важную поправку. Положим, что к нашему пробковому шару мы привязали железный брус весом в 12 кг . Потонет ли при этом шар? Для решения задачи вспомним, что удельный вес железа равен $7,8\text{ г/см}^3$, следовательно, объем нашего бруса будет $1\,538\text{ см}^3$ (из формулы $G = Vd$, где G — вес тела, а d — его удельный вес, имеем: $V = \frac{G}{d} = \frac{1200}{7,8} = 1\,538$), и значит, при погружении в воду он будет тянуть вниз с силой $12\text{ кг} - 1,538\text{ кг} = 10,462\text{ кг}$, т. е. чуть меньше, чем требуется для потопления пробкового шара. Оказывается, шар наш и с этим грузом все же не потонет.

Еще разительнее получается результат, если вычислить „спасательную способность“ такого пробкового шара, т. е. решать задачу по отношению к человеку, удельный вес тела которого можно принять в среднем равным $1,06$. Подсчитав, с какой силой тело человека весом в 60 кг потянет вниз шар, если оно почти полностью погружено в воду, нетрудно убедиться, что пробковый шар диаметром в 30 см окажется совершенно достаточным для поддержания человека на воде и что человек при всем желании не сможет утопить его.

Теперь нетрудно понять, каким хорошим переправочным средством для войск являются пробковые и подобные им трудно затопляемые предметы. На практике в войсках переправочные средства из пробки не делают, так как она все же тяжела и дорога, а изготавливают из других более удобных и дешевых веществ. Лучшим из них является капок — растительная шерсть, волосы из внутренности плода тропических де-

реьев. Капок почти не намокает, удельный вес его в сухом виде равен $0,046 \text{ г/см}^3$ и в смоченном $0,0475 \text{ г/см}^3$, т. е. он примерно в 5 раз легче пробки. Кроме того, капок гораздо удобнее, так как пробка — твердое тело, форму которого изменить нелегко, капком же можно набить любой мешок, любую камеру, форму которых он и примет.

Однако, капок весьма дорог, и у нас в СССР его нет вовсе, поэтому и в Красной Армии вместо капка применяют пушок каучуконосных растений, главным образом, ласточника, удель-

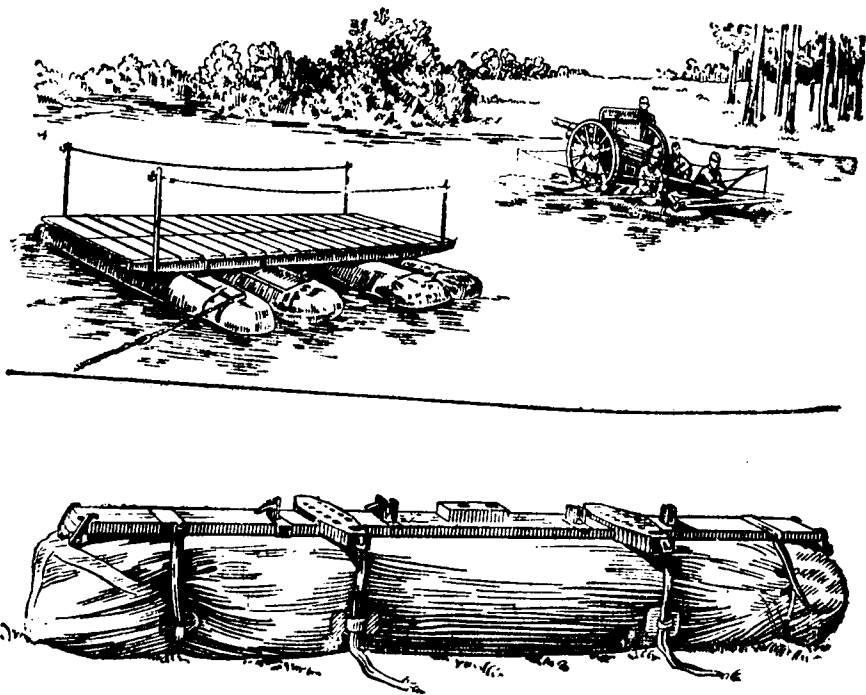


Рис. 78. Трудно затопляемые полавки и переправа с их помощью.

ный вес которого в сухом виде равен $0,058 \text{ г/см}^3$, а в смоченном — $0,059 \text{ г/см}^3$. Как видно из этих данных, пушок ласточника лишь немного тяжелее капка, он также почти не намокает, т. е. не изменяет своей подъемной силы при попадании воды в наполненную им камеру.

Наш трудно затопляемый поплавок (рис. 78), набитый пуш-ком ласточника, имеет длину 3 м, ширину 0,5 м, толщину 0,3 м и общий вес 38 кг. Подъемную силу его считают равной примерно 350 кг.

Но и капок, и ласточник не дешевы, а главное, их нужно возить с собой, поэтому в качестве трудно затопляемого имущества нередко пользуются совсем дешевым подручным мате-

риалом — соломой, которой набивают брезентовые мешки, например мешки Иолшина (рис. 79). У них лишь один крупный недостаток — большая намокаемость соломы. Сухая солома имеет удельный вес $0,088 \text{ г/см}^3$, а мокрая — уже $0,15 \text{ г/см}^3$, т. е. мокрая солома почти в 2 раза тяжелее сухой и в 3 раза тяжелее капка. И все же поплавки, набитые соломой, в боевых условиях выгоднее надувных, так как, пробитые пулями, они теряют лишь половину своей пловучести, а не всю пловучесть, как надувные. Поэтому такие поплавки можно отнести к трудно затопляемому имуществу.

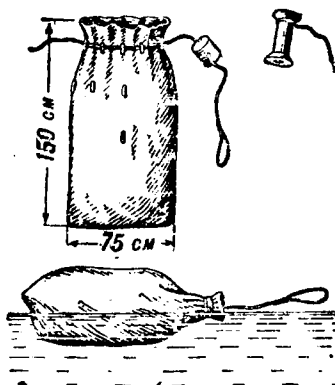


Рис. 79. Плавательный мешок Иолшина.

Кроме того, мешок Иолшина, например, позволяет, помимо соломы, уложить в него и все снаряжение бойца, разгружая тем самым его в случае переправы вплавь и защищая снаряжение, патроны и прочее имущество бойца от намокания.

23. Амфибии

Греческим словом „амфибия“ в зоологии называются голые гады, или земноводные, а в ботанике — растения, живущие обыкновенно в воде, но обладающие также способностью жить и на суше.

Казалось бы, все это никакого отношения ни к физике, ни к войне не имеет. А между тем теперь уже мало кто не знает о существовании танков-амфибий и самолетов-амфибий. Нетрудно понять, что называли их так именно по сходству с соответствующими земноводными животными и растениями.

В одном из предыдущих очерков мы ставили вопрос о танке на снегу (очерк 16). Оказывается, танк может двигаться не только по снегу, но даже по воде.

Тут же, конечно, секрет не в малом удельном давлении его, а в сообщении танку пловучести. Но как добились этой пловучести у такой тяжелой бронированной машины, какой является танк? Очевидно, не вопреки закону Архимеда, а именно следуя ему. Ведь плавают же на море стальные броненосцы весом в десятки тысяч тонн (очерк 24). Почему же не может плавать танк весом в 2—3 т? Все дело лишь в правильном расчете и удачной конструкции. А так как для танка очень важно получить возможность быстро перебираться через широкие и глубокие реки, то естественно, что техника постаралась решить этот вопрос.

Малый танк-амфибия (рис. 80 и 81), выполняя некоторые боевые задачи на суше (главным образом, разведка), является одним из самых быстроходных танков и в то же время отлично

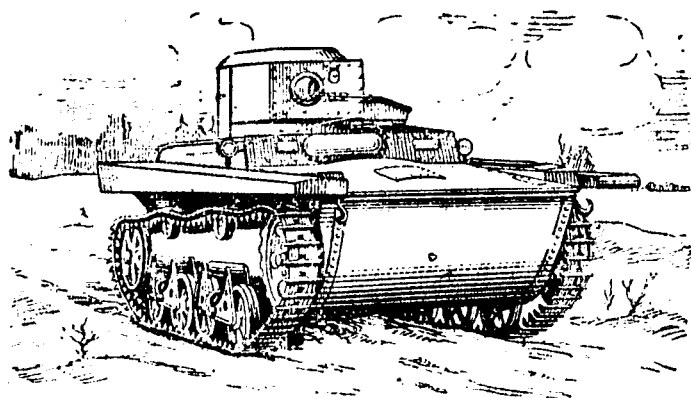


Рис. 80. Наш танк-амфибия на суше.

плавает, легко перебираясь через водные преграды (реки, озера, болота)

Очевидно, чтобы танк плавал, необходимо сделать его: 1) водонепроницаемым снизу до линии наибольшего погружения в воду; 2) устойчивым на воде; 3) такого веса, который не

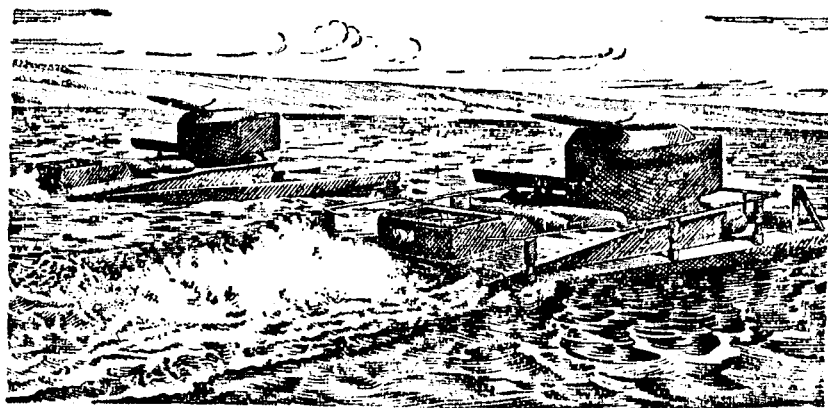


Рис. 81. Наши танки-амфибии на воде.

превышал бы веса воды, вытесненной нижней его частью: 4) способным двигаться и управляться в воде (водяной движитель и руль). Все это и осуществлено в танке амфибии. Например, у танка-амфибии „Карден-Лойд“ образца 1931 г. длина обычная для малых танков, а именно около 4 м; ширина же несколько больше, чем у обычных танков, — 2 м; высота, на-

оборот, сравнительно незначительная — 1,8 м, а вес совсем небольшой — 3,1 т*).

Вот и получается, что широкий приземистый танк сравнительно малого веса, погружаясь в воду, не тонет, а легко плавает на ее поверхности. Нетрудно вычислить при этом и глубину его погружения в воду, предположив для простоты, что нижняя часть его имеет форму правильной коробки. Задача сводится к решению простого уравнения с одним неизвестным (высота погружения h). Действительно, согласно закону Архимеда, вес плавающего танка равен весу вытесненной им воды; последний численно равен объему погруженной части танка, так как удельный вес воды — единица (если объем воды выражен в куб. сантиметрах, то вес ее выражается тем же числом граммов; если же измерить объем в куб. метрах, то вес выразится тем же числом тонн).

Итак, мы можем написать:

$3,1 \text{ т (вес танка)} = 4 \text{ м (длина)} \times 2 \text{ м (ширина)} \times h \text{ м (высота погруженной в воду части танка)} \times 1 \text{ т/м}^3 \text{ (удельный вес воды)}.$

Получаем: $3,1 = 8 h$, откуда $h = \frac{3,1}{8} \approx 0,4$.

Следовательно, танку достаточно погрузиться в воду на 0,4 м, чтобы вес его сравнялся с весом вытесненной им воды. В действительности танк-амфибия не имеет формы коробки и размеры водонепроницаемой его части меньше, чем приведенные длина и ширина (рис. 80), поэтому погружается он в воду не на 0,4 м, а примерно на 1 м (рис. 81); но это даже и необходимо, ибо в противном случае танк перевернулся бы на воде. так как, очевидно, центр тяжести его был бы выше линии погружения в воду. Как показали опыты, даже при погружении на 1 м танк-амфибия был бы недостаточно устойчив на воде, если бы не имел по бокам специальных деревянных брусьев, обшитых железом (рис. 80). Эти брусья, обладая большой пловучестью (вспомнить расчет на усилие, необходимое для погружения в воду пробки, очерк 22), препятствуют качаниям танка и значительно увеличивают его устойчивость.

Остается сказать лишь, что танк-амфибия для движения и управления на воде имеет сзади обычный руль поворота и трехлопастный винт, приводимый в движение общим танковым мотором, причем винт и гусеница могут двигаться одновременно, что очень облегчает танку возможность самому выбираться из воды на берег.

Описанный здесь малый танк-амфибия годен в основном лишь для разведки: слабая броня не позволяет ему успешно вести бой с обычными (неплавающими) танками и с противотанковыми пушками даже самого малого калибра. Поэтому при форсировании водных преград, т. е. при переходе рек и озер

*.) Последнее достигается тонкой броней (9 мм) и применением легких сплавов.

с боем, надо иметь и более мощные танки, способные переходить водные преграды без специальных переправочных средств. Решить эту задачу можно, сделав любой танк целиком водонепроницаемым. Тогда, даже не обладая пловучестью, танк сможет, очевидно, пройти реку (озеро) под водой, по дну. Но сделать танк водонепроницаемым, не изменяя его конструкции, — дело весьма сложное, особенно, если учесть устройство двигателя танка, требующего притока воздуха извне и свободного выхода выхлопных газов. Как увидим дальше (очерк 24), в подводных лодках для подводного хода пользуются не двигателями внутреннего сгорания, а электродвигателями. Однако, небольшую реку некоторые современные танки могут перейти по дну, т. е. под водой, достигая водонепроницаемости повышением давления воздуха внутри танка. Если давление это будет больше давления воды на дне реки, чего достигнуть совсем нетрудно, то вода не пройдет в танк, и он сможет преодолеть реку, не обладая пловучестью.

Но и это решение вопроса оказывается недостаточным в ряде случаев, например при необходимости высадить десант на другом берегу озера или широкой реки или даже на морском побережье, хорошо защищенном противником. Поэтому пытаются создать особые десантные танки-амфибии: большие, вместительные плавающие танки. По сведениям газет, в США созданы и такие танки. Вот некоторые их данные: вес 7,5 т, длина 7,5 м, скорость 16 км/час на воде и 37 км/час на суше, вместимость 36 человек.

Самолет-амфибия, т. е. земноводный самолет, известен ныне всем и применяется не только в военных, но и в мирных условиях. Отличается он от гидросамолета только наличием у него, помимо поплавков или лодки, также и колесного шасси, которое обычно выдвигается по желанию летчика лишь в случае посадки на землю. Поэтому на самолете-амфибии мы здесь останавливаться не будем, а в заключение этого очерка рассмотрим возможность превращения в амфибию человека.

Всем известно, что человек — „животное“ сухопутное и хотя может плавать, но лишь скинув с себя одежду, без всякого груза и не в очень холодной воде. А на войне бойцам часто необходимо бывает форсировать реки. При этом очень важно переправиться быстро, конечно, не раздеваясь и по возможности даже не прекращая стрельбы. И уж, конечно, о температуре воды думать не приходится. Поэтому-то и появились многочисленные средства войсковой переправы, описанные выше (очерк 22).

Но все эти средства — коллективные, т. е. обладают ими не отдельные бойцы, а войсковые части. Переправляются же разведчикам и передовым частям пехоты и теперь часто приходится по-старинке — вброд или вплавь. Вот тут-то и пужен „боец-амфибия“, одетый в такой костюм, который позво-

лил бы ему легко переправляться через водные преграды. Такой костюм принят у нас в Красной Армии (рис. 82) и состоит из непроницаемого для воды комбинезона и особого поплавка — пояса, набитого растительным пушком, т. е. не боящегося пробоин и проколов.

Боец, снабженный подобным костюмом, превращается в „земноводного пехотинца“, который на воде чувствует себя лишь немногим хуже, чем на суше.

Подсчеты наши в предыдущем очерке показали уже, что для удержания на воде тела человека даже в одежде и с полным снаряжением нужна весьма небольшая подъемная сила. Отсюда ясно, что описанный костюм нужен не столько для удержания человека на воде, сколько для придания ему уверенности в своей непотопляемости и для освобождения его рук от напряженной работы, необходимой при плавании.

Костюм позволяет уверенно находиться на воде, не шевелясь, и даже стрелять из воды.

Таким образом, амфибии находят себе широкое применение на войне и, весьма возможно, появятся во многих новых видах, например: автомобиль-амфибия, плавающий мотоцикл и т. п.

24. Закон Архимеда в боях на море

Известный уже нам закон Архимеда помог войскам не только применить десятки различных средств переправы и превратить в амфибии ряд боевых машин, но и гозволил вести войну на море,—на воде и под водой. Знание этого закона позволило людям строить мощные боевые корабли; некоторые из них защищены толстой стальной броней и достигают гигантских размеров. Чтобы составить себе представление о таких кораблях, посмотрим, как выглядит современный линейный корабль (сокращенно — линкор).

Линкор (рис. 83)— это основной боевой корабль морского военного флота, плавающая морская крепость. Надводные жизненно важные части его покрыты плитами самой твердой стали толщиной до 406 мм. Расстояние от носа до кормы корабля равно примерно $\frac{1}{4}$ км.



Рис. 82. Плавательный костюм.

Линкор вооружен обычно 10—12 крупнейшими орудиями калибром 305, 355, 406 мм. Орудия эти помещены в особых вращающихся броневых башнях, каждая из которых весит примерно 500—600 т. Орудия стреляют на расстояние до 50 км снарядами весом более 1 т. Ствол такого орудия имеет длину около 20 м.

Кроме того, на линкоре имеется менее мощная артиллерия, а именно до 20 орудий калибром от 120 до 200 мм и до 25 зенитных (противосамолетных) орудий. Двигатели линкора имеют общую мощность до 155 000 л. с. и позволяют ему развивать скорость до 50 км/час.

Команда линкора состоит примерно из 1 400 человек. Само собою разумеется, что линкор имеет на себе большие запасы

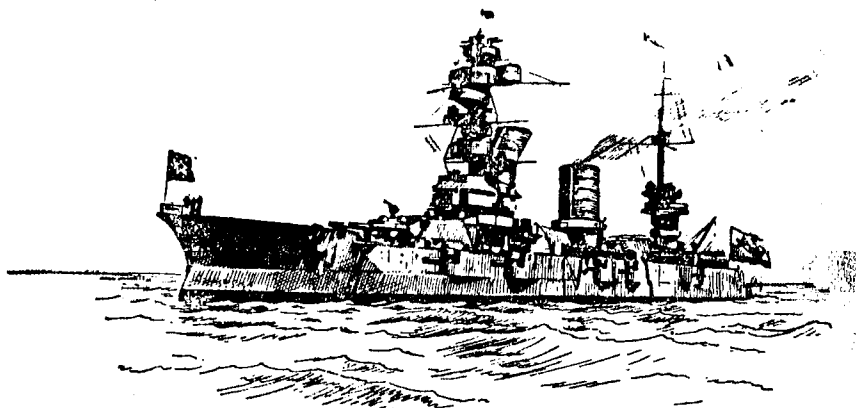


Рис. 83. Линейный корабль.

снарядов, пороха, топлива для своих машин, продуктов питания для команды и т. п.

Вот и представьте себе, каков должен быть вес линкора! Он измеряется десятками тысяч тонн (от 30 000 до 45 000 т).

Может возникнуть вопрос: каким же образом такая громадная тяжесть держится на воде?

Однако, зная сущность закона Архимеда нетрудно ответить на этот вопрос. Если бы линкор был сплошь заполнен сталью или телами тяжелее воды, он, конечно, тотчас затонул бы. Но поскольку внутри линкора имеется немало воздуха и предметов из дерева, ткани, пробки и т. п., постольку вполне понятно, что вес воды, вытесняемой подводной частью корабля, оказывается равным весу всего корабля, и корабль плавает.

Но задача заставить плавать на воде хотя бы и очень тяжелый корабль сравнительно простая. Задача эта решена давно.

Значительно труднее устроить такой корабль, который плавал бы не только на воде, но и под водой. А между тем всякому понятно, какое значение имеет на войне возможность

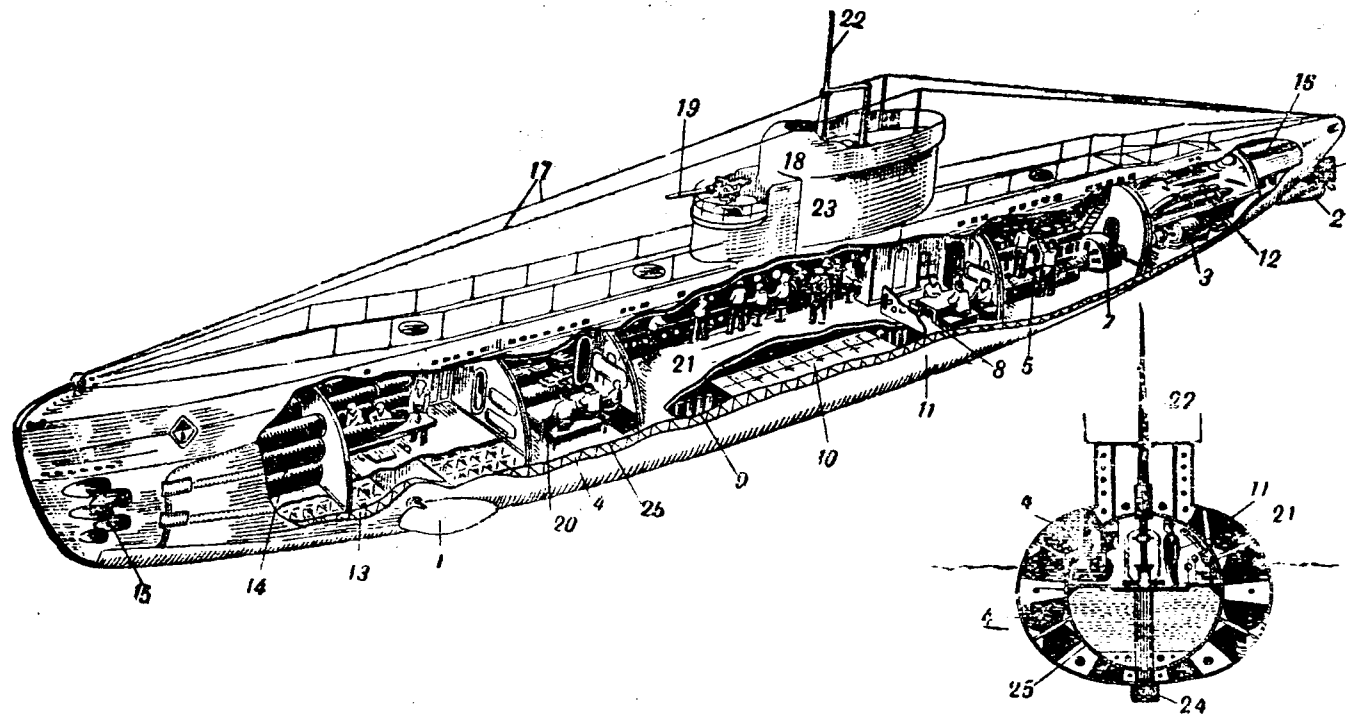


Рис 84. Подводная лодка (разрезы продольный и поперечный). 1—левый носовой руль глубины; 2—левый гребной винт; 3—электромоторы для носового хода; 4—балластные и топливные цистерны; 5—машин (дизели) для надводного хода; 6—руль; 7—динамомашина; 8—кают-компания; 9—баллоны со сжатым воздухом; 10—аккумуляторы; 11—наружный корпус лодки; 12—запасные торпеды; 13—дифференциальная цистерна; 14—торпедные аппараты; 15—отверстия торпедных аппаратов; 16—кормовой торпедный аппарат; 17—антенны; 18—мостик; 19—орудие; 20—помещение для команды; 21—центральный пост управления; 22—перископ; 23—боевая рубка; 24—киль; 25—внутренний (прочный) корпус лодки.

скрытно приблизиться к противнику и, оставаясь невидимым, атаковать его под водой. Поэтому попытки строить подводные лодки начались очень давно. Первым начал строить их в Америке знаменитый изобретатель судов, движимых силой пара, Роберт Фултон. Однако, первая боевая подводная лодка появилась лишь в 1906 г.

Принцип устройства подводной лодки рассмотрим на примере.

Представим себе, что достаточно прочная непроницаемая для воды лодка имеет объем 1000 м^3 и вес 800 т . Очевидно, на воде такая лодка будет отлично плавать, погрузившись на $\frac{1}{5}$ своего объема. Предположим, что эту лодку мы захотели погрузить в воду полностью и плыть на глубине $10\text{--}12 \text{ м}$. При

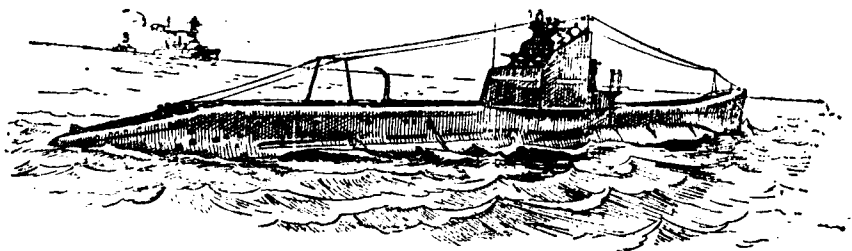


Рис. 85. Общий вид подводной лодки.

надлежащем устройстве руля глубины (рис. 84) можно заставить лодку погрузиться (нырнуть в воду), но при этом тотчас возникнет сила, выталкивающая лодку вверх. Сила эта, согласно закону Архимеда, для нашего примера равна $1000 - 800 = 200 \text{ т}$, и, очевидно, двигаться продолжительное время под водой будет очень трудно (нужны будут большие плоскости рулей), а оставаться неподвижной лодка и вовсе не сможет.

Чтобы заставить нашу подводную лодку погрузиться, можно применить и другой способ — увеличить вес лодки как раз на 200 т . Тогда, согласно закону Архимеда, пловучесть ее будет равна нулю и опустить ее на любую глубину будет совсем легко.

Но как же увеличить вес лодки на 200 т , находясь в море? Очевидно, впуская внутрь лодки соответствующее количество воды. Конечно, вода не должна повредить команде и механизмам лодки. И воду эту мы должны иметь возможность по нашему желанию не только впускать внутрь лодки, но и выталкивать обратно, когда понадобится снова всплыть на поверхность моря.

Современные подводные лодки (рис. 85) устроены так, что позволяют все это делать быстро и вполне надежно. Для этого подводная лодка имеет два корпуса: внутренний, так называемый

прочный корпус, и наружный. Промежуток между корпусами и служит для заполнения его водой (балластом) и для хранения жидкого топлива. Вода помещается в особых цистернах, сообщающихся через герметически закрывающиеся отверстия с забортной водой и с внутренностью лодки.

Когда лодку хотят погрузить, открывают наружные отверстия цистерн и вода наполняет их. Тогда лодка начинает тонуть, так как вес ее увеличивается, а объем остается неизменным. Если нужно опуститься на дно, то лодку делают тяжелее вытесняемой ею воды, и она неподвижно лежит на дне. Если же хотят двигаться под водой, то уравнивают вес лодки и вес вытесняемой ею воды.

Желая всплыть на поверхность, воду из балластных цистерн выталкивают с помощью сжатого воздуха, запас которого всегда имеется в лодке. Это делает лодку легче вытесняемой ею воды, появляется подъемная сила, и лодка выталкивается на поверхность.

И погружение, и выталкивание лодки происходит очень быстро (обычно в 30—40 сек.), что очень важно для безопасности лодки от поражения снарядами противника и для успешности нападения. При этом, очевидно, приходится принять в цистерны или вытолкнуть из них весьма большое количество воды. Действительно, вспомнив пример, приведенный выше, можно подсчитать, что для погружения лодки водоизмещением 800 *т* надо принять в нее 200 *т* воды (более 16 000 ведер).

Чтобы лодка при погружении и при плавании под водой была достаточно устойчива и сохраняла горизонтальное положение, в носовой и кормовой частях имеются особые дифференциальные цистерны для воды. Наполняя или освобождая одну из них, можно быстро опустить или поднять корму или нос лодки.

При помощи балластных и дифференциальных цистерн и рулей глубины можно управлять лодкой и быстро придавать ей надводное или подводное положение.

Современные подводные лодки представляют собой внушительную боевую силу: подводное водоизмещение их достигает 4300 *т*, длина 130 *м*, ширина 9 *м*, скорость хода в надводном положении 42 *км/час*, под водой 20 *км/час*; они имеют до 18 торпедных аппаратов и несколько орудий, экипаж — до 150 человек, наибольшую глубину погружения — до 170 *м*, запас воздуха на 80 часов подводного плавания, дальность плавания — до 32 000 *км*.

В первую мировую войну 1914—1918 гг. германские подводные лодки потопили около 6 000 различных судов, водоизмещением более миллиона тонн. Громадное количество судов потоплено подводными лодками всех воюющих стран и в современную войну. Все это показывает, какое громадное значение они имеют на войне. Неудивительно поэтому, что в настоящее время все морские державы имеют большое количество

подводных лодок и считают их одним из основных средств борьбы на море.

Однако, подводные лодки не только топят корабли, но иногда тонут и сами.

Много драм разыгралось под водой, с тех пор как появились подводные лодки. Порча тех или иных ответственных механизмов, повреждение лодки противником, иногда даже присасывание исправной лодки ко дну приводили к гибели не только подводного корабля, но и всей его команды.

Если находящийся высоко в воздухе экипаж самолета, имея при себе парашюты, легко может спастись, просто выпрыгнув из самолета, то подводникам приходится для спасения преодолевать ряд значительных трудностей. Из лодки, погружившейся на значительную глубину, даже только выйти в воду совсем не просто. Объясняется это громадным давлением, которое испытывают все тела в воде на большой глубине.

Действительно, согласно закону Паскаля, давление внутри воды зависит только от глубины погружения в нее и равно весу столба воды, находящегося над данным участком тела. Давление это, как и всякое другое, удобнее всего измерять в атмосферах или, иначе, в кг/см^2 .

Нетрудно подсчитать, что давление в 1 ат создается в воде на глубине всего лишь в 1000 см, т. е. в 10 м (столб воды с площадью основания в 1 см^2 и высотой 1000 см имеет объем $1 \text{ см}^2 \times 1000 \text{ см} = 1000 \text{ см}^3$, который весит 1 кг), и, оставаясь далее пропорциональным глубине, быстро приобретает значительную величину.

Лодка, затонувшая даже на небольшой глубине — в 50–60 м, находится уже под давлением в 5–6 ат.

С самолета почти всегда можно прыгнуть вниз — корпус его открыт сверху или легко открывается (двери, люки). В погруженной подводной лодке положение иное. Там тоже, конечно, есть люки, но как их открыть, если на них давит вода с силой в несколько десятков тонн?

Возьмем для примера люк с крышкой, имеющей площадь 0,5 м^2 . На глубине в 50 м такая крышка будет прижиматься водой с силой в 25 т ($0,5 \text{ м}^2 = 5000 \text{ см}^2$; давление 5 ат $= 5 \text{ кг/см}^2$; $5000 \text{ см}^2 \times 5 \text{ кг/см}^2 = 25000 \text{ кг} = 25 \text{ т}$), а на глубине в 100 м — с силой в 50 т. Очевидно, открыть в этих условиях люк дело чрезвычайно трудное. Но даже если суметь открыть люк, задача еще не решена, — вода со страшной силой ворвется через него в лодку, и едва ли кто устоит под ее напором.

Все это приводит к тому, что над задачей спасения команды подводной лодки в случае аварии до сих пор усиленно работают, стремясь усовершенствовать имеющиеся спасательные средства.

Прежде чем показать, для примера, как можно решить эту задачу, заметим еще, что в подводных лодках очень тесно, и каждый лишний килограмм веса и кубический метр пространства, занятые в них непроизводительно, тотчас отражаются на боевых свойствах лодки. Поэтому далеко не всякая теоретически осуществимая идея может быть использована на практике для устройства спасательного средства.

Рассмотрим теперь, как же все-таки можно спастись из затонувшей подводной лодки. Начнем с примитивнейшего способа, описанного известным нашим писателем Новиковым-Прибоем в повести его „Подводники“. Дадим слово самому автору.

„Из нашего кубрика можно выбраться только двумя путями: или через носовой люк, или через минный аппарат, как когда-то спасся с английской лодки лейтенант Ракитников. Обсуждаем этот вопрос. Выводы у нас получаются очень печальные. Чтобы выбросить человека из минного аппарата, нужно страшному давлению воды противопоставить еще большее давление воздуха¹⁾. А это означает неминуемую гибель. Поднимаем головы и жадно смотрим на носовой люк. Как его открыть? А потом — такая тяжесть над нами! С остервенением хлынет морь внутрь лодки, разорвет наши легкие, прежде чем мы выберемся отсюда. При одной мысли об этом давится разум.

Зобов потрясает кулаками и кричит:

— Не будем больше обманывать себя. Пока нас выручат отсюда, будет уже поздно. С нами начинается расправа. У нас есть средство спастись...

Эти слова огнем обожгли мозг.

— Какое же средство? Говори скорее.

Потянулись все к Зобову.

Он похож на сумасшедшего. Глаза вылезают из орбит. Торопится, давится словами. Едва уясняем его мысль.

— Наши каюковые куртки имеют пловучесть. Каждому нужно одеться. Воздух у нас сильно сжат. Стоит поэтому только открыть носовой люк, как сразу мы вылетим на поверхность моря, точно пробки.

Старший офицер добавляет:

— Если уж на то пошло, то нужно еще открыть баллоны со сжатым воздухом. Это облегчит нам поднять крышку над люком...

Мы теперь готовы на что угодно. Действуем по определенному плану, одобренному всеми. Прежде всего трянули жребий, в каком порядке должны выбрасываться из лодки. А потом каждый наспех обмотал себе бельем голову, уши, лицо, оставляя открытыми только глаза. Это предохранит нас от ушибов о железо и от давления воды. В люке отвернули маховик. Крышка теперь держится только тяжестью моря. Остагся пустить из баллонов сжатый воздух. Это должен выполнить последний номер нашей очереди — электрик Сидоров.

В разворошенном сознании бьется одна лишь мысль: удастся ли пробиться через толстый слой моря? Не будем ли мы раздавлены громаднейшей тяжестью воды? В груди что-то набухает. Распирает до боли ребра. Только бы не лопнуло сердце. Самый решительный момент. Игра со смертью. Это последняя наша ставка. Идем ва-банк...

— Пускай воздух! — громко крикнул старший офицер.

— Есть! — откликнулся из мрака Сидоров.

— Не мешногу открывай клапаны!

— Есть!

¹⁾ В данном случае глубина была около 30 м, следовательно, давление воды — 3 ат.—В. В.

Во всем носовом отделении забурлила вода. С шумом полетели брызги. Воздух сжимал нас мягким прессом, все сильнее давил на глаза, выжимал слезы, забивал дыхание. Клокотание воды увеличивалось. Мы как будто попали в кипящий котел.

Зобов с решимостью начал открывать крышку в люке...

Я плохо отдаю себе отчет, что произошло в следующий момент. Помню только, как что-то рывнуло, хлеснуло в уши, оглушило. В глаза ударило мраком, ослепило.

Я остановил дыхание. Кто-то схватил меня беззубой пастью, смял в комок, выплюнул. Я полетел и завертелся волчком. Потом показалось, что я превратился в мину. Долго пришлось плыть, сверлить воду. В сознании сверкнула последняя вспышка и погасла¹⁾.

Как видно из этих отрывков, в данном случае спасение было организовано через носовой люк, открыть крышку которого удалось путем уравнивания давления внутри и вне лодки. Не забудем при этом, что глубина была 30 м, т. е. не такая уж большая. Давление в 3 ат человека выдерживает сравнительно легко, хотя и испытывает от непривычки болезненные ощущения. Всплыли люди благодаря капковым курткам (очерк 22) и пузырю сжатого воздуха в лодке, вытолкнувшему их в море.

Теперь кратко рассмотрим некоторые спасательные приборы, применяемые на современных подводных лодках. Начнем с индивидуального спасательного аппарата, без которого спасающийся не может всплыть с большой глубины.

В настоящее время имеется немало различных образцов таких аппаратов. Все они устроены примерно одинаково и состоят из зажима для ноздрей, воздушной камеры с кислородом или со сжатым воздухом, загубника с трубкой (для дыхания), плавательного мешка (поплавка), а иногда еще и особого щита, развертывающегося подобно шторам. Щит этот служит для замедления подъема и для остановок, так как быстрый подъем с больших глубин, а значит, и быстрое изменение давления, испытываемого человеком, очень вредно и может привести даже к смерти. Водолазы отлично знают это, и подъем их на поверхность всегда происходит по особо разработанным правилам, где скорость, время подъема и остановок рассчитаны в соответствии с глубиной. Щит в спасательном аппарате и позволяет спасающемуся по желанию тормозить свой подъем путем увеличения площади щита, отчего увеличивается сопротивление воды всплывающему телу. Щит этот, таким образом, уподобляется парашюту, регулируя скорость движения спасающегося. Гораздо чаще для этого выпускают вверх прикрепленный к лодке канат с узлами. Спускающийся легче воды и, поднимаясь по канату, натягивает его вверх, регулируя скорость подъема задержками на узлах по определенному правилу.

Наиболее простым и надежным приспособлением, позволяющим использовать для выхода из лодки любой ее люк, являются тубус (цилиндр), прикрепляемый к люку, и ванна, подво-

¹⁾ Восемь человек все же спаслись таким образом от неминуемой смерти в подводной лодке.— В. В.

димая под нижний край тубуса (рис. 86). Можно обойтись и без ванны, если тубус не доходит до палубы (пола) отсека лодки сантиметров на 50—60. Но в этом случае вода должна заполнить на 50—60 см весь отсек лодки, что, конечно, невыгодно для дальнейшего подъема потерпевшей аварию лодки. Ванна ограничивает количество воды, впускаемой в лодку, и в этом ее выгода. Тубус и ванна могут быть брезентовыми (или из прорезиненной ткани), т. е. очень легкими и удобными (в сложенном виде занимают мало места). Процесс выхода из лодки с помощью тубуса и ванны очень прост. Прикрепив

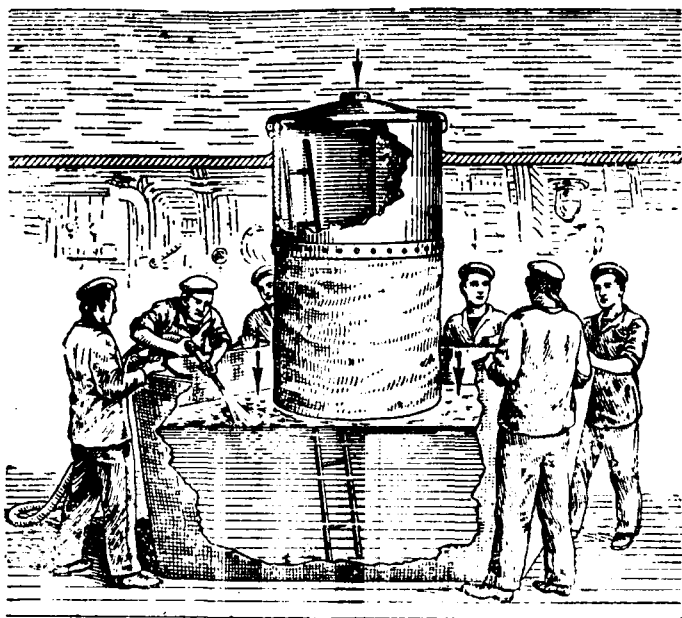


Рис. 86. Спасательное приспособление в подводной лодке.

тубус к люку и подведя под него ванну, наполняют последнюю водой с помощью шланга. Когда вода в ванне поднимется несколько выше нижнего края тубуса, впускают в отсек сжатый воздух (как и в случае, описанном Новиковым-Прибоем), уравнивая давление в отсеке с давлением забортной воды. После этого один из спасающихся, надев индивидуальный спасательный аппарат и поднырнув в тубус, открывает люк. Вода заполняет тубус, но не входит в отсек, так как давление внутри его равно забортному. Это же равенство давлений позволяет без всякого труда открыть люк. Обычно, даже если люк предварительно не заперт, после уравнивания давлений в отсеке и вне лодки вода сама просачивается в образующиеся щели люка и заполняет тубус. Дальше все спасающиеся один за другим входят через ванну в тубус и выходят из лодки.

Тубус позволяет всем быстро выйти из лодки, занимает немного места и обеспечивает выход из любого отсека, имеющего люк. Поэтому он и является, видимо (поскольку позволяют судить сведения в печати), основным средством спасения с подводных лодок в большинстве стран.

Таким образом, в наши дни спасение с подводной лодки становится почти таким же надежным, как и с самолета, тем более что, кроме описанных спасательных средств, имеется еще целая серия приемов оповещения о местонахождении затонувшей лодки. Это позволяет быстро оказать помощь лодке и либо поднять ее целиком (если глубина не очень велика), либо помочь спастись команде. Такими приемами оповещения о местонахождении затонувшей лодки являются: указательные буй, пятна нефти на поверхности моря, специальные, камеры-буи, выбрасываемые из торпедных или особых пневматических труб, средства подводной связи (см. очерк 38).

Из всех этих средств некоторого пояснения требует лишь указательный буй. Это водонепроницаемая небольшая полая стальная камера с телефоном внутри. Буй помещается в углублении внешнего корпуса лодки и прикреплен к ней замком, легко открывающимся изнутри лодки. В случае аварии замок открывают, и обладающий пловучестью буй быстро всплывает, разматывая специальный трос, соединяющий его с лодкой (в тросе заключен телефонный провод). Буй имеет яркую окраску и обычно сигнальный свет снаружи: поэтому он легко обнаруживается на поверхности моря.

Как видим, и средства спасания и оповещения об аварии подводной лодки основаны, главным образом, все на тех же законах Паскаля и Архимеда, знание которых позволило людям плавать под водой.

25. Закон Архимеда и война в воздухе

В наши дни, как известно, война ведется не только на земле, под землей, на воде и под водой, но и в воздухе. Основой военных воздушных сил являются аппараты тяжелее воздуха — самолеты, к принципу устройства и действия которых закон Архимеда не имеет никакого отношения.

Но и аппараты легче воздуха — аэростаты — находят себе применение на войне. Закон Архимеда утверждает, что и в воздухе, как и в воде, тело теряет в своем весе столько, сколько весит вытесненный им воздух. Следовательно, любая газонепроницаемая оболочка, наполненная газом легче воздуха (водородом, гелием) и имеющая общий вес меньший, чем вес вытесненного ею воздуха, будет обладать подъемной силой, всплывет в воздухе и поднимется на такую высоту, на которой плотность воздуха примерно равна плотности наполняющего оболочку газа. Иначе говоря, аэростат перестанет подниматься тогда, когда вес его

окажется равным весу вытесненного им окружающего воздуха. Это позволяет поднимать аэростаты на весьма значительную высоту. Как известно, специальные аэростаты, так называемые стратостаты, например наш стратостат „Осоавиахим“, достигали высоты в 22 км.

В стратосфере пока еще война не ведется, и туда стремятся для изучения и завоевания ее. На высотах же, на которых летают самолеты, аэростаты нужны для устройства воздушных заграждений, являющихся одним из средств противовоздушной обороны (ПВО). Применяют для этого так назы-

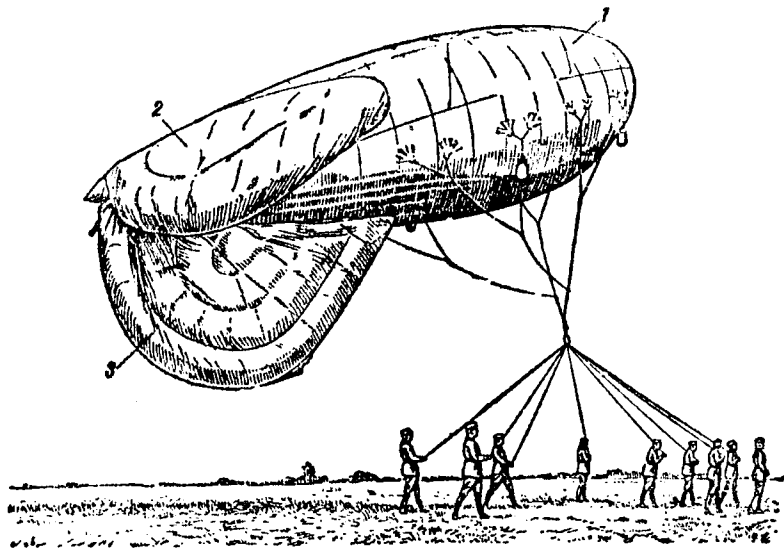


Рис. 87. Змейковый аэростат Красной Армии (типа „Како“). 1— часть, заполненная водородом; 2— стабилизатор; 3— рулевой мешок.

ваемые привязные змейковые аэростаты (рис. 87), названные так за устройство, несколько сходное с воздушным змеем.

Действительно, этот аэростат, продолговатой формы, держится в воздухе всегда наклонно, благодаря чему ветер создает ему добавочную (сверх имеющейся по закону Архимеда) подъемную силу, подобную подъемной силе воздушного змея. Для устойчивости аэростата в нижней части его имеются стабилизаторы и рулевые мешки, сквозь которые постоянно течет воздух.

Аэростаты эти, наполненные водородом и привязанные на тонких стальных тросах, поднимаются на небольшом расстоянии (метров 80—100) друг от друга на высоту до 400 м (рис. 88), а при соединении попарно (система „Тандем“) — до 600 м. Аэростаты скрываются в облаках, тросы тонки и видны лишь с небольшого расстояния: самолетам трудно обнаружить воздуш-

ное заграждение, и они легко могут налететь на него. Наткнувшись же на трос, самолет неизбежно гибнет. Так погибли некоторые фашистские самолеты, пытавшиеся прорваться в Москву в 1941 г. Все это приводит к тому, что одно лишь предположение о наличии воздушных заграждений в том или ином пункте вынуждает летчиков противника летать выше 6 000 м, а это, конечно, лишает их возможности успешно бомбардировать наземные цели, прикрытые заграждением.

Аэростаты заграждения бывают большие, объемом 800—1 000 м³, и малые (150—350 м³). Для примера рассчитаем подъемную силу аэростата объемом в 1 000 м³. Удельный вес чис-

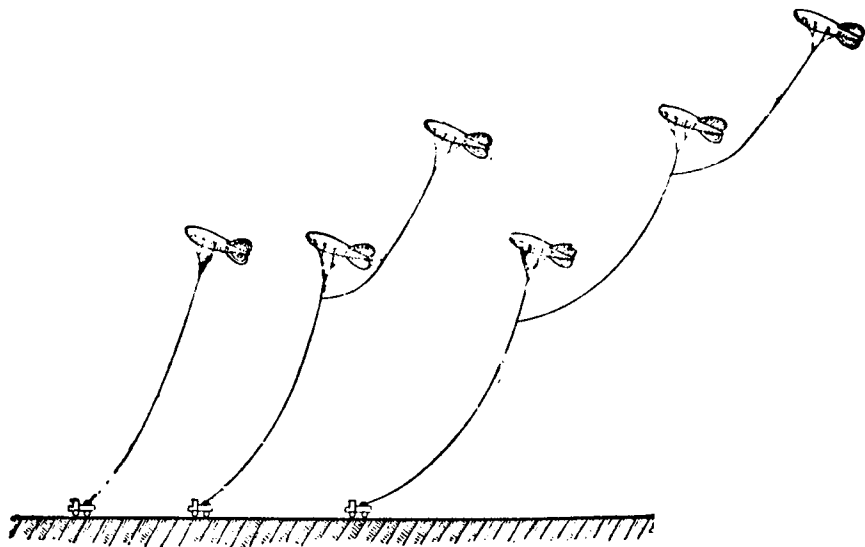


Рис. 88. Аэростаты заграждения и способы соединения их.

того водорода равен $0,00009 \text{ т/м}^3$, удельный же вес технического водорода, применяемого для наполнения аэростатов, можно считать равным $0,0001 \text{ т/м}^3$. Следовательно, 1 м^3 водорода весит $0,0001 \text{ т}$, или $0,1 \text{ кг}$, а $1 000 \text{ м}^3$ весят 100 кг . Те же $1 000 \text{ м}^3$ воздуха, удельный вес которого при нормальном атмосферном давлении (760 мм ртутного столба) равен $0,0013 \text{ т/м}^3 = 1,3 \text{ кг/м}^3$, весят $1 300 \text{ кг}$. Таким образом, согласно закону Архимеда, полная подъемная сила аэростата равна $1 300 - 100 = 1 200 \text{ кг}$. Но, очевидно, не всю эту подъемную силу можно использовать; полезная подъемная сила будет меньше на вес оболочки и такелаж, положим, на 200 кг . Таким образом, полезная подъемная сила окажется равной $1 000 \text{ кг}$.

Такой подъемной силой аэростат будет обладать на поверхности земли. По мере же подъема вверх вес вытесненного аэростатом воздуха будет уменьшаться вследствие уменьшения

плотности последнего. Так, на высоте в 4 000 м удельный вес воздуха равен уже не $1,3 \text{ кг/м}^3$, а лишь $0,688 \text{ кг/м}^3$. Зато объем аэростата при подъеме также значительно увеличится и он будет вытеснять соответственно большее количество воздуха. Кроме того, здесь скажется и дополнительная сила за счет действия ветра. Таким образом, расчет полезной подъемной силы на некоторой высоте требует учета ряда факторов и производится обычно с помощью формул или таблиц.

Как уже было указано выше, заграждение образуют стальные тросы, которые поднимаются аэростатами за счет их подъемной силы. Трос весит немало (1 м весит примерно $0,045 \text{ кг}$),

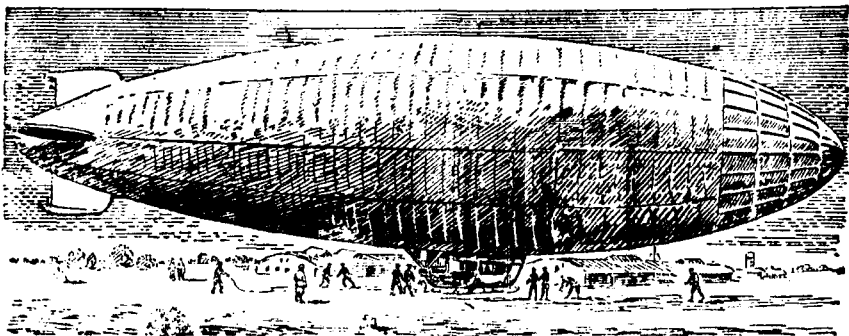


Рис. 89. Дирижабль „СССР-В7“.

и именно его вес и ограничивает высоту подъема аэростата, если не считаться с прочностью оболочки.

Привязные змейковые аэростаты, подобные описанным аэростатам заграждения, применяются уже давно на войне в качестве высоко поднятых наблюдательных пунктов артиллерии. В этом случае аэростат должен, конечно, поднимать не только трос, но и корзину с наблюдателем и соответствующими приборами. Поэтому такие аэростаты имеют объем обычно не менее $900—1000 \text{ м}^3$ и поднимаются не выше 2 км. Это уже дает возможность наблюдать с них на расстоянии до 12 км (в ясную погоду). В бою наблюдательным пунктам артиллерии приходится нередко перемещаться, поэтому наблюдательным аэростатам важно иметь хорошую подвижность. Для увеличения их подвижности в последнее время стали применять моторизованные аэростаты. Так, например, американский привязной аэростат С-6, длиной 32 м, диаметром 10 м и объемом 1400 м^3 имеет мотор мощностью 90 л. с., что позволяет ему двигаться со скоростью до 65 км/час .

Отсюда уже недалеко и до дирижабля¹⁾ (рис. 89), т. е. управляемого свободного (непривязного) аэростата. Попытки при-

¹⁾ От французского слова „дириже“ — управлять.

менения дирижаблей делались не раз в начале первой мировой империалистической войны. Дирижабли довольно успешно залетали в глубокий тыл противника, сбрасывая бомбы на большие города. Однако, с развитием авиации и зенитной артиллерии значение их резко уменьшилось, так как они представляют собой слишком легкую добычу для более подвижных и маневренных самолетов и для зенитной артиллерии (большая и сравнительно тихходная цель). Все же применение дирижаблей на войне возможно особенно на море на побережье, где они являются отличными разведчиками подводных лодок (с воздуха видно на значительную глубину).

Таким образом, закон Архимеда находит себе применение и в воздушной войне.

ТЕПЛОТА

26. Ствол пушки и колесо телеги

Едва ли многие задумывались над тем, как надевают железную шину на деревянное колесо телеги и как эта шина удерживается на колесе. Но кое-кто, вероятно, не только думал об этом, но и наблюдал изготовление и ремонт телеги в деревенской кузнице. Тем, кто не видел, мы кратко расскажем, а тем, кто видел, напомним об этом, чтобы от примера с колесом

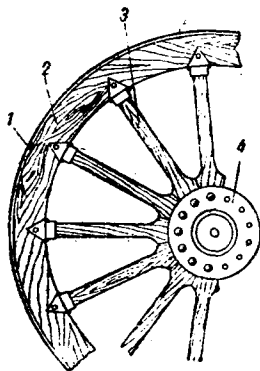


Рис. 90. Колесо. 1—шина; 2—обод; 3—спица; 4—ступица.

Рис. 91. Как надевают шину на колесо.

перейти к вопросу о скреплении артиллерийских орудий. Прежде всего заметим, что шина часто ничем не прикреплена к колесу: она удерживается на нем силой трения. Мало того, она не только удерживается сама, но и связывает (скрепляет) отдельные части колеса (рис. 90). Для этого шину надо туго натянуть на колесо. Делается это так. Шину изготовляют с таким расчетом, чтобы диаметр ее был несколько меньше диаметра обода. Затем шину сильно нагревают, отчего она, как и всякое тело, расширяется. В нагретом состоянии шину надевают на колесо (рис. 91), а, остывая, она сокращается и сжимает обод колеса, скрепляя его и плотно прижимаясь

к нему. Таким образом, здесь использованы молекулярные силы, возникающие при нагревании и охлаждении тела¹⁾.

Теперь вспомним о том давлении пороховых газов, которое стремится разорвать стенки ствола орудия (очерк 17). Давление это неодинаково на всем протяжении ствола, поэтому нет смысла делать ствол везде одинаково прочным. Наибольшее давление приходится на ту часть ствола, где помещаются заряд и снаряд. В этом-то месте и важно сделать ствол попрочнее (рис. 92). Конечно, можно при изготовлении ствола сделать его различной толщины. Однако это невыгодно. Тщательные ис-

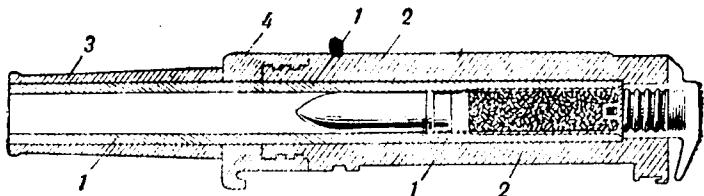


Рис. 92. Скрепление нашего 76-миллиметрового полкового орудия кожухом. 1 — труба; 2 — кожух; 3 — надульник; 4 — крепляющее кольцо.

следования вопроса о скреплении стволов показали, что не так важна толщина стенок, как важно возможно равномернее распределить силы, разрывающие металл. Сталь упруга и в этом отношении сходна с резиной. Вдвигая в толстое резиновое кольцо пологий конус, который растягивал бы его (рис. 93), мы увидим, что внутренние слои кольца растянутся сильнее, чем наружные. Если же кольцо очень толстое, то даже при сильном растяжении внутренних слоев наружные слои остаются почти нетронутыми.

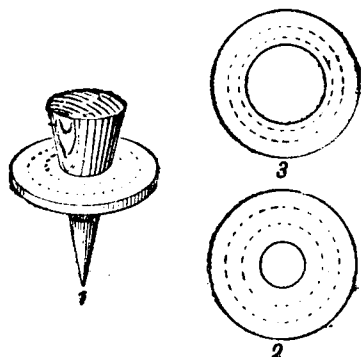


Рис. 93. Резиновое кольцо и деревянный конус. 1 — конус ввдвинут в кольцо; 2 — кольцо до растягивания его конусом; 3 — кольцо, растянутое конусом.

Совершенно то же наблюдается и в толстых стенках стволов орудий при выстреле. Пороховые газы сильно растягивают внутренние слои стенок ствола, а чем дальше, тем растяжение слабее и тем меньшее участие в сопротивлении ствола разрыву принимают наружные слои. Чтобы заставить и наружные слои принимать участие в работе стенок ствола, придумали различные способы скрепления орудия, из которых мы здесь рассмотрим лишь наиболее употребительные.

Первый и простейший способ скрепления заключается в устройстве ствола из двух или нескольких отдельных труб. Этот

¹⁾ В крупных мастерских в настоящее время шину надевают в холодном состоянии, растягивая ее гидравлическим давлением.

способ называют скреплением кольцами, муфтами или кожухом. Все эти различные названия означают в сущности размеры и форму наружных труб и побочные их назначения, суть же везде одна и та же. Кольцо, муфту или кожух (рис. 92 и 94) изготовляют с внутренним диаметром, несколько меньшим, чем наружный диаметр основной части ствола — его внутренней трубы. Затем наружную трубу в нагретом состоянии надевают на внутреннюю трубу¹⁾. Остывая, кольцо, муфта или кожух сжимают стенки внутренней трубы, а сами немного растягиваются.

Вследствие этого давление пороховых газов сначала растягивает внутреннюю трубу до ее естественного состояния и затем еще немного. До наружной, уже растянутой при надевании трубы (кольцо, муфта, кожух) дойдет лишь небольшое давление, как раз такое, какое в состоянии выдержать эта труба. В результате растяжению „сопротивляется“ равномерно все сечение ствола в данном месте, и ствол получается достаточно прочным в нужных частях и не слишком тяжелым.

Таким образом, в устройстве колеса телеги и ствола орудия используется то же свойство тел расширяться при нагревании и те же молекулярные силы, возникающие при сжатии охлаждающихся тел.

Описанный способ скрепления хорош и широко применяется во всех почти артиллерийских орудиях. Но новые достижения военной техники и измененные в связи с этим формы войны предъявляют все новые и новые требования к артиллерии. Из этих требований главнейшие: увеличение дальности стрельбы при сохранении того же веса орудия (подвижность), упрощение и ускорение производства орудий для возможности быстрого пополнения колоссального расхода их во время войны. Эти новые требования вызвали и новый способ скрепления стволов, так называемое самоскрепление или автофреттаж (часто не совсем удачно называют его также автоскреплением).

Идея этого способа основана на свойстве стали изменять свой предел упругости после соответствующей обработки стального изделия.

Чтобы понять, в чем тут секрет, надо вспомнить прежде всего свойства упругих тел. Известно, что всякое упругое тело (резина, каучук, сталь и т. п.) растягивается (сжимается) до известного предела и способно вновь возвращаться в прежнее состояние, как только будет устранена растягивающая (сжимаю-

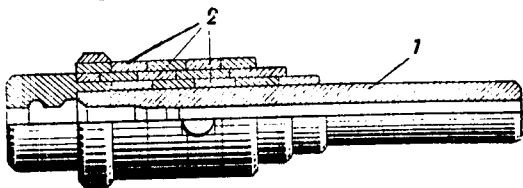


Рис. 94. Скрепление орудия кольцами. 1 — труба; 2 — кольца.

¹⁾ Применяется также и холодный способ надевания кожуха под громадным давлением.

щая) его сила. Поэтому сжатая боевая пружина расширяется, как только ее освободят; поэтому растянутые силой пороховых газов стенки ствола сжимаются до прежних размеров тотчас после выстрела; поэтому стремится стягиваться всякая растянутая резинка и т. п. Но во всех этих случаях растягивать упругое тело можно лишь до некоторого предела, характерного для каждого из упругих веществ. Если растянуть больше, перейти этот предел упругости, то растянутое тело не вернется уже в точности к первоначальному размеру и может даже разорваться (если перейти „предел прочности“). Отсюда и вытекает неизбежное ограничение возможных давлений пороховых газов в стволе оружия. Скрепление ствола кольцами или кожухом заставляет металл ствола работать более равномерно, но, конечно, не повышает предела упругости стали. Поэтому в скрепленном таким образом стволе нельзя все же намного повысить давление, а следовательно, нельзя значительно увеличить заряд пороха, что необходимо для увеличения дальности стрельбы.

Но, оказывается, есть способ повысить предел упругости стали. Для этого надо постепенно растягивать ее несколько больше допустимого предела, а потом нагревать до 100—200°, после чего предел упругости стали повышается. Самокрепление (автофреттаж) и заключается в растягивании ствола орудия (при изготовлении его) за предел упругости стали путем громадных гидравлических давлений. Для этого в закупоренный ствол наливают воду (масло) и по принципу гидравлического пресса доводят давление этой воды внутри ствола до 6 000—7 000 ат. При этом различные слои ствола растягиваются различно (подобно резиновому кольцу, рис. 93) и после устранения давления воды также различно сжимаются, как бы стягивая друг друга. Таким образом, при самоскреплении повышается предел упругости стали и сплошной ствол приобретает все свойства ствола, скрепленного множеством тонких слоев, т. е. весь металл работает равномерно.

Изготовление самоскрепленных стволов много проще и быстрее, чем стволов, скрепленных кожухом и кольцами, поэтому этот способ скрепления завоевывает все большее и большее распространение, в особенности в комбинации со старыми способами скрепления.

27. Жидкости и газы в артиллерийских снарядах и тормозах отката

Прежде всего нас могут спросить, для чего может понадобиться жидкость в снаряде. Известно, что снаряды наполняют пулями (шрапнель) или твердым взрывчатым веществом (граната). Однако, есть еще один вид снарядов, о которых и идет здесь речь. Это — химические снаряды, назначение которых — поражать войска отравляющими веществами (ОВ)

Отравляющие вещества — это одно из новых средств борьбы, нашедших себе широкое применение в первую мировую империалистическую войну 1914—1918 гг. В конце этой войны ОВ применяли самыми различными способами: наполняли ими артиллерийские снаряды, особые газовые мины, авиабомбы, ручные и ружейные гранаты; создавали облака ядовитых или удушливых газов, выпуская их по ветру из баллонов (очерк 28) и сжигая особые ядовито-дымовые свечи.

Несмотря на всевозможные договоры и протоколы о запрещении химических средств борьбы, все фашистские государства деятельно готовятся к применению их на войне. Захваченные Красной Армией в боях с германскими фашистами документы неопровержимо доказали подготовку фашистов к массовому применению ОВ. Поэтому и наша Красная Армия, которая применит эти средства лишь в случае, если противник применит их первым, должна быть готова к их использованию.

Одним из самых вероятных способов химического нападения являются обстрел войск химическими снарядами и минами и сбрасывание авиабомб с самолетов, как на войска, так и на мирные города.

Химический снаряд (рис. 95) по устройству очень прост: стальной стакан наполнен ОВ, и сверху имеется взрыватель (очерк 1), силой взрыва которого снаряд разрывается (вернее, раскрывается) при ударе о землю.

Отравляющие вещества вначале применяли в виде облака газа, поэтому и называли их ядовитыми газами. У неопытных людей это вызывает мысль, что в химических снарядах находится ядовитый газ. Само собой разумеется, что это неверно. Смешно было бы наполнять маленький снаряд газом: ведь его поместилось бы там ничтожное количество (очерк 28). Поэтому химические снаряды обычно наполнены жидкостью (иногда твердым веществом). Жидкое ОВ при взрыве выливается и испаряется, смешиваясь таким образом с воздухом.

Теперь, зная это, попробуем решить чисто физическую задачу: все ли верно изображено на правой части рис. 95? Повторяем: задача чисто физическая, и поэтому ошибку можно искать лишь в изображении жидкости, наполняющей снаряд. Знающий физику должен быстро сообразить, что снаряд, подобный изображенному справа на рис. 95, был бы негоден ни для

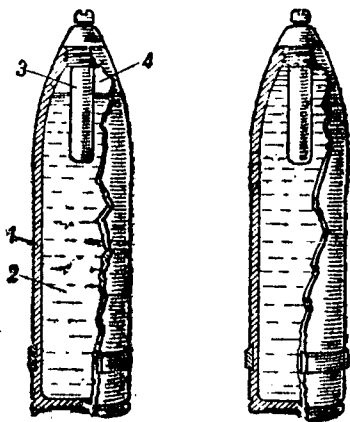


Рис. 95. Химический снаряд. Слева — верный чертеж, справа — неверный чертеж. 1 — корпус снаряда; 2 — ОВ; 3 — взрыватель; 4 — воздух и пары ОВ.

хранения, ни для стрельбы (между прочим такие неверные рисунки химических снарядов можно встретить иногда в книжках).

В чем же дело? Да очень просто: жидкость показана на этом рисунке до самого верха снаряда, она заполняет его полностью, а это значит, что даже при небольшом нагревании снаряда он либо лопнет, либо жидкость начнет просачиваться сквозь щели между стаканом и взрывателем. Ведь из физики известно, что жидкости при нагревании расширяются, причем расширение их значительно больше, чем у твердых тел. Можно вычислить, как велико будет расширение жидкости, наполняющей химический снаряд, при изменении температуры в пределах, вполне возможных при хранении снарядов на складе. Для примера возьмем химический снаряд 75-миллиметровой пушки и предположим, что он наполнен жидким хлором. Вес хлора в этом снаряде равен примерно 0,75 кг, что при удельном весе жидкого хлора в 1,5 кг/л составит по объему 0,5 л, т. е. 500 см³. Если снаряд наполнили при температуре 0°, а затем он лежал до лета, когда температура дошла до 30°, то расширение (прирост объема) жидкого хлора окажется равным $500 \text{ см}^3 \times 30 \times 0,002$ (коэффициент расширения хлора) = 30 см³. Следовательно, весь объем хлора при 30° будет равен 530 см³. Как видим, даже при небольшом сравнительно нагревании прирост объема жидкости получится весьма значительный, в то время как стенки стального снаряда расширятся незначительно. Понятно, что при стрельбе, когда снаряд сильно нагревается в канале ствола, и при полете (трение о воздух) увеличение объема жидкости может быть гораздо значительнее. Снаряд неминуемо лопнул бы раньше времени, если бы в действительности поверхность жидкости не оставляли свободного пространства (рис. 95, слева). Рассчитывая, сколько нужно оставить свободного пространства над жидким ОВ в химическом снаряде (обычно около 0,1 объема), не забывают также и упругости его паров, так как над жидкостью, естественно, будут пары ОВ, обладающие различной упругостью при различных температурах.

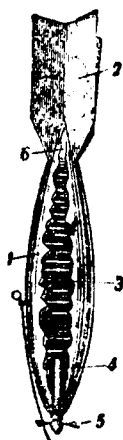


Рис. 96.
Авиационно-химическая бомба.
1 — корпус бомбы; 2 — стабилизатор; 3 — ОВ; 4 — взрыватель; 5 — предохранитель; 6 — воздух и пары ОВ.

Очевидно, все это относится и к авиационным химическим бомбам (рис. 96); ими, правда, не стреляют, и в полете они почти не нагреваются, но хранить их приходится, как и снаряды, при различной температуре.

Разобранный случай показывает, что при наполнении жидкостью сосудов, подвергающихся резким изменениям температуры, всегда надо помнить о сравнительно значительной рас-

ширяемости жидкостей при нагреваний. В частности, выше мы разбирали устройство гидравлических тормозов в артиллерийских орудиях (очерк 19). В этих тормозах нередко приходится доливать или выпускать часть жидкости (выполняется это ныне автоматически с помощью так называемых компенсаторов тормоза отката) в зависимости от температуры ее, иначе тормоз работал бы слишком неравномерно, а иной раз мог бы даже испортиться. Чтобы получить представление, с какими величинами приходится иметь здесь дело, приведем пример.

В тормозе отката 122-миллиметровой гаубицы находится 5 л жидкости (смесь глицерина с водой). Если коэффициент расширения данной жидкости считать равным 0,0004, то нетрудно вычислить, что объем жидкости при изменении температуры от 0 до 30° изменится на 60 см³. А нагревание жидкости в тормозе происходит неизбежно при каждом выстреле, так как большая часть энергии отката, поглощенной тормозом, превращается в теплоту. Таким образом, в жидкостных (гидравлических) тормозах всегда необходимо считаться с нагреванием жидкости.

Но при всем том, естественно, может возникнуть вопрос: а действительно лучше ли вместо жидкости оставлять в снаряде часть пространства, заполненного воздухом? Ведь воздух при нагревании тоже расширяется и даже сильнее, чем большинство жидкостей.

Известно, что коэффициент расширения всех газов равен $\frac{1}{273}$, или 0,00366. При резких изменениях температуры это дало бы порядочный прирост объема воздуха, имеющего возможность расширяться. Ответ на этот вопрос найдем в сведениях об основных свойствах газов. Если бы газы были так же не сжимаемы, как жидкости, тогда, конечно, выгоды от замены жидкости газом не получалось бы; но известно, что газы сжимаемы и весьма упруги; значит, сравнивать их с жидкостями в данном случае никак нельзя. При нагревании газа, занимающего постоянный объем, увеличится его упругость (давление на стенки сосуда); но это увеличение отнюдь не столь значительно, чтобы опасаться за прочность стального стакана снаряда или цилиндра тормоза отката орудия. Нетрудно показать это на примере.

Положим, что в снаряде (бомбе) поверх жидкого ОВ находится 100 см³ воздуха при 0° и при нормальном давлении в 760 мм ртутного столба.

Каково будет давление этого воздуха при температуре 30°?

Согласно закону Гей-Люссака при неизменном объеме газа давление его увеличивается на $\frac{1}{273}$ первоначальной величины при нагревании от 0 на 1°. Следовательно, в нашем примере давление увеличится на

$$760 \text{ мм} \times 30 \times \frac{1}{273} = 84 \text{ мм},$$

т. е. будет равно $760 + 84 = 844 \text{ мм}$, или примерно 1,1 ат.

Для снаряда это совсем не страшно, так как стенки его обычно рассчитаны на давление пороховых газов при выстреле, равное нескольким сотням атмосфер.

Однако, есть случай в артиллерии, когда с увеличением давления воздуха необходимо считаться, именно в воздушных накатниках, о которых мы говорили раньше (очерк 19). Здесь от давления воздуха зависит правильная работа накатника и тормоза, поэтому надо тщательно следить за сохранением более или менее постоянного давления; насколько же оно может изменяться, показывает следующий пример.

В накатнике 305-миллиметровой гаубицы (образца 1915 г.) воздух при 0° находится под давлением в 60 ат (воздух в накатниках артиллерийских орудий всегда бывает поджат, т. е. находится до выстрела в сжатом состоянии). После длительной стрельбы при температуре 100° давление его окажется равным почти 82 ат.

28. Газовый баллон

Баллон — это металлический (обычно железный) сосуд для газов (рис. 97). В баллонах держат различные газы, нужные в промышленности, для научных работ и для применения на войне.

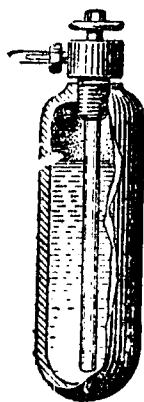


Рис. 97. Баллон для ОВ (разрез).

Газовые баллоны бывают самых различных размеров: на 8, 14, 30 л, но устроены все они одинаково. Имея форму бутyli, баллон сверху заканчивается особым краном, который называют вентилем. При поворачивании маховика вентиля постепенно открывается отверстие для газа, который выходит из баллона наружу. Однако, вентиль соединен не прямо с полостью баллона, а имеет еще длинную трубку, доходящую почти до дна баллона. Эту трубку называют сифоном. Так устроены газовые баллоны для ОВ.

Выше мы уже говорили о некоторых способах химического нападения на войну (очерк 27) и разобрали устройство химических снарядов. Теперь остановимся на химическом нападении путем газобаллонной атаки, т. е. выпуска по ветру облака ОВ из газовых баллонов (рис. 97). Способ этот не особенно удобен в условиях подвижной войны, когда войска быстро переходят с места на место, но зато газобаллонная атака имеет ряд преимуществ, вследствие чего на войне, возможно, придется иметь дело и с этим видом химической борьбы.

Как же происходила газобаллонная атака в первую мировую империалистическую войну? И прежде всего, как выпускали газы из баллона?

Для газобаллонной атаки нужен, очевидно, газ тяжелее воздуха, иначе он тотчас по выходе из баллона поднимется вверх и не причинит вреда войскам противника, находящимся на земле. Таким тяжелым и в то же время удушливым газом является хлор (Cl). Хлор в $2\frac{1}{2}$ раза тяжелее воздуха. Выпущенный из баллона, он образует зеленоватое облако, которое стелется по земле, забираясь во все ямы и углубления. Будучи более тяжелым относительно воздуха, хлор в газообразном состоянии все же очень легок. Действительно, удельный вес газа хлора при нормальных условиях равен всего лишь $0,003 \text{ г/см}^3$, т. е. 1 л хлора весит (круглым счетом) 3 г. Значит, если заполнять баллоны хлором в обычном состоянии, то даже в самом большом баллоне поместилось бы всего примерно 90 г — количество ничтожно малое для военных целей.

Вот тут-то на помощь военной технике и приходит физика. Известно, что любой газ может быть путем сжатия обращен в жидкость при температуре не выше некоторого, каждому газу свойственного, предела. Для хлора такой предельной, или, как говорят, критической, температурой является температура 143° , т. е. при любой обычной для земли температуре хлор может быть одним лишь сжатием обращен в жидкость. Но есть и другой путь: точка кипения хлора под атмосферным давлением равна — 34° , значит, при охлаждении газа хлора до этой температуры он при атмосферном давлении стечет в жидкость.

Так или иначе обратить хлор в жидкость не представляет особого труда, и этим достигается большое удобство его использования. Жидкий хлор имеет удельный вес $1,5 \text{ г/см}^3$, т. е. он почти в 500 раз тяжелее газообразного хлора. Жидкого хлора можно иметь в одном баллоне от 12 до 45 кг (в зависимости от размера баллона): таким образом, для газовой атаки на небольшом участке фронта будет достаточно нескольких сотен баллонов.

Но если хлор жидкий, то возникает другой вопрос: как выпустить его из баллона? Ведь он чрезвычайно летуч и в баллоне находится под давлением в несколько атмосфер, так что не может быть и речи о том, чтобы вылить жидкий хлор из баллона, подобно тому как мы выливаем любую жидкость из бутылки. Такой способ вызвал бы сильнейшее отравление своего участка фронта и сразу обнаружил бы противнику наши намерения. А если бы, имея закрытый сосуд, в нижней части которого помещается жидкий, а в верхней части парообразный хлор, мы открыли отверстие в верхней части этого сосуда, то из сосуда пошли бы пары хлора; жидкий хлор, вдруг освобожденный от давления (своих паров), закипел бы; но при этом он сильно охладился бы (так охлаждается, например, эфир, испаряющийся на открытом воздухе); после этого дальнейшее испарение шло бы уже недостаточно быстро.

Чтобы избежать этого, в баллоне и устраивается показанная на рис. 97 сифонная трубка. Пары хлора, находящиеся в верхней части баллона, имеют довольно высокое давление; это давление зависит, как известно, от температуры: при $+20^{\circ}$ оно составляет 6,6 ат, а при -20° несколько менее 2 ат. Пары хлора давят на жидкий хлор и выталкивают его через сифон наружу; жидкий хлор сильной струей бьет из вентили и испаряется на воздухе. Таким образом, в пределах обычной температуры летом и даже зимой над жидким хлором в баллоне всегда будет давление, достаточное, чтобы вытолкнуть весь хлор наружу. Однако, для ускорения выталкивания и для полной гарантии использования всего хлора, заключенного в баллоне, обычно поверх хлора нагнетают сжатый воздух так, чтобы общее давление составило при 0° примерно 20 ат.

В заключение отметим, что, кроме хлора, для газобаллонных атак употребляли еще газ фосген, обычно смешанный с хлором. Фосген (COCl_2) в $3\frac{1}{2}$ раза тяжелее воздуха и обладает не только удушающим, но и отравляющим свойством, являясь во всех отношениях газом более опасным, чем хлор.

29. Выгодно ли топить печи порохом?

У всех, кто немного знаком с работой пороха в оружии, создается впечатление о необычайных свойствах этого горючего вещества. Несколько граммов пороха с громадной скоростью выбрасывают из винтовки пулю, заставляя ее лететь на 3—4 км. Один килограмм пороха бросает снаряд весом в 6—7 кг на 8 км. Подумать только, какая при этом выделяется энергия и в каком малом количестве пороха эта энергия заключена! Невольно приходит мысль, что, вероятно, и теплотворная способность пороха исключительно велика. Ведь о ценности горючего мы судим прежде всего по его теплотворной способности. Нефть, например, сгорая в количестве 1 кг, выделяет около 10 500 больших калорий, а кокс при тех же условиях дает лишь 8 000 Кал*. Исходя из этого, мы говорим, что нефть выгоднее кокса: меньшее количество ее дает то же количество тепла. Вот и интересно узнать, каковы в этом отношении свойства пороха. Выгодное ли это топливо?

Но тут прежде всего многие усомнятся в возможности самой постановки подобного вопроса. Разве можно говорить о топке печей порохом, если порох — взрывчатое вещество? Порох взорвется и разрушит печь, вместо того чтобы гореть в ней. Пусть сомневающиеся возьмут щепотку пороха (безразлично, дымного или бездымного), насыпят его на какую-либо негорючую поверхность и подожгут ее на открытом воздухе.

* Кал — сокращенное обозначение большой калории. 1 Кал — единица теплоты, равная количеству теплоты, необходимой для нагревания 1 кг воды на 1° (от $14,5$ до $15,5^{\circ}$). 1 Кал = 1 000 кал (малых калорий).

Никакого взрыва при этом не произойдет, порох сгорит быстро, но спокойно. Еще лучше можно показать это свойство пороха, если имеются ленты или „макароны“ (трубки) оружейного пороха (рис. 98). Такая лента или трубка отлично горит на открытом воздухе, и при этом горение протекает настолько спокойно и медленно, что можно держать ленту (трубку) в руке, пока она не догорит почти до конца. Горение бездымного пороха очень похоже на горение целлюлоида, из которого иногда делают гребни для волос.

Как видим, с этой стороны препятствия к топке печей порохом (особенно бездымным) как будто бы нет, порох мог бы служить обычным топливом, лишь очень быстро горящим и, конечно, опасным в обращении. Порох опасен прежде всего потому, что он

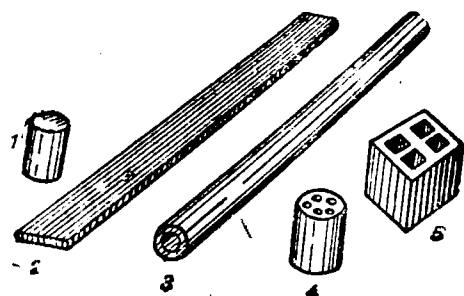


Рис. 98. Вид различных зерен пороха. 1 — цилиндрическое зерно; 2 — лента; 3 — трубчатый (макаронный) порох; 4 и 5 — зерна с каналами

спокойно горит лишь на открытом воздухе и в виде крупных зерен (лент, трубок). В закрытом же пространстве или при малом отверстии для выхода быстро образующихся при горении пороха газов увеличивается давление, а вместе с ним увеличивается и скорость воспламенения и горения пороха. В результате и получается такое быстрое горение, которое носит название взрыва и которое могло бы разрушить печь, если бы мы действительно вздумали топить ее порохом. Так же повышается скорость горения при уменьшении наименьшего из размеров зерен пороха (его толщины). Например, пороховая пыль или порошок из пороха горит так быстро, что получается уже не обыкновенный взрыв, а взрыв бризантный (дробящий), или, как иначе называют это явление, детонация.

Предположим, однако, что мы всех этих опасностей избежали, и спросим себя: а выгодно ли было бы топить печи порохом? Какова теплотворная его способность? Представьте себе, что она не только не больше обычных видов топлива, но даже во много раз меньше, чем у них. Бездымный (пироксилиновый) порох имеет теплотворную способность 900 Кал, т. е. 1 кг этого пороха, сгорая, выделяет 900 Кал тепла, а дымный военный порох — и того меньше: его теплотворная способность равна всего лишь 700 Кал. Иначе говоря, порох примерно в 11 раз менее выгоден, чем нефть. Если бы паровоз вместо нефти топить порохом, то понадобилось бы возить его с собой в количестве, в одиннадцать раз превышающем нужное количество нефти.

Чтобы полностью понять, почему получается такая громадная разница, надо прежде всего учесть химический состав пороха по сравнению с другими горючими веществами. Известно, что всякое горение является реакцией соединения вещества горючего тела с кислородом. При этом кислород участвует в этой реакции в количестве, значительно превышающем количество горючего. Так, например, для полного сгорания 1 кг нефти требуется примерно 4 кг кислорода, или 17,5 кг воздуха, так как в воздухе содержится 23% кислорода (по весу). Порох же содержит в себе нужный ему для сгорания кислород. Поэтому при взрыве пороха правильнее говорить не о горении его, а о взрывчатом превращении. При этом процесс взрывчатого превращения весьма сложен. Таким образом, разница между порохом и любым другим топливом весьма существенна. Забирая с собой нефть для паровоза, никто не думает, конечно, о нужном для горения ее кислороде, — его берут из окружающего воздуха, возить с собой его не надо. Если же мы вздумали бы брать с собой в качестве топлива порох, то мы невольно везли бы с собой и горючее и кислород. Неудивительно поэтому, что пороха пришлось бы брать во много раз больше.

Из сказанного ясно, что порох по существу является не просто горючим (топливом), но горючей смесью, в которой, однако, кислород примешан не механически, а химически. Но если даже сравнить порох по теплотворной способности со смесью лучших горючих с чистым кислородом, то и в этом случае результат для пороха будет не блестящим. Мы уже отметили, что для сгорания 1 кг нефти требуется около 4 кг кислорода и что 5 кг такой смеси дают около 10 500 Кал. Отсюда следует, что 1 кг этой смеси дает 2 100 Кал, т. е. все же в два с лишним раза больше, чем порох. Правда, есть пороха нитроглицериновые, обладающие большей теплотворной способностью, чем пироксилиновый, но и они дают теплоты значительно меньше, нежели нефть и бензин, смешанные с кислородом. Такую смесь применяют, например, в качестве топлива для ракетных моторов (очерк 21), и мы уже отмечали, что и там порох менее выгоден, чем жидкое топливо. Следует учесть, однако, что в обычных нефтяных двигателях внутреннего сгорания (дизелях) рабочая смесь нефти с воздухом обладает теплотворной способностью значительно меньшей — 800 Кал/кг, т. е. ниже, чем у пороха.

Кстати теперь без труда можно понять одну из трудностей использования ракет, отмеченную уже выше в очерке 21. Какое бы топливо мы ни брали для ракетного мотора — порох или любое жидкое горючее, ракете приходится иметь запас не только топлива, но и нужного для сгорания его кислорода. Порох имеет кислород в своем составе, для других же горючих берут его отдельно, так как из воздуха брать кислород в ракетных моторах очень трудно, да и пропадает одно из главных пре-

имущества ракетных двигателей — их способность работать в безвоздушном пространстве. Отсюда вытекает сравнительно большой относительный вес топлива в ракете.

Вернемся, однако, к нашей теме.

Оказывается, что и после победы социализма во всем мире, когда войны станут немыслимы, запасы пороха (а их во всех странах много миллионов тонн) едва ли удастся использовать в качестве топлива. Слишком это было бы невыгодно и в то же время опасно. Однако, можно отлично использовать порох в горной промышленности и для всяких взрывных работ вообще: корчевания пней, разработки леса, разрыхления земли, прокладки дорог в скалах и т. п.

Но в чем же тогда дело? Почему же в оружии, несмотря на малую теплотворную свою способность, порох оказывается таким мощным и не может быть заменен ни нефтью, ни бензином, ни любым другим горючим?

Секрет мощности пороха не в теплотворной его способности, а в способности его очень быстро гореть в замкнутом пространстве без доступа воздуха и превращаться в очень большое количество газов.

Вот эти свойства и отличают порох от других видов топлива.

Под концентрацией энергии понимают количество тепловой энергии, заключающееся в единице объема данного вещества при нормальных условиях, т. е. при температуре 0° и давлении 760 мм ртутного столба (иногда за нормальные условия принимают $t=15^{\circ}$ и давление $p=1 \text{ ат}$). До сих пор мы сравнивали равные весовые количества пороха с нефтью или смесью нефти с кислородом (с воздухом). Теперь же сравним отдачу тепла тем и другим веществом, взятым в равных объемах. Оказывается, 1 л пироксилинового пороха дает при сгорании около 1500 Кал, а 1 л смеси нефти с кислородом всего лишь около 4 Кал (с воздухом, конечно, еще меньше — около 0,8 Кал). Как видим, по концентрации энергии порох уже в сотни раз выгоднее горючих смесей нефти с кислородом и воздухом. Значит, замена пороха такой смесью потребовала бы громадного увеличения размеров орудий, что, конечно, сказалось бы на их боевых свойствах. Лишь смесь жидкого кислорода с нефтью (с бензином) дает более высокую концентрацию энергии, чем у пороха, но применение этой смеси практически невозможно из-за трудностей ее хранения, перевозки и употребления (вспомним, что температура кипения жидкого кислорода равна -182° и хранить его можно лишь в специальных сосудах).

Теперь посмотрим, в какое количество газов (при нормальных условиях) обращается при сгорании порох и горючая смесь нефти с воздухом. Оказывается, из 1 л пороха получается 1440 л газов, а из 1 л смеси нефти с воздухом — около 30 л, т. е. в 48 раз меньше!

Сгорание смеси в цилиндре двигателя происходит примерно в 0,05—0,02 сек. При температуре до 1900° давление газов получается при этом в пределах 30—300 *ат*. Порох же в оружии сгорает в 0,01—0,001 сек. при температуре газов до 3000° и давление газов достигает 3000—6000 *ат* (очерк 17).

При всем том порох каждой данной партии имеет строго одинаковый состав, его можно заранее точно отвесить, рассчитав нужную скорость сгорания и давления пороховых газов. Для жидкого же топлива сделать это невозможно, так как смесь его с воздухом хранить, очевидно, трудно, а образование ее перед выстрелом не может дать нужной точности.

Таким образом, порох не мог бы заменить собой ни нефть, ни бензин, ни уголь, но и, наоборот, никакое топливо не может заменить пороха в огнестрельном оружии.

Мало чем отличаются от пороха в этом смысле и все другие взрывчатые вещества. Теплотворная способность и скорость детонации некоторых из них приведены ниже в таблице.

Все же, несмотря на это, все снаряды, которые предназначены для разрушения (мины, гранаты и бомбы), наполняют именно этими взрывчатыми веществами, главным образом, — тротилом. Кажущаяся малая теплотворная способность взрывчатых веществ не мешает им быть носителями громадных запасов концентрированной энергии, выделяемой в нужных случаях в кратчайшее время.

Теплотворная способность и скорость детонации некоторых взрывчатых веществ (ВВ)

Название ВВ	Теплотворная способность в Кал/кг	Скорость детонации в м/сек
Нитроглицерин	1 560	—
ТЭН	1 485	8 400
Гексоген	1 365	8 380
Порох нитроглицериновый	1 210	—
Пироксилин (сухой)	1 100	—
Порох пироксилиновый	900	7 000
Мелинит	770	7 100
Тротил	730	6 700
Гремучая ртуть (сухая)	400	4 500
Азид свинца	—	5 000

Как видно из таблицы, скорость детонации взрывчатых веществ огромна: 7—8,5 км/сек; эта скорость в 40—45 раз больше скорости самого быстроходного гоночного самолета, в 20—25 раз больше скорости звука в воздухе. Поэтому можно считать, что взрывчатые вещества, детонируя, превращаются в газы почти мгновенно. В этом и заключается прежде всего их необычайная сила.

Но не нужно думать, что порох и в оружии детонирует. Если это произойдет почему-либо, оружие будет разорвано, а снаряд (пуля) тоже разлетится на куски, но не полетит в заданном направлении. В оружии порох не детонирует, а дает обыкновенный взрыв, скорость которого в тысячи раз меньше, хотя она все же весьма значительна по сравнению со скоростью горения различных видов топлива.

Очень интересны еще с точки зрения теплотворной способности вещества, носящие название термит и электрон. Термит — это порошкообразная смесь металлического алюминия (25% по весу) и окиси железа (75%). Зажечь эту смесь очень трудно, поэтому к ней обычно прибавляют воспламенитель из магния или специальных смесей; но, загоревшись, термит сгорает, выделяя 3420 Кал на 1 кг и разрывая температуру 3000°. При этой температуре плавится сталь (температура ее плавления 1400°) и даже платина (1764°). Этим и объясняется применение термита для сварки рельсов и других стальных изделий. При температуре горения термита вода разлагается на кислород и водород и не только не препятствует, но даже способствует горению термита. Поэтому термит нельзя тушить малым количеством воды, а необходима либо сильная струя и много воды, либо песок.

Этими свойствами термита пользуются для устройства зажигательных снарядов, назначаемых для поджигания построек, лесов, хлебов и деревянных оборонительных сооружений противника. Зажигательный термитный снаряд (рис. 99) действует обычно подобно шрапнелю (очерк 1) и, разрываясь в воздухе, выбрасывает горящие термитные сегменты. Если термитный сегмент попадает на горячее вещество, то он поджигает его, вызывая пожар.

Кроме зажигательных артиллерийских снарядов, на войне широко применяют также зажигательные авиабомбы и зажигательные пули. В зажигательных авиабомбах, кроме заполнения их термитом, и корпус (оболочку) часто делают из вещества, подобного термиту, — из электрона.

Электрон — это сплав магния (92—93%), алюминия (4—6%), цинка (3—1%) и марганца (0,5—0,1%). Теплотворная способность его равна 5820 Кал/кг, а температура горения 3500°. Электронная бомба сгорает вся целиком. В зажигательных

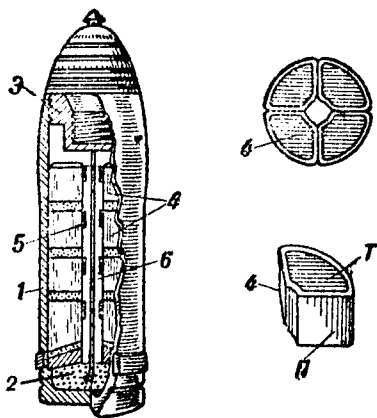


Рис. 99. Зажигательный снаряд. 1 — корпус снаряда; 2 — вышибной заряд (дымный порох); 3 — головка с ввернутой в нее дистанционной трубкой; 4 — зажигательные термитные сегменты; 5 и 6 — стопин; 7 — оболочка сегмента; Т — термит.

пулях (рис. 100) вместо термита применяют обычно фосфор, самовозгорающийся при соприкосновении с воздухом.

Особенно широкое применение зажигательные авиабомбы получили в современную войну. Помимо описанных выше термитных и термитно-

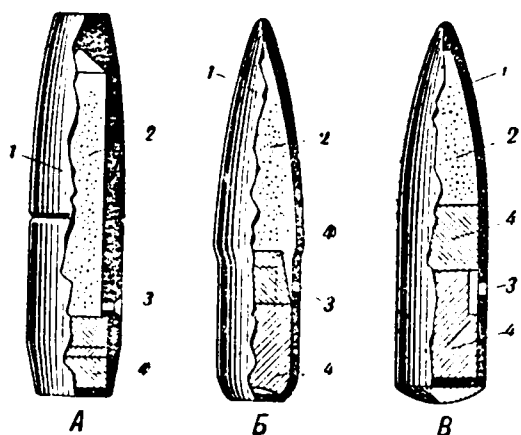


Рис. 100. Зажигательные фосфорные пули (А — французская, Б — германская и В — английская). 1 — оболочка; 2 — фосфор; 3 — отверстия, запаянные легкоплавким металлом; 4 — свинец.

электронных бомб ударного действия, т. е. загорющихся после удара в преграду, сейчас применяют зажигательные бомбы „рассеивающего“ (дистанционного) действия, комбинированные бомбы, „бомбы-листочки“ и зажигательные бомбы замедленного действия.

Дистанционная бомба рассеивающего действия разрывается подобно зажигательному снаряду над целью (в воздухе) и обливает последнюю дождем огня.

Заполняется такая бомба либо отдельными разлетающимися сегментами термита, либо кусками белого фосфора. Фосфорная бомба сильно действует по войскам в лесу, в хлебах, вызывая, кроме пожара, глубокие трудноизлечимые ожоги на коже людей. Пригодна она и для поджигания самолетов противника в воздухе и на аэродромах.

Комбинированные зажигательные бомбы, кроме термита, содержат также горючую жидкость (смесь нефти, керосина и бензина). Последняя, вспыхивая сразу и разливаясь вокруг места падения бомбы, затрудняет тушение термита и при наличии горючего материала вблизи вызывает сразу большой очаг пожара.

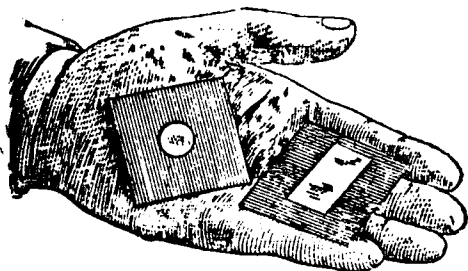


Рис. 101. Бомбы-листочки.

„Бомбы-листочки“ (рис. 101) устроены чрезвычайно просто: это склеенные из целлюлоида плоские мешочки (листочки) размером в 5 см², заполненные самовозгорающимися соединениями фосфора, с небольшим отверстием, прикрытым смоченной водой ватой. При падении вата высыхает, фосфор соприкасается с воздухом и воспламеняется, поджигая и целлюлоид.

Выброшенные с самолета пачками „листочки“ рассеиваются на большой площади и движимые ветром могут залетать в открытые окна домов, под карниз крыши, в слуховые окна и т. п., вызывая пожар всюду, где встретится горючий материал. Серьезным недостатком „бомб-листочков“ является малая продолжительность горения их (1—2 минуты), в связи с чем их целесообразно сбрасывать только с небольших высот; при сбрасывании с большой высоты они сгорают в воздухе, не достигнув цели.

Зажигательные бомбы замедленного действия имеют такое же устройство, как и фугасные бомбы замедленного действия (очерк 1а). Опасны они только в том случае, если останутся незамеченными и через несколько часов (до 20) после окончания тревоги вызовут пожар.

Кроме зажигательных снарядов, авиабомб и пуль, теперь на войне широко применяют зажигательные „ручные гранаты“ в виде бутылок с горючей жидкостью и огнеметы.

Бутылки с горючей жидкостью впервые широко были применены республиканскими войсками Испании в их борьбе с танками фашистских интервентов. Средство оказалось очень простым, дешевым и весьма эффективным, поэтому оно нашло применение и в войне с белофиннами, и в Великой отечественной войне. Сотни фашистских танков погибли от умело брошенных в них нашими пехотинцами и партизанами бутылок с бензином или с самовоспламеняющейся жидкостью.

Действие подобной „гранаты“, наполненной самовоспламеняющейся жидкостью, не требует особых пояснений. Если в обыкновенной полулитровой, хорошо закупоренной бутылке находится самовоспламеняющаяся жидкость, то естественно, что, вытекая из бутылки, разбившейся о броню крыши танка, эта жидкость тотчас воспламеняется, затекает во все щели танка и почти неизбежно поджигает его. Если же бутылка заполнена простым бензином, то она вызовет пожар только при некоторых условиях. Можно, например, прикрепить к горлышку такой бутылки (заткнуть горлышко) тряпку (паклю), смоченную бензином, и поджечь ее перед броском. Выливаясь из разбившейся о танк бутылки, бензин вспыхнет от горящей тряпки (пакли) и будет действовать так же, как и самовоспламеняющаяся жидкость. Нередко бензин может загореться и просто от соприкосновения с горячими частями двигателя танка. Во всех случаях бутылку следует бросать на ту часть крыши танка (обычно кормовую), под которой расположены двигатель и баки с горючим,—этим обеспечивается большая надежность действия этой примитивной зажигательной гранаты.

Огнеметы, т. е. приборы для „стрельбы“ огнем, появились еще в первую мировую войну и были применены тогда немцами, главным образом, в виде ручных или ранцевых приборов. Такие же ранцевые огнеметы применяли фашисты и в современной войне, например против бельгийских

ДОТов. Длинные шланги этих огнеметов, загнутые на конце, позволяли парашютистам из-за угла направлять огненную струю в амбразуры ДОТов. В последние годы огнеметами стали вооружать танки, что сделало их еще более грозным оружием.

Принцип устройства любого огнемета весьма прост. В одном баллоне находится горючая смесь (нефть, керосин, бензин), а в другом баллоне, соединенном с первым, — сжатый воздух. От баллона с горючей смесью идет гибкий шланг с брандспойтом, имеющим на конце зажигалку, т. е. смоченную жидким горючим паклю, и электровоспламенитель. Открывая края огнемета (обычно в виде спускового крючка, подобного спуску винтовки), позволяющей горючей смеси с силой вылетать из брандспойта под давлением сжатого воздуха. Соприкасаясь с зажигалкой, смесь воспламеняется и в виде огненной струи направляется на цель, например в амбразуру ДОТа, на танк противника, на его войска. Танк позволяет взять с собой значительное количество горючей смеси и с большой силой выталкивать ее, поэтому дальность действия танкового огнемета получается до 40 м, а длительность действия — несколько минут или несколько десятков отдельных коротких огнеметных выстрелов.

Дальность действия огнеметов ограничивается скоростью сгорания смеси, которая в настоящее время такова, что на протяжении в 40 м вся жидкость струи неизбежно сгорает. Если удастся найти способ замедления горения смеси или новую медленно горящую смесь, то и дальность огнемета соответственно увеличится.

Однако, и современные огнеметные танки являются уже достаточно грозным оружием, надежной защитой от которого является лишь асбестовый костюм. Некоторую защиту от огнеметной струи дает и любое другое прикрытие, которое можно быстро отбросить после воспламенения его огненной струей. Рекомендуется, например, на время огнеметания прикрыться с головой шинелью, мокрой палаткой, брезентом и т. п. Лучшей же обороной против огнеметных танков является уничтожение их артиллерийским огнем, авиацией, своими танками, зажигательными бутылками. Хорошая разведка и надежная противотанковая оборона позволяют расправляться с огнеметными танками так же, как и с любыми другими.

30. Вода и снег в пулемете

Хотя порох и не обладает очень большой теплотворной способностью, однако при выстреле выделяется большое количество тепла. Тепло это частью расходуется на расширение образовавшихся при сгорании пороха газов, т. е., иначе говоря, на полезную работу выталкивания пули или снаряда, частью же идет на нагревание ствола и на другие виды „вредной работы“. Дотроньтесь до ствола винтовки после десятка выстре-

лов подряд, и вы убедитесь в том, что ствол стал очень горячим и может даже обжечь.

Но то, что не имеет особого значения для винтовки, из которой обычно выпускают не более 10 пуль в минуту, оказывается очень важным для пулеметов, имеющих темп стрельбы 600 выстрелов в минуту. Тут уже нагревание ствола получилось бы угрожающим, температура его могла бы дойти до таких пределов (выше 350°), когда структура металла меняется, механические качества его снижаются, а патроны самовзрываются, едва попав в патронник.

Разберем более подробно, что получилось бы при непрерывной стрельбе из пулемета. Для этого прежде всего определим количество тепла, выделяющееся при каждом выстреле. Для стрельбы из пулеметов применяются ружейные патроны, заряд пороха которых весит 3,2 г. Выше мы говорили (очерк 29), что теплотворная способность бездымного пороха равна 900 кал. Значит, всего при выстреле выделяется $3,2 \times 900 = 2\,880$ кал. Будем считать, что 30% всего тепла идет на нагревание ствола и 30% на полезную работу пороха¹⁾.

30% от 2880 составляют 864 кал, следовательно, при каждом выстреле из пулемета ствол получает 864 кал тепла. Насколько же это поднимает его температуру? Ствол станкового пулемета Максима вместе с замком весит около 3 кг, т. е. 3000 г, а удельная теплоемкость стали, как известно, равна 0,11. Число градусов нагрева ствола (t), при каждом выстреле будет равно количеству выделившейся теплоты (Q), деленному на вес ствола (G_s) и на теплоемкость стали (c), т. е. $t = \frac{Q}{G_s c}$. Для нашего примера получим:

$$t = \frac{864}{3000 \times 0,11} = 2,6^{\circ}.$$

Если при каждом выстреле температура ствола повышается на $2,6^{\circ}$, то, значит, после 200 выстрелов подряд (на это требуется 20 сек.) температура ствола даже зимой при 0° окажется равной 520° . Правда, часть тепла ствол будет непрерывно отдавать окружающему воздуху и станку, но, даже приняв все это во внимание, получим неизбежное повышение температуры до $300-350^{\circ}$, т. е. до предела, при котором стрельба становится уже опасной.

На практике считают, что после 250 выстрелов (одна пулеметная лента), сделанных подряд, даже специальный ребристый и более массивный ствол пулемета надо менять, если он не имеет искусственного охлаждения. Такую смену

¹⁾ В действительности на нагревание ствола идет около 23%, но мы здесь округлили это число до 30 для упрощения расчетов и чтобы иметь запас на случай возможно большего нагревания при большем трении пули о ствол. Около 40% тепловой энергии сохраняют пороховые газы, вылетающие из канала ствола пулемета.

ствола и осуществляют в некоторых пулеметах. Стволам таких пулеметов, как и нашего ручного пулемета Дегтярева (рис. 102), придают ребристую форму для увеличения их массы и площади соприкосновения с воздухом.

Рассмотрим наш станковый пулемет Максима (рис. 103) с водяным охлаждением ствола. Прежде всего надо

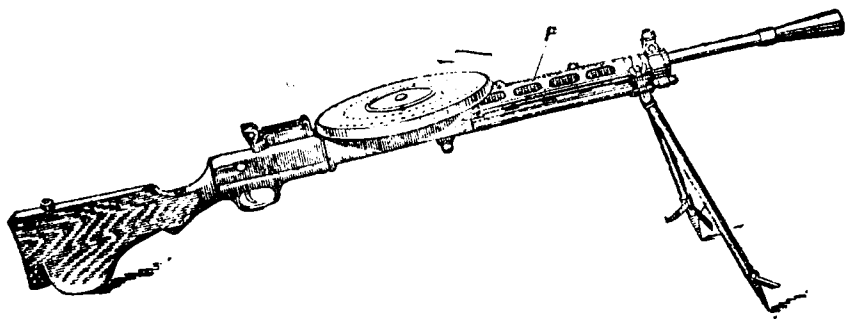


Рис. 102. Наш ручной пулемет ДП. Р — радиатор.

задуматься над вопросом, почему для охлаждения ствола пулемета выбрали именно воду, а не какое-либо другое вещество? Почему, положим, не воспользоваться для этой цели маслом?

Ответ найдем не только в распространенности и „бесплатности“ воды, но и в физических ее свойствах. Стоит лишь посмотреть таблицу удельной теплоемкости различных ве-

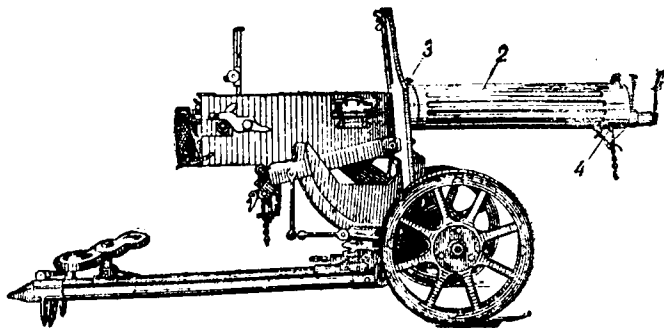


Рис. 103. Наш станковый пулемет Максима. 1 — ствол; 2 — кожух; 3 — отверстие для доливки воды; 4 — отверстие для выпуска воды.

ществ, чтобы убедиться в выгодах применения воды для охлаждения тел. У всех веществ, кроме водорода и гелия, удельная теплоемкость меньше, чем у воды, и притом у масла, например, в два раза меньше (теплоемкость около 0,5), у глицерина и керосина тоже почти в два раза меньше (0,58 и 0,51). Даже у льда и снега теплоемкость равна только 0,5. Отсюда ясно, что вода — наиболее подходящее вещество для охлаждения

стволов пулеметов, как и цилиндров двигателей внутреннего сгорания.

Теперь сделаем расчет, как протекает нагревание воды, охлаждающей ствол пулемета, и скоро ли эта вода нагреется до точки кипения.

В кожухе пулемета Максима вмещается до 4 кг воды. Предположим, что кожух наполнен водой при температуре 0°. Чтобы нагреть 4 кг воды от 0 до 100°, т. е. до точки кипения, требуется 400 Кал ($4 \text{ кг} \times 100 \text{ Кал/кг} = 400 \text{ Кал}$). Но каждый выстрел дает примерно по 0,8 Кал, идущих на нагревание ствола и окружающей его воды; значит, 400 Кал выделится при 500 выстрелах, т. е. через 50 секунд непрерывной стрельбы (600 выстрелов в одну минуту = 10 выстрелам в одну секунду). Часть тепла (весьма незначительная) идет на нагревание металла ствола (33 Кал) и кожуха; кроме того, тепло отдается водой и кожухом окружающему воздуху, но эту часть тепла мы уже учли отчасти, так как вместо 0,864 Кал, выделяемых при каждом выстреле на нагревание ствола, взяли только 0,8 Кал. Одна пулеметная лента (250 выстрелов), выпущенная без перерывов, согласно этим расчетам, нагреет воду от 0 до 50°, а если стрельба идет летом и вода до начала стрельбы имела температуру 20—30°, то к концу ленты вода нагреется почти до точки кипения. Мы говорили уже, что темп стрельбы пулемета Максима составляет 600 выстрелов в одну минуту, но действительная боевая скорострельность его равна в среднем лишь 300—350 выстрелам в одну минуту, так как смена ленты занимает некоторое время.

Итак, после 500 выстрелов, непрерывно следующих один за другим, т. е. через 50 секунд после начала непрерывной стрельбы, вода в кожухе пулемета начнет кипеть. Ну, а скоро ли она выкипит вся, если дальше продолжать непрерывный огонь? Тут уже надо вспомнить о скрытой теплоте кипения воды, которая, как известно, равна 539 Кал/кг. Кстати вспомним, что и в этом отношении вода очень удобна для охлаждения, так как имеет наибольшую из всех веществ скрытую теплоту кипения. Любое другое вещество выкипело бы гораздо скорее воды. Подсчитаем же, через сколько выстрелов после начала кипения вся вода в кожухе пулемета выкипит. Имеем:

$$\begin{aligned} 4 \text{ кг} \times 539 \text{ Кал/кг} &= 2156 \text{ Кал}; \\ 2156 \text{ Кал} : 0,8 \text{ Кал} &= 2695, \end{aligned}$$

т. е. после 2695 выстрелов подряд закипевшая вода вся превратилась бы в пар. Если бы пулемет стрелял непрерывно (одной бесконечной лентой патронов), то 2695 выстрелов он сделал бы в 269,5 сек., т. е. в $4\frac{1}{2}$ мин., а от начала стрельбы, когда вода имела температуру 0°, все это займет времени 5 мин. 20 сек. В действительности этого нет, времени потребуется немного больше, однако чтобы не рисковать таким положением, устав требует доливать воду в кожух пулемета после каждых

четыре подряд выпущенных лент, т. е. примерно через 2—3 мин. после начала стрельбы. Как видим, пулемет всегда нуждается в запасе воды, иначе он будет вынужден делать большие перерывы в стрельбе, необходимые для значительного охлаждения воды.

Ну, а как же быть зимой в сильные морозы, когда вода замерзает?

В этом случае применяется смесь воды с глицерином (глицерина $\frac{1}{3}$), точка замерзания которой -20° . Если почему-либо такой смеси нет, то можно пользоваться льдом или снегом, удельная теплоемкость которого равна 0,5, а скрытая теплота плавления 80 Кал/кг.

Попробуем подсчитать. Прежде всего учтем, что в кожух пулемета льда поместится меньше, чем воды, так как плотность его равна 0,9 и сплошь забить им кожух нельзя. Будем считать, что в кожухе у нас будет 3 кг льда, пусть при 0° ; чтобы весь этот лед растаял, надо затратить 240 Кал тепла ($3 \times 80 = 240$), а каждый выстрел дает 0,8 Кал. Значит, весь лед растает после 300 выстрелов, и дальше все уже пойдет согласно нашим расчетам для воды при 0° , с той лишь разницей, что ее будет не 4, а 3 кг. Обычно, лед (снег) подбавляют в кожух по мере его превращения в воду и тем поддерживают температуру воды при 0° до тех пор, пока воды не будет 4 кг.

31. Огнестрельное оружие — тепловая машина

Тепловыми машинами называют, как известно, такие машины, в которых механическая энергия получается за счет теплоты. Паровые поршневые машины, паровые турбины, двигатели внутреннего сгорания — все это и есть тепловые машины.

Вспомним процесс превращения энергии в любой из таких машин:

1) происходит сгорание топлива (дрова, уголь, нефть, бензин), т. е. химическая энергия вещества превращается в тепловую, причем нагревается вода, которая превращается в пар и таким путем увеличивается в объеме, или нагреваются образовавшиеся при сгорании топлива газы, также сильно увеличиваясь в объеме;

2) расширяющийся пар или газ толкает поршень, сообщая ему поступательное движение, в свою очередь преобразуемое обычно во вращательное движение вала двигателя; здесь тепловая энергия превращается в механическую энергию (движение частей машины).

А как работает огнестрельное оружие? Что происходит в нем при выстреле? В нем происходят те же этапы преобразования химической энергии вещества (пороха) в тепловую (при сгорании пороха); так же образуются при этом газы, стремящиеся занять большой объем и еще более расширяющиеся вследствие нагревания их при горении, т. е. и

в этом случае тепловая энергия превращается в энергию движения снаряда (или пули), играющего роль поршня тепловой машины.

Отсюда ясно, что огнестрельное оружие есть один из видов тепловых машин, отличающихся лишь деталями устройства, а не принципом действия от обычных машин.

Особенно большое сходство имеет огнестрельное оружие с двигателем внутреннего сгорания, где топливо не просто сгорает под котлом с водой, а очень быстро сгорает внутри цилиндра двигателя, подобно пороху внутри ствола винтовки, пулемета или орудия.

Однако, существуют признаки, отличающие огнестрельное оружие от других видов тепловых машин. Первое отличие заключается в скорости, с которой протекают все описанные процессы превращения энергии. Любой вид топлива сгорает значительно медленнее пороха. Выстрел из орудия занимает обычно лишь сотые и даже тысячные доли секунды. И за этот кратчайший промежуток времени порох сгорает, газы расширяются и снаряд или пуля выбрасывается из ствола оружия.

Второе отличие — в прерывности действия оружия. Во всех тепловых машинах поршень после толчка в одну сторону быстро возвращается самой машиной в первоначальное положение, и весь процесс повторяется непрерывно. В оружии же новый заряд и снаряд (поршень) чаще всего закладываются вручную, и даже в автоматах (пулеметы, ружья-автоматы, автоматическая пушка) непрерывная стрельба невозможна, так как нужна смена ленты, обоймы или отдых орудия во избежание перегрева его частей.

Эти отличия несколько затрудняют сравнение действия тепловых машин и огнестрельного оружия, но все же такое сравнение вполне возможно и уместно.

Наиболее интересными показателями всякой машины являются: коэффициент полезного действия и мощность. Вот эти-то показатели мы и попробуем вычислить для некоторых образцов оружия, придерживаясь везде строго физического понимания сути самих показателей. Как увидим дальше, из этого вытекают весьма существенные выводы.

Итак, займемся определением коэффициента полезного действия винтовки, а затем и пушки.

Вспомним, что коэффициентом полезного действия машины называют частное от деления полезной работы машины на полную ее работу. Полезная работа винтовки измеряется энергией, сообщенной ею пуле, а полная работа — расходом энергии пороха. Вот эти две величины и надо вычислить.

Кинетическая энергия пули в момент вылета ее из ствола определяется, как известно, половиной произведения массы пули на квадрат ее скорости или, — заменяя массу весом, делен-

ным на ускорение силы тяжести,— формулой:

$$E = \frac{Gv^2}{2g}.$$

Для нашей винтовки значения числовых данных таковы:

$$G = 9,6 \text{ г} = 0,0096 \text{ кг} \text{ и } v = 880 \text{ м/сек.}$$

Подставив эти данные и числовое значение g в м/сек^2 , получим:

$$E = \frac{Gv^2}{2g} = \frac{0,0096 \times 880^2}{2 \times 9,81} = 383 \text{ кгм},$$

т. е. полезная работа винтовки („дульная энергия пули“) равна 383 кгм.

Теперь определим энергию заряда пороха, равного для винтовки 3,2 г (0,0032 кг). Для этого надо умножить величину заряда на теплотворную способность пороха (очерк 29) и на механический эквивалент теплоты, равный, как известно, 427 кгм/Кал. Последнее означает, что 1 Кал превращается в 427 кгм механической работы. Таким образом получим:

$$0,0032 \times 900 \times 427 = 1\,229,76 \text{ кгм},$$

или, округляя, 1 230 кгм. Это и есть полная работа винтовки при выстреле. Коэффициент полезного действия определится, очевидно, как частное от деления 383 кгм на 1 230 кгм:

$$\frac{383}{1\,230} = 0,31, \text{ или } 31\%.$$

Вот и ответ на нашу задачу. Коэффициент полезного действия винтовки равен 31%, т. е. весьма близок к такому же показателю для двигателя внутреннего сгорания, коэффициент полезного действия которого считают в пределах от 18% (малые газовые двигатели) до 35% (дизель-моторы), а в среднем около 30%.

Близкий к этому результат получается и для всех прочих образцов огнестрельного оружия, причем, как и в машинах, чем крупнее орудие, тем обычно выше его коэффициент полезного действия. Для примера вычислим коэффициент полезного действия 76-миллиметровой пушки. Данные для нее таковы: заряд 0,88 кг; вес снаряда (шрапнель) $G = 6,5 \text{ кг}$; начальная скорость снаряда $v = 588 \text{ м/сек}$. Для простоты расчетов примем g равным 10 м/сек^2 (такая точность здесь вполне достаточна).

Полезная работа этой пушки равна

$$\frac{6,5 \times 588^2}{20} = 112\,366,8 \text{ кгм},$$

а полная работа ее:

$$0,88 \times 900 \times 427 = 338\,184 \text{ кгм}.$$

Следовательно, коэффициент полезного действия равен

$$112\,367 : 338\,184 = 0,332, \text{ или } 33,2\%.$$

Любопытно также, что и сверхдальнобойная пушка, стрелявшая на 120 км, имела коэффициент полезного действия, близкий к 30%, несмотря на относительно очень легкий ее снаряд (очерк 8). Объясняется это тем, что дульная энергия этой пушки была колоссальна, так как скорость, с которой она выбрасывала снаряды, была необычайно велика — более 1500 м/сек.

После проделанных подсчетов нетрудно подойти к определению мощности оружия. Однако, здесь даже с физической точки зрения необходимо сразу различить понятия мощности выстрела и мощности оружия. Для обычных машин и двигателей ограничиваются обыкновенно определением лишь средней их мощности, так как действуют они непрерывно, а мощность отдельного толчка поршня не представляет никакого интереса. Для огнестрельного же оружия интересна не только мощность его как машины, но и мощность отдельного выстрела.

Мощность выстрела определяется, естественно, в единицах работы, отнесенных к секунде, т. е. в технической практике в килограммометрах, деленных на секунду (кгм/сек). Винтовка при каждом выстреле совершает 383 кгм полезной работы, и выстрел происходит в течение $\frac{1}{680}$ сек. Следовательно, мощность выстрела из винтовки очень велика, а именно:

$$383 \text{ кгм} \times 680 = 260\,440 \text{ кгм/сек} = \frac{260\,440}{75} \text{ л. с.} \approx 3\,500 \text{ л. с.}$$

Для 76-миллиметровой пушки мощность выстрела, который происходит в 0,01 сек., получается во много раз большей, а именно она равна 150 000 л. с.

Чтобы понять, как велика эта мощность, надо вспомнить, что известная Волховская гидростанция обладает мощностью в 67 000 л. с., т. е. в два раза меньше, чем мощность выстрела 76-миллиметровой пушки! У крупных же орудий (особенно морских) мощность выстрела еще во много раз больше.

Вот, например, что дает подсчет мощности выстрела из сверхдальнобойной пушки, если считать продолжительность выстрела из нее равной 0,04 сек., начальную скорость 1600 м/сек и вес снаряда 120 кг (оговаривать это приходится потому, что точные данные об этих орудиях отсутствуют).

Дульная энергия этой пушки равна 19 000 000 кгм, следовательно, мощность выстрела ее равна 475 000 000 кгм/сек, или 6 334 000 л. с.

Почти шесть с половиной миллионов лошадиных сил! Подобной мощностью не обладает ни одна из энергетических установок на земном шаре!

На первый взгляд это кажется невероятным. Выстрел даже из небольшой пушки обладает мощностью, в два раза большей, чем одна из крупных электростанций СССР. Но это действительно так: мощность выстрела из всех видов огнестрельного оружия колоссально велика. Поэтому-то, несмотря на развитие

всевозможных машин и применение электричества во всех почти областях техники, порох в артиллерийских орудиях пока остается незаменимым источником энергии. И многие проекты механических и электрических орудий и пулеметов все еще не выдерживают критики по сравнению со старыми, но совершенными образцами огнестрельного оружия.

Однако, характеристика мощности выстрела говорит только о трудностях замены пороха другим источником энергии, но ни в коем случае не о легкости и выгодности замены порохом какого-либо другого источника энергии в обычных машинах и двигателях. Волховская электростанция не может заменить 76-миллиметровую пушку, но само собою разумеется, что и пушка не может заменить Волховской станции. Ведь все, что мы говорили выше, относится к мощности выстрела, а не к мощности орудия как машины. Для суждения о производимой в среднем работе надо знать мощность установки, а тут уже числа будут совсем иные. Выстрел из пушки происходит в 0,01 сек., но это отнюдь не значит, что в одну секунду пушка может выбросить 100 снарядов. Даже у автоматов (пулемет Максима, например) выстрел происходит в $\frac{1}{680}$ сек., а в одну секунду этих выстрелов автомат дает 10. Значит, о мощности машины можно судить, лишь зная практически выполняемую ею работу. Какова же эта мощность для винтовки, пулемета и 76-миллиметровой пушки? Возьмем везде предельную мощность, т. е. максимум, который может дать каждая из этих машин в зависимости от ее конструкции. Считают, что из винтовки, не прицеливаясь, можно выпустить максимум 20 выстрелов в одну минуту, т. е. $\frac{1}{3}$ выстрела в одну секунду, станковый пулемет дает не более 10 выстрелов в одну секунду (600 в одну минуту), а 76-миллиметровая пушка, как и винтовка, до 20 выстрелов в одну минуту, т. е. $\frac{1}{3}$ выстрела в одну секунду. Приняв это во внимание, увидим, что предельная мощность равна:

для винтовки: $383 \text{ кгм} \times \frac{1}{3} \frac{1}{\text{сек}} \approx 127 \text{ кгм/сек} \approx 1,7 \text{ л. с.};$

для пулемета Максима: $383 \text{ кгм} \times 10 \frac{1}{\text{сек}} = 3830 \text{ кгм/сек} = 5,16 \text{ л. с.};$

для 76-миллиметровой пушки: $112366,8 \text{ кгм} \times \frac{1}{3} \frac{1}{\text{сек}} = 37455,6 \text{ кгм/сек} \approx 500 \text{ л. с.}$

Как видим, величины тут скромные и гораздо более отвечающие нашему обычному представлению о мощности машин. Винтовка-машина примерно на 1,5 л. с., пулемет — на 5 л. с. (мотоцикл без коляски имеет мотор примерно такой же мощности) и 76-миллиметровая пушка по мощности подобна самолетному мотору или же машинам товарного паровоза.

Однако, эту мощность в действительности использовать полностью обычно не удается, и все виды огнестрельного оружия в бою дают не больше 50% своей предельной мощности. В этом — еще одно отличие оружия от прочих тепловых машин, в которых можно использовать полную их мощность.

В заключение посмотрим, какие трудности стоят на пути создания механического центробежного пулемета¹⁾, проекты которого появлялись неоднократно, начиная с эпохи зарождения современного огнестрельного оружия и до наших дней. О том, что вопрос этот актуален и в наше время, можно судить хотя бы по заметкам, промелькнувшим в прессе в 1934 г. об изобретении в Японии центробежного пулемета, будто бы во всех отношениях превосходящего современный „порохострельный“ пулемет.

В 1920 г. центробежный пулемет испытывался на Эбердинском полигоне в США и бросал будто бы при 10 000 об/мин. (166 об/сек.) 1200 круглых пуль в одну минуту. Действовал пулемет за счет энергии мотора грузовика, на котором он был смонтирован. Характерно, однако, что с тех пор сведения о нем заглохли и на вооружение пулемет этот не введен.

Теорию устройства именно такого центробежного пулемета мы и рассмотрим.

Прежде всего спросим себя, каковы могут быть выгоды этого пулемета по сравнению с современным? Выгоды эти теоретически весьма значительны. Центробежный пулемет при удачной его конструкции может давать небывалую скорострельность порядка 8 000—10 000 выстрелов в минуту против 600 выстрелов для обычного станкового пулемета. Работать этот пулемет (но не его двигатель) будет без шума и без прочих демаскирующих признаков (вспышки, дымок). Стоимость выстрела, очевидно, будет меньше, так как порох дороже любого вида топлива, необходимого в центробежном пулемете для вращения его диска с помощью двигателя. Таким образом, несомненно есть смысл продумать осуществимость центробежного пулемета.

Теперь постараемся рассчитать возможные основные показатели такого пулемета.

Конструкция его, очевидно, должна представлять собой так или иначе устроенный диск, на ободе которого разложены пули (одна пуля). При быстром вращении диска пули по инерции, а отнюдь не под действием центробежной силы, как это можно подумать по названию пулемета, полетят по линии, касательной к диску, подобно брызгам грязи, слетающим с колес любой быстро движущейся повозки (рис. 104).

Не задаваясь целью рассмотрения конструкции такого пулемета и механизмов, обеспечивающих бросание пуль в нужном направлении, замену израсходованных пуль на диске и т. п. (все это отнюдь не простые проблемы), рассчитаем лишь необходимую скорость вращения диска пулемета, а отсюда и потребную мощность двигателя, приводящего его в действие.

¹⁾ В технике принято называть центробежными все машины и приборы, действующие при вращении основной их части. Об электрическом оружии см. дальше, очерк 59.

Нетрудно сообразить, что начальная скорость пули, брошенной таким пулеметом, будет равна линейной скорости движения крайней точки на ободе диска. Иначе говоря, если мы хотим бросить пулю со скоростью, положим, 1000 м/сек. , то и диск должен вращаться с такой скоростью, чтобы точки обода его двигались со скоростью 1000 м/сек. Отсюда, задаваясь некоторым диаметром диска, можно рассчитать и необходимое число оборотов его в одну секунду.

Действительно, из механики известно, что скорость любой точки при вращательном движении равна длине окружности,

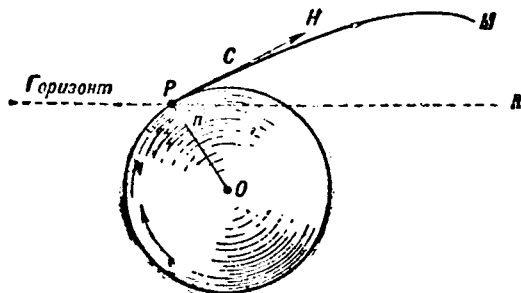


Рис. 104. Движение тела, срывающегося с вращаемого диска. PH — направление скорости C ; PM — траектория тела; r — радиус диска.

деленной на полное время оборота. Число же оборотов в единицу времени, очевидно, есть число, обратное времени оборота.

Для упрощения расчетов зададимся начальной скоростью пули, а значит, и скоростью движения точки обода диска, равной 942 м/сек. (такую скорость мы выбираем для удобства вычислений). Скорость эта весьма

близка к необходимой в действительности, так как „порохострельный“ пулемет дает начальную скорость полета пуль порядка $800\text{—}900 \text{ м/сек.}$

Учитывая условия маскировки и удобство обращения с пулеметом, нужно сделать диаметр диска его не более 1 м. Эту величину мы и принимаем при расчетах, которые при этом также упрощаются.

В результате получим, что число оборотов нашего диска будет равно 942 , деленным на $3,14$ (длина окружности диска диаметром в 1 м.), т. е. 300 об./сек. , или $18\,000 \text{ об./мин.}$

Но сведения о японском центробежном пулемете указывают на сообщаемую им пуле (будто бы) начальную скорость в $3\text{—}4$ раза больше обычной, т. е. порядка $2\,800\text{—}3\,300 \text{ м/сек.}$ Применив и здесь удобное для вычисления число $2\,826$, получим:

$$2\,826 : 3,14 = 900 \text{ об./сек.} = 54\,000 \text{ об./мин.}$$

Насколько велика эта скорость вращения диска пулемета, видно из данных, приведенных выше, в очерке 15. При такой скорости вращения центробежная сила получится также громадная, и удержать пулю на диске до нужного момента будет очень не легко. Подсчет показывает, что пуля весом в 10 г при линейной скорости вращательного движения 900 м/сек. будет давить на удерживающую ее кромку диска диаметром в 1 м

е силой в 1620 кг, т. е. более 1,6 т; при скорости же в 2800 м/сек эта сила будет равна почти 16 т. Такая же центробежная сила будет действовать и на обод диска пулемета. Прочность стали окажется недостаточной для противодействия такой силе. Диск разлетится на куски под действием этой центробежной силы. Опыт показывает, что при диаметре диска в 1 м предельной безопасной скоростью вращения его (с необходимым запасом прочности) является примерно 100—120 об/сек. Следовательно, здесь либо нужен будет материал, значительно более прочный, чем сталь, либо надо будет ограничиться значительно меньшей скоростью вращения диска, а значит, и меньшей начальной скоростью пули. Это тотчас скажется на дальности и меткости стрельбы. Либо, наконец, можно уменьшить диаметр диска, но тогда понадобится вращать его с еще большей скоростью.

Кроме того, даже обеспечив нужную прочность диска, едва ли можно получить такую огромную скорость вращения при обыкновенных подшипниках и без системы их охлаждения. А это в свою очередь вызовет неизбежное утяжеление пулемета, вопреки утверждениям печати о том, что японский пулемет весит 32 кг.

Что же касается возможности получить нужную скорость вращения диска от существующих двигателей, то здесь препятствий нет, но любая система передачи вновь утяжелит пулемет.

Скорострельность пулемета при рассчитанных нами данных также нетрудно получить порядка 9000 выстрелов в минуту, т. е. 150 выстрелов в секунду. Для этого достаточно, чтобы пуля выбрасывалась через каждые 2 или 6 оборотов диска. При 300 и 900 об/сек. соответственно это и дает 150 пуль в секунду.

Так как в первом случае мы взяли данные веса и скорости пули, близкие к существующим у обычных пулеметов (10 г и 942 м/сек), то „дульная“ кинетическая энергия пули, или полезная работа пулемета, получится также близкой к вычисленной нами выше в этом очерке, т. е. порядка 400 кгм. Если и скорострельность взять нормальную — 600 выстрелов в минуту, т. е. 10 выстрелов в секунду, то мощность пулемета получим равной $400 \text{ кгм} \times 10 \text{ }^1/\text{сек} = 4000 \text{ кгм/сек}$, или около 54 л. с. Если же принять скорострельность равной 150 выстрелам в секунду, то мощность центробежного пулемета получится равной $400 \text{ кгм} \times 150 \text{ }^1/\text{сек} = 60000 \text{ кгм/сек}$, т. е. 800 л. с. Принимая во внимание коэффициент полезного действия всей установки, равный 50%, мы получим, что мощность двигателя, приводящего подобный пулемет в действие, должен быть не менее 1600 л. с., т. е. понадобится двигатель, подобный мощной машине паровоза СУ (1300 л. с.). Очевидно, и вес такого двигателя окажется значительным, а размеры его едва ли будут очень удобны для использования на поле боя.

В результате все наши расчеты, если и не отвергают идеи сверхскорострельного центробежного пулемета, то во всяком случае говорят о значительных трудностях его осуществления в таких формах, которые обусловили бы целесообразность замены существующих пулеметов. Все это заставляет подходить с большой осторожностью к сообщениям о центробежных пулеметах. Обычное для многих зарубежных газет стремление к сенсациям зачастую порождает сообщения, содержание которых не подтверждается действительными достижениями.

Вывод отсюда таков, что работать над дальнейшими проектами сверхскорострельных и экономичных пулеметов следует, но одновременно надо улучшать и порох и все виды огнестрельного оружия, которое надолго еще, очевидно, останется основным и незаменимым в войсках.

32. Снова в теплоту

Всякое огнестрельное оружие является тепловой машиной, так как теплота превращается в нем в механическую энергию снаряда (пули). Спрашивается: можно ли получить обратный процесс — превращение механической энергии снаряда (пули) в теплоту? Конечно, можно. И это неизбежно происходит как при движении снаряда (пули) в воздухе, так и особенно при ударе его в преграду. Действительно, преодолевая сопротивление воздуха, снаряд расходует уже значительную часть полученной им при выстреле механической энергии на нагревание окружающего воздуха и самого снаряда.

Нагревание воздуха (благодаря трению и ударам его частичек) на всем пути снаряда, конечно, весьма ничтожно само по себе: здесь энергия рассеивается, распределяясь на большом пространстве.

Нагревание же снаряда (пули) в полете получается довольно значительное. У пуль со свинцовыми сердечниками (очерк 12, рис. 37) оно вызывает иногда даже расплавление и вытекание свинца в полете, что свидетельствует о нагревании пули до температуры 327° (точка плавления свинца). Однако, последнее случается редко, лишь при стрельбе на самые большие дальности, когда пуля долго подвергается нагреванию в полете. Но во всех случаях снаряд и пуля в полете бывают весьма горячими (температура выше 100°); дотронувшийся до пули немедленно после падения ее на землю неизбежно обожжется. Поэтому, когда раненные пулей или небольшим осколком снаряда, рассказывая об ощущениях в момент ранения, говорят о впечатлениях о жог а, они верно определяют не только обманчивое вообще чувство, но и физическую суть явления. Пуля „прижигает“ рану, и это спасает немало жизней, так как почти устраняет возможность заражения через грязь на пуле, на одежде и на коже раненого.

Но еще больше теплоты выделяется в момент удара снаряда (пули) в твердую преграду или при пробивании им этой преграды (рис. 105).

Мы здесь остановимся на наиболее интересном с точки зрения физики случае удара свинцовой (хотя бы шрапнельной) пули в твердую броню (броневомобиля, танка).

Предположим, что пуля не пробьет броню (это и нормально для обыкновенной свинцовой пули) и даже не помнет ее. Свинец неупруг, значит, и на сжатие его энергия расходоваться не будет, а трата энергии на изменение формы незначительна. Таким обра-

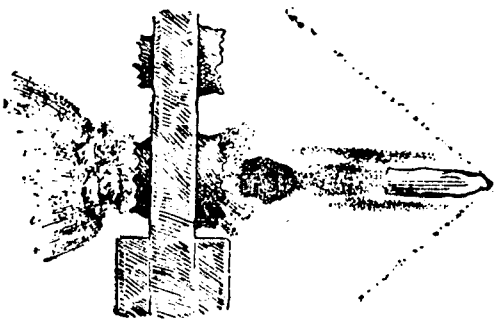


Рис. 105. Пробивание брони пулей (с фотографии).

зом, в этом случае почти вся механическая энергия движения пули при мгновенной остановке ее должна превратиться в теплоту. Вспомнив, что механический эквивалент теплоты равен 427 кгм/Кал , а тепловой эквивалент работы $0,0024 \text{ Кал/кгм}$, или $2,4 \text{ кал/кгм}$, мы можем точно определить, насколько должна нагреваться пуля при ударе в броню.

Решим эту задачу для шрапнельной пули весом в 20 г ($0,02 \text{ кг}$), имеющей скорость в момент удара в броню 200 м/сек , т. е. обладающей в момент удара кинетической энергией 40 кгм .

Один килограммометр работы соответствует $2,4 \text{ кал}$; следовательно, если вся механическая энергия пули превратится в теплоту, то мы получим в момент удара $2,4 \times 40 = 96 \text{ кал}$.

Теперь надо вспомнить о теплоемкости свинца, которая равна $0,03$. Значит, чтобы нагреть 1 г свинца на 1° , надо затратить $0,03 \text{ кал}$. На нагревание же 20 г на 1° понадобится, очевидно, $0,6 \text{ кал}$. При ударе выделилось 96 кал , следовательно, пуля при ударе нагреется (если не считаться с потерями тепла) на 160° , так как $96 : 0,6 = 160$.

Как видно, нагревание получилось весьма значительное, несмотря на малую скорость движения пули (мы взяли всего 200 м/сек). Однако, нетрудно сообразить, что в нашем примере пуля не расплавится, так как на одно лишь расплавление 20 г свинца нужно затратить 120 кал (скрытая теплота плавления свинца равна 6 кал/г).

Совсем другие результаты получим, решая ту же задачу для пуль, обладающих большой скоростью в момент удара. Пусть та же пуля весом в 20 г имеет скорость 500 м/сек . Тогда ее кинетическая энергия будет равна 250 кгм , что в переводе на теплоту даст 600 кал .

Тут уже с большим избытком хватит теплоты на нагревание свинца до точки плавления и на расплавление его (120 кал); в самом деле:

$$600 - 120 = 480; \quad 480 : 0,6 = 800.$$

Следовательно, теперь пуля получает такое количество тепла, которое способно повысить температуру ее на 800° (!), что, очевидно, невозможно, так как при 327° свинец плавится; а если учесть, что пуля до удара уже имеет температуру обычно не ниже 100°, то совсем очевидным становится неизбежное расплавление ее, несмотря на все потери тепла и неполный переход механической энергии пули в теплоту (часть энергии затратится на нагревание брони и воздуха и на нарушение формы брони и пули).

Теперь нам должно быть понятно, почему обыкновенные ружейные пули плавятся при ударе в броню танков и бронеавтомобилей и разлетаются в виде брызг расплавленного свинца, иногда поражая ими водителей и стрелков танка сквозь смотровые щели. В дальнейшем (очерк 43) мы познакомимся со средствами защиты танкистов от этих „брызг“ пуль.

Любопытно, что в боях у озера Хасан японские солдаты щедро осыпали наши танки обыкновенными пулями, рассчитывая пробить их (японских солдат уверяли, что в СССР танки фанерные...). В результате танки возвращались из боя блестящими, как серебряные гривенники: они были покрыты слоем свинца от плавившихся при ударе пуль. Прочная советская броня, конечно, нисколько от этого не страдала.

ЗВУК

33. Звуки войны

Голос человека, а также большинство звуков, возникающих у поверхности земли, распространяются едва лишь на 1—2 км, и даже самые сильные звуки — сирены парохода, маяка или для подачи сигнала воздушной тревоги — бывают слышны обычно не далее 25 км.

Совсем другое дело „звуки войны“, т. е. выстрелы артиллерийских орудий, взрывы больших запасов взрывчатого вещества или разрывы снарядов и фугасных авиабомб — некоторые из этих звуков распространяются на расстояние до сотни километров. Неудивительно поэтому, что наши привычные понятия о распространении звуков в воздухе для звуков войны оказываются часто неверными.

Все мы привыкли, например, считать, что звук распространяется прямолинейно, и если мы слышим звук паровозного свистка в точке *Б* (рис. 106), то всякий, находящийся в точке *А*, непременно этот звук услышит и, конечно, раньше нас.

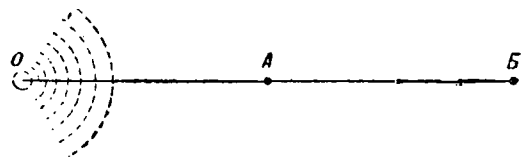


Рис. 106. Прямолинейное распространение звука. *О* — источник звука; *А* и *Б* — наблюдатели.

Оказывается, что для звуков войны это вовсе необязательно. Много раз наблюдали необъяснимое на первый взгляд явление, когда артиллерийская канонада отчетливо была слышна за 150—200 км, а в 30 км от места боя люди даже не подозревали о происходящей оглушительной стрельбе. Специальные наблюдения показали еще более удивительные явления. Так, например, 11 августа 1916 г. наблюдатели, удаленные на 15,5 км, слышали выстрелы крупнейшего орудия, а когда через 10 минут те же наблюдатели расположились в 12,5 км от орудия, они ровно ничего не слышали и сначала даже подумали, что орудие перестало стрелять, а между тем стрельба продолжалась, и ничто за эти 10 минут, кроме расстояния, не изменилось.

Таким образом, и наблюдения, и опыты установили наличие так называемых зон молчания, или звуковой тени, т. е. таких участков, на которых у поверхности земли звуки не слышны, несмотря на то, что они распространяются значительно дальше.

Специальное изучение акустики орудия и снарядов, организованное впервые во Франции во время мировой войны 1914—1918 гг., показало, что секрет этого явления заключается прежде всего в искривлении звуковых волн, происходящем благодаря отражению и преломлению их в атмосфере.

Можно было бы предположить, что в чистом, прозрачном воздухе звуки должны распространяться прямолинейно. В действительности это далеко не так. В прозрачном для света воз-

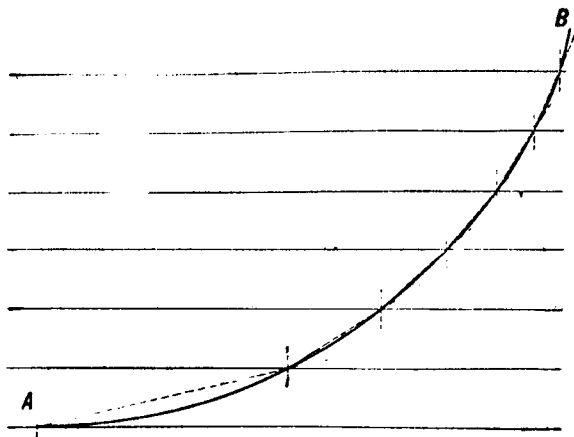


Рис. 107. Преломление звука в слоях воздуха разной плотности (плотность воздуха уменьшается с увеличением высоты). А — источник звука; АВ — кривая пути звука (направление „луча“).

духе имеются различные по свойствам слои и токи, которые образуют как бы акустические облака. В одном месте образуется сильный восходящий ток воздуха, в соседнем участке, наоборот, — нисходящий. На границах этих токов и остального воздуха и между токами звуковые волны частью отражаются, а частью преломляются, и в результате слышимость за этим участком оказывается весьма плохой: звук рассеивается акустическим облаком. Даже температура воздуха меняется непрерывно, обычно понижаясь по мере увеличения высоты слоя воздуха над землей, хотя бывают и обратные случаи. Меняется и плотность воздуха с высотой. Значит, и звуковые волны, переходя из слоя в слой, должны преломляться (рис. 107, 108, 109).

Ветер также оказывает влияние на распространение звуковых волн. У поверхности земли ветер обычно имеет несколько меньшую скорость (благодаря трению воздуха о землю), чем

в верхних слоях, причем скорость изменяется постепенно, от слоя к слою. Благодаря этому звуковые волны также могут загигаться и распространяться криволинейно. Вблизи земли ветер особенно определенно влияет на дальность распространения звука. Все знают, что по ветру звуки слышны дальше и

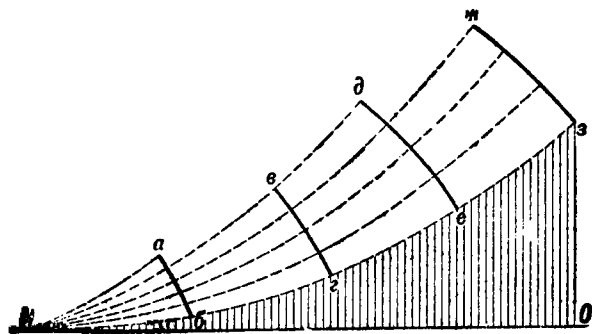


Рис. 108. Преломление звука в слоях воздуха различной температуры (температура понижается с увеличением высоты). *И* — источник звука; *аб, вг, де* и т. д. — фронт звуковой волны; заштрихованный участок *ИО* — звуковая тень.

лучше, чем против ветра¹⁾. Когда же звуковые волны направляются под некоторым углом вверх, то здесь возможен обратный случай: если противоположный звуку ветер все время уменьшается с высотой, то он не только не уменьшает, но даже увеличивает дальность распространения звуковых волн, претерпевающих при этом преломление.

В результате всех этих несколько необычных явлений получается, что звуковые волны, идущие параллельно земной по-

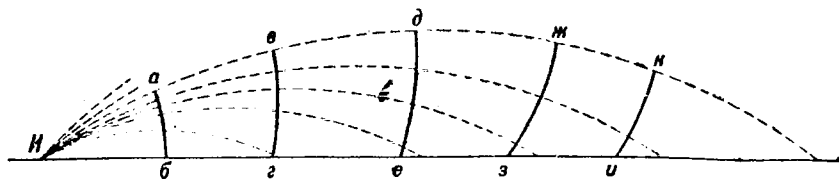


Рис. 109. Преломление звука в слоях воздуха различной температуры. Случай, когда температура повышается с увеличением высоты: *И* — источник звука; *аб, вг* и т. д. — фронт звуковой волны.

верхности, обычно быстро поглощаются и рассеиваются акустическими облаками и далеко не распространяются. Иногда же, когда температура сначала понижается с увеличением высоты, а затем повышается (явление это называют *инверсией*), звуковые волны, поднявшиеся на некоторую высоту, загигаются вниз и на некотором расстоянии вновь достигают поверхности

¹⁾ При этом главную роль играет не наличие ветра, а изменение его скорости с высотой.

земли. Очевидно, что здесь звук будет силен, а в некоторой промежуточной зоне образуется зона молчания, и там звук слышен не будет (рис. 110).

Чтобы понять сущность акустических облаков, приведем пример, показывающий резкое отличие их от обычных облаков. В горах, когда облака находятся низко и часто даже касаются вершин, звуки слышны лучше, чем в долине, и распространяются обычно дальше. И наоборот, в ясный, солнечный день, когда воздух кажется идеально прозрачным, звуки

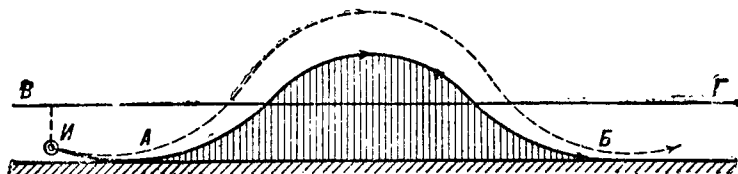


Рис. 110. Преломление звука в слоях различной температуры. Случай, когда температура до высоты $BГ$ понижается, а выше — повышается. $И$ — источник звука; $АБ$ — направление звукового луча. Заштрихованный участок — звуковая тень.

распространяются плохо, так как воздух наполнен акустическими облаками, образованными токами воздуха, резкими различиями в температуре его соседних слоев и т. п.

Неоднородная акустическая прозрачность воздуха имеет большое значение во всех измерительных работах для определения места, откуда исходит звук, а такие работы, как увидим дальше (очерки 35 и 37), весьма полезны именно на войне, где очень часто только по звуку и можно определить место стояния артиллерийских орудий или направление на летящий ночью самолет. Если не учесть возможных случаев отражения и преломления звуковых лучей, результат всех таких измерений может оказаться совершенно неверным.

34. Свист пули и шипение снаряда

Выше мы разобрали особенности распространения „звуков войны“; теперь же посмотрим, как и отчего эти звуки образуются. Отчего свистят, шипят и воют пули, снаряды и авиабомбы? Почему жужжат осколки снарядов? Каков звук выстрела из орудия и как отличить его от звука,двигающегося вместе со снарядом? На все эти вопросы можно ответить, познакомившись с некоторыми основами акустики орудий и снарядов.

Начнем с того, что обычно больше всего волнует неопытных бойцов и жителей городов, подвергающихся воздушным налетам, — со свиста пуль, снарядов и авиабомб. Для этого прежде всего посмотрим, как происходит движение снаряда, пули и авиабомбы в воздухе (рис. 111)¹⁾. Движущийся снаряд

¹⁾ Этот же вопрос частично разобран в очерке 4 (рис. 13).

(пуля, авиабомба) гонит частицы воздуха перед собой, образуя конусообразную волну сгущения (рис. 111 и 112). Эту волну принято называть снарядной или баллистической¹⁾.

Такие же волны образуют все выступы на снарядах („ведущие пояски“). Колебания воздуха вызываются также вращением снарядов и пуль вокруг своей оси. Кроме того, у снарядов (особенно старой формы, не имеющих скошенной донной части), а также у авиабомб, благодаря наличию стабилизатора, за их дном образуются завихрения, так как воздух устремляется в разреженное пространство, образующееся за снарядом (за бомбой). Вот эти-то вихревые явления и служат главным источником свиста, вернее шипения, снарядов, авиабомб и пуль. Это шипение напоминает звук вырывающейся сильной струи пара. Специаль-

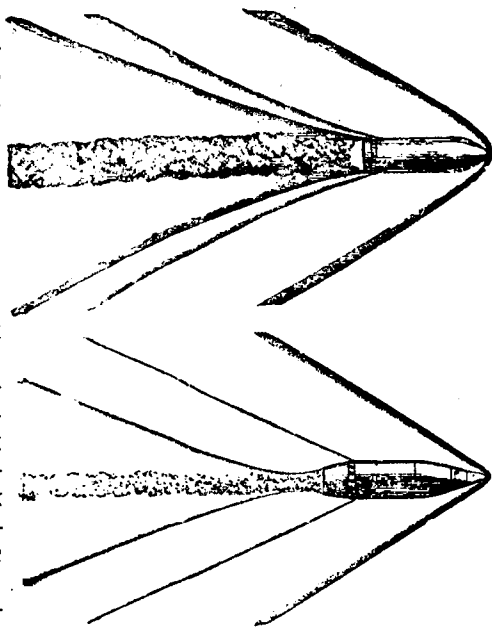


рис. 111. Явления, сопровождающие движение снаряда в воздухе: сверху — снаряд старой формы; внизу — дальнобойный.

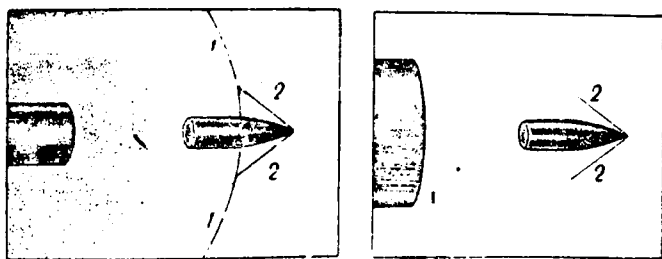


рис. 112. Дульная и баллистическая волны (с фотографий); слева — без звукоглушителя, справа — со звукоглушителем. 1 — дульная волна; 2 — снарядная (баллистическая) волна.

ные опыты показали, что новые пули и дальнобойные снаряды

¹⁾ Баллистика — наука о движении снарядов в воздухе и в канале ствола орудия. Слово происходит от греческого „балло“ — бросать. Подробнее о происхождении и распространении баллистических волн см. дальше, очерк 35.

удобообтекаемой формы (очерк 7), т. е. заостренные спереди и имеющие скошенную донную часть, вовсе не свистят или свистят очень слабо.

Свист усиливается еще колебаниями оси снаряда (бомбы), которая во время полета не сохраняет постоянного положения, а периодически отклоняется в стороны. Снаряд как бы дрожит, порождая тем самым звуки, похожие на стрекотание кузнечика. Особенно заметны эти звуки в начале полета, когда колебания оси снаряда наибольшие; к концу же полета, перед падением, остается обычно лишь шипение благодаря вихревым явлениям позади снаряда.

Итак, свист снарядов, авиабомб и пуль порождается самими снарядами, бомбами и пулями и движется вместе с ними, распространяясь затем во все стороны, как всякий звук.

Очень важно решить, можно ли слышать свист приближающегося снаряда, бомбы или пули и использовать звуковые ощущения в целях своевременного укрытия или уклонения от поражения. Что перегоняет: звук пулю или пуля звук? звук снаряда или сам снаряд? звук бомбы или бомба? Решить это не трудно, так как скорости движения снарядов, бомб и пуль известны. Известна и скорость распространения звука в воздухе. В среднем ее можно принять равной 330 м/сек.

Ружейная пуля, вылетающая со скоростью 880 м/сек, через одну секунду на расстоянии примерно в 600 м имеет скорость 500 м/сек (вспомните о влиянии сопротивления воздуха), через две секунды на расстоянии около 1000 м скорость ее равна 350—380 м/сек и лишь на расстоянии в 1,5 км (очень дальний огонь) скорость пули снижается до 250—290 м/сек. Таким образом, в большинстве случаев, т. е. при стрельбе примерно до 1 км, скорость пули больше скорости звука в воздухе. А если так, то, очевидно, свист пули нельзя услышать раньше, чем пролетит сама пуля. Свист пули можно слышать лишь тогда, когда она пролетит мимо и уходит от наблюдателя. Только на самых дальних расстояниях, почти на излете, можно услышать свист приближающейся пули, но и то звук дойдет до наблюдателя лишь на доли секунды раньше, чем сама пуля.

Вывод из всего этого очевиден: свист пуль ничуть не помогает бойцам в деле защиты или уклонения от пуль. И те, кто по неопытности или инстинктивно кланяются пулям, бессознательно этими поклонами благодарят стрелков противника за промах, так как в момент поклона пуля уже пролетела мимо кланяющегося... Поклоном от пули никогда не отделаешься. Надо уметь защищать себя иначе и прежде всего стараться быть незаметным для врага, используя для укрытия от пуль всякий бугорок, всякую складку местности.

В подтверждение всего сказанного напомним еще один интересный закон физики, который позволяет определить, дви-

жется ли тело по направлению к наблюдателю или от него. Известно, что тон звука повышенный в случаях приближения источника звука к наблюдателю и, наоборот, пониженный при удалении источника звука от наблюдателя (принцип Доплера). Можно доказать, что если бы можно было слышать свист приближающейся пули, то мы непременно должны были бы при этом слышать повышение тона. В действительности этого не наблюдается. Кто слушал „музыку боя“, тот хорошо знает, что свист пуль всегда кажется понижающимся и, начинаясь резкой, очень высокой нотой, заканчивается глухим, низким шипением.

Все сказанное о пулях верно и для снарядов многих образцов артиллерийских орудий, особенно для тех из них, которые называют пушками и которые сообщают снарядам большую начальную скорость полета. К таким орудиям относится, в частности, и наша 76-миллиметровая пушка. Начальная скорость ее снаряда, как мы неоднократно уже отмечали, равна примерно 600 м/сек. Пролетев 1 км, снаряд этой пушки имеет еще скорость около 420 м/сек, а пролетев 2 км — 340 м/сек. Дальше скорость снаряда несколько меньше скорости звука, но примерно до 4 км разница в скоростях столь незначительна, что свист (шипение) снаряда лишь на доли секунды опережает момент его разрыва.

Как видим, и тут свист не предупреждает об опасности, и чаще всего слышат его люди, над которыми снаряд уже пролетел. Значит, и здесь тон свиста понижающийся, что знают все, кто бывал на артиллерийских наблюдательных пунктах.

Совсем другое дело, когда стреляют гаубицы и минометы, у которых начальная скорость снарядов обычно не превышает скорости звука, а в середине пути значительно меньше скорости звука.

Здесь удаленный наблюдатель слышит сначала звук выстрела из орудия (так называемая дульная волна) и тотчас вслед за ним — повышающийся звук свиста снаряда. Если снаряд падает, не долетев до наблюдателя, то свист до конца полета снаряда будет повышающимся. Если же снаряд пролетает над головой наблюдателя и падает за ним, то с некоторого момента тон свиста перестает повышаться, несколько мгновений остается постоянным и затем начинает понижаться. Происходит все это по вполне понятным причинам. Если снаряд имеет скорость меньшую, чем скорость звука, то звук выстрела обгоняет его и приходит к удаленному наблюдателю иногда на несколько секунд раньше. Свист снаряда также опережает снаряд, предшествует ему. Обычно он слышен не сразу после выстрела лишь потому, что свист много слабее и распространяется не более чем на 2—3 км, в то время как выстрел слышен за десятки, а иногда больше чем за 100 км.

Совершенно очевидно, что свист снаряда может оказать большую подмогу бойцам, предупреждая их о грядущей опасности. В первую мировую империалистическую войну, когда многие бойцы сражались по 2—3 года подряд, они так научились распознавать „звуки войны“, что могли спокойно обедать на открытом воздухе вблизи прочных закрытий (убежищ) во время обстрела места их расположения. Зная заранее по изменению тона звука, куда должен упасть приближающийся снаряд, люди либо быстро скрывались в убежище, либо спокойно продолжали обед, уверенные, что снаряд пролетит мимо. Конечно, возможно это было в случаях редкой стрельбы постоянно одних и тех же орудий, так как в пылу боя трудно не только определить, куда летит снаряд, но даже и услышать тонкие различия в высоте свиста.

Теперь обратимся к авиабомбам и вспомним (очерк 4), что скорость в конце падения их чаще всего бывает неизменной (предельной для данной бомбы) и значительно меньшей, чем скорость звука. Лишь для очень крупных бомб (250 кг и более), для баллистических тяжелых бомб и при бомбометании с пикирования конечная скорость движения бомб зависит от высоты сбрасывания или от скорости пикирования самолета и оказывается близкой, но не большей, чем скорость звука. Так, например, бомба, удобообтекаемой формы весом в 250—500 кг, сброшенная с высоты в 6 000 м, имеет конечную скорость падения, близкую к скорости звука. При меньшей же высоте сбрасывания скорость бомбы всегда будет меньше скорости звука.

При пикировании самолет может развить скорость до 270 м/сек; следовательно, и сброшенная им бомба будет иметь не бóльшую скорость, т. е. опять-таки меньшую скорости звука.

Отсюда следует вывод, что звук свиста бомбы в большинстве случаев может помочь укрыться от нее, так как он предшествует бомбе, хотя иногда и на весьма малый промежуток времени. При некотором опыте и тут, как и для снарядов гаубиц и мортир, можно приближенно определять, куда (с какой стороны) упадет бомба и насколько близко к наблюдателю. В нужном случае можно успеть лечь на землю или укрыться в подъезд, за стену здания и т. п.

Германские фашисты иногда используют свист авиабомб для запугивания бомбардируемых солдат и населения городов. С помощью специального приспособления к фугасной или зажигательной бомбе они заставляют ее при падении издавать очень сильный, резкий звук, подобный вою сирены. Такие „воющие“ или „моральные“ бомбы первое время оказывали сильное воздействие на психику людей, подавляя их, вызывая панику, лишая их возможности соображать, а следовательно, и укрываться от этих бомб. Такое приспособление может быть очень простым, например трубка из плотного картона с отверстиями или из листового металла с деревянным носком у открытого конца

трубки. По данным прессы, у воющих бомб, сброшенных на Лондон, такая трубка имела диаметр 37 мм и длину 225 мм.

Очевидно, что знающий и не поддающийся панике человек по звуку воющей бомбы еще точнее определит направление ее падения и спокойно, если надо, укроется от нее.

В заключение отметим, что звук свиста (воя) падающей авиабомбы всегда слышен наблюдателю на земле повышающимся, так как бомба всегда приближается сверху к наблюдателю, а скорость падения ее никогда не уменьшается, а чаще увеличивается при приближении к земле.

В этом очерке мы показали, как звуки войны иногда шутят с неопытными людьми. Свистящая пуля, т. е. пуля, свист которой мы слышим, всегда уже безопасна для нас, ибо она пролетела мимо. А завывающие все выше и выше снаряд или бомба часто бывают очень опасны, и надо уметь во-время от них укрыться.

35. Звуковые дальномеры

Знание скорости распространения звука позволяет иногда довольно точно решать задачи на определение расстояния до звучащего тела или до сплошной преграды для звуковых волн.

Такой способ определения расстояний имеет существенное значение на войне, где другие, более точные приемы не всегда доступны.

Вот некоторые простейшие примеры.

Наблюдатель видит вспышку выстрела орудия и, скажем, через 3 секунды после этого слышит звук этого выстрела. Очевидно, что стреляющее орудие удалено от наблюдателя примерно на 1 км, так как можно считать, что свет в данных условиях распространяется мгновенно, а скорость звука в воздухе близка к $\frac{1}{3}$ км в секунду.

Пусть разрыв шрапнели (очерк 1) будет слышен через 2 секунды после появления облачка этого разрыва в небе. Очевидно, что разрыв произошел на расстоянии 660—670 м от наблюдателя.

Допустим, что при стрельбе в гористой местности стреляющие слышат эхо своих выстрелов через 2 секунды после выстрелов. Нетрудно сообразить, что расстояние от стреляющего до отражающей звуки горы равно 330—335 м.

Во всех этих примерах, как видим, необходимо точное измерение времени в секундах, поэтому важнейшим прибором, основой всех звуковых дальномеров, является секундомер. При точных измерениях приходится учитывать не только секунды, но и доли их, по крайней мере до десятой части (в 0,1 секунды звук проходит около 33 м).

Второе, что надо учесть для большей точности измерений,— это изменение скорости звука в воздухе в зависимости

от его плотности, температуры и влажности. Особенно заметны эти изменения в связи с повышением и понижением температуры. Оказывается, что скорость звука при 0° в сухом воздухе равна 331,6 м/сек, при -20° она будет 319,7 м/сек, при $+20^{\circ}$ достигает 343,5 м/сек и т. д. Существует общая приближенная формула, позволяющая вычислить скорость звука при любой температуре (по Цельсию).

Формула эта имеет такой вид:

$$c = 331,6 + 0,6 t^{\circ} \text{ м/сек},$$

т. е. при повышении температуры на 1° скорость звука увеличивается на 0,6 м/сек.

Особый и весьма любопытный случай определения расстояния представляет собой способ вычисления глубины моря с помощью учета отраженных дном звуков. Для этого в воде у борта корабля помещают источник звука и чувствительный приемник звука. Затем точно отмечают время, затраченное звуком на распространение от источника до дна и обратно. Полученное число секунд делят пополам и умножают на скорость звука в воде (в среднем она равна 1500 м/сек).

Точно так же можно определить высоту полета самолета над поверхностью земли, что очень важно при полете в облаках (в тумане) над гористой или сильно пересеченной местностью, когда высотомер (альтиметр) не удовлетворяет своему назначению, так как показывает высоту либо над уровнем моря, либо над аэродромом, но не над участком, находящимся в данный момент под самолетом. Такие приборы, основанные на учете отражения звука, называют эхолотами.

Однако, все приемы измерения расстояний по звуку с помощью секундомера не могут отличаться особой точностью, так как орган слуха человека — ухо — и скорость передачи слухового ощущения от уха в мозг и „приказания“ из мозга мышцам — так называемая скорость реакций человека — у разных людей различны. Один наблюдатель остановит секундомер через 0,1 секунды после того, как звук фактически дойдет до его уха, а другой проделает это лишь через 0,2 секунды. В пылу боя, когда кругом свистят пули и рвутся снаряды, тем более нельзя рассчитывать на приблизительное однообразие работы даже одного и того же наблюдателя. Кроме того, в бою в данное время редко стреляет лишь одно орудие или одна батарея. А когда наблюдатель слышит много звуков выстрелов, то нетрудно ошибиться и спутать их, что приведет, конечно, к грубым ошибкам. Наконец, самое важное — это чрезвычайная трудность отличить иногда звук выстрела (дульную волну) от звука летящего снаряда (баллистической волны).

Чтобы разобраться в этом весьма важном и интересном вопросе, придется остановиться на нем несколько подробнее.

Начнем с того, что принято называть звуком выстрела. При выстреле вслед за снарядом из ствола оружия вырываются

пороховые газы, которые очень сильно повышают давление воздуха у дула оружия. Кроме того, эти газы представляют собой продукт неполного сгорания пороха, и поэтому, соединяясь с кислородом воздуха, они быстро сгорают, образуя как бы второй взрыв, еще усиливающий повышение давления воздуха у дула оружия. В результате получается резкий избыток давления, а вслед за этим объем сгоревших пороховых газов резко уменьшается и образуется недостаток давления. Эти-то избыток и недостаток давления и составляют волну, которую называют дульной волной (рис. 113).

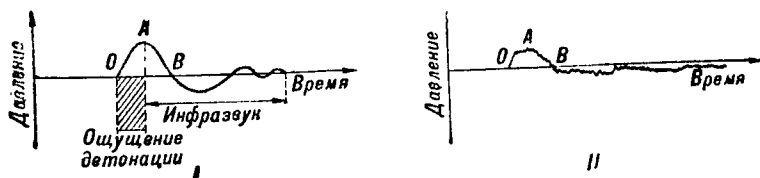


Рис. 113. Запись дульной (I) и баллистической (II) волн прибором. OA — начальная фаза, воспринимаемая как звук.

Вследствие упругости воздуха дульная волна порождает звуковые колебания, которые распространяются во все стороны со скоростью звука.

Однако, дульная волна и порожденные ею звуковые колебания отличаются от обычных звуковых волн. Обычные звуки не сопровождаются резким изменением давления, звук же выстрела, как мы видим, характерен именно этим; поэтому он и вызывает так называемое ощущение детонации, т. е. совершенно особенное ощущение, отличное от обычных звуков и схожее с ощущением, получаемым, например, в бане при подаче пара, когда люди иной раз ясно слышат звук, очень похожий на выстрел. Происходит это потому, что при поливании нагретых камней горячей водой последняя быстро превращается в пар, что и сопровождается резким изменением давления.

От резкого изменения давления при выстрелах из орудий вылетают стекла из окон близко расположенных домов.

Кроме того, звук выстрела интересен еще тем, что как звук он ощущается только в начальной фазе (рис. 113), дальше же изменение давления происходит сравнительно медленно, и частота колебаний получается меньше предельной, воспринимаемой ухом человека, т. е. меньше 16 колебаний в секунду. Такие колебания (меньше 16 в секунду), не доступные уху, называют инфразвуками по аналогии с инфракрасными лучами¹⁾, не воспринимаемыми глазом. Как показали многочисленные опыты, дульная волна порождает, главным образом, именно инфразвуки, изучать и улавливать которые можно лишь на

¹⁾ „Инфра“ значит ниже, не доходя.

приборах, учитывающих изменение давления. Так, отдаленную канонаду иногда вовсе не слышно на открытом воздухе (так как резкость начального изменения давления с расстоянием сглаживается), но ее отлично можно слышать в закрытом помещении благодаря дрожанию стекол в окнах (на них действует и медленно нарастающее давление, создающее разность между давлением вне и внутри закрытого помещения).

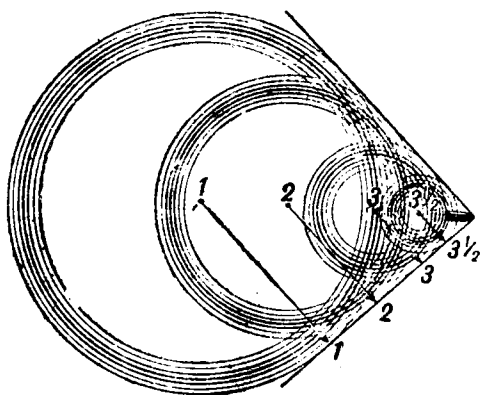


Рис. 114а. Образование волн при скорости снаряда, большей скорости звука. 1, 2, 3 и т. д.— положения снаряда в 1-ю, 2-ю и т. д. секунды и соответствующие этому звуковые волны.

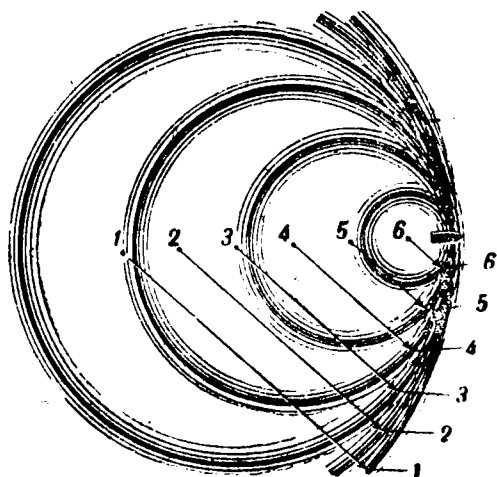


Рис. 114б. Образование волн при скорости снаряда, равной скорости звука. 1, 2, 3 и т. д.— положения снаряда в 1-ю, 2-ю и т. д. секунды и соответствующие этому звуковые волны.

Теперь посмотрим, как образуется и распространяется баллистическая (снарядная) волна. Снаряд в каждой точке своего пути толкает перед собой частицы воздуха, уплотняя воздух в два-три раза против нормального состояния; иначе говоря, уплотненный снарядом воздух давит во все стороны с силой в 2—3 ат. Если бы снаряд мгновенно перестал двигаться, то образовавшееся сгущение воздуха все равно неизбежно, в силу упругости воздуха, стало бы распространяться во все стороны, подобно всякой звуковой волне, т. е. уплотнение воздуха передалось бы соседним участкам атмосферы, а на месте этого уплотнения образовалось бы разрежение. Таким образом, частицы воздуха пришли бы в колебательное движение, что и является, как известно,

причиной звука. То же происходит и при непрерывном движении снаряда. В каждой точке его пути образуются звуковые волны. Но мощная волна образуется лишь на внешней границе всех волн, полученных при движении снаряда (рис. 114),

где складываются волны от ряда соседних точек. Дальше же за снарядом, благодаря явлению интерференции¹⁾, волны почти гасят друг друга, и с ними можно не считаться. Поэтому баллистической волной и называют головную (внешнюю) волну, получающуюся благодаря движению снаряда.

Воспринимается баллистическая волна как очень резкий звук удара, подобный хлопанию бича. При этом давление воздуха изменяется очень быстро (рис. 113), но на весьма незначительную величину, в десятки раз меньшую, чем при дульной волне. Ощущение же звука баллистической волны благодаря быстрому изменению давления получается очень близкое к ощущению звука выстрела, и ухом почти невозможно отличить их друг от друга. Также не отличаются их и звукоприемники в виде мембран, потому что разницы в давлениях они не учитывают.

В заключение нашего знакомства с акустикой орудия и снарядов необходимо отметить, что дульная волна, т. е. звук выстрела, имеет для нас значение всегда, из какого бы оружия ни производилась стрельба. Баллистическая же волна образуется лишь в случаях, когда скорость снаряда хотя бы на некотором участке его траектории больше скорости звука в воздухе.

Действительно, если снаряд вылетает из ствола со скоростью, меньшей скорости звука (рис. 114в), то образуемые при движении его волны всегда находятся одна в другой и все вместе внутри дульной волны, которую они, следовательно, не перегоняют. Поэтому волны эти не складываются друг с другом, и снаряд свистит, шипит, но не вызывает той сравнительно мощной звуковой волны, которую мы назвали баллистической.

Чаще всего снаряды в начале своего пути имеют скорость, большую скорости звука (у пушек и многих гаубиц), а затем теряют скорость, и баллистическая волна предшествует

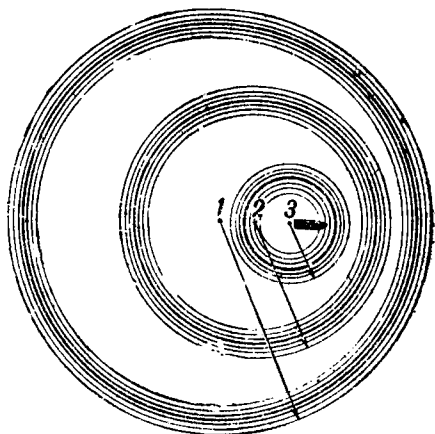


Рис. 114в. Образование волн при скорости снаряда, меньшей скорости звука.

¹⁾ Интерференция (от латинских слов — „интер“ — между и „феро“ — несус) — явление наложения звуковых или иных волн, имеющее место в случаях, когда одновременно в одном месте распространяется несколько систем волн. Благодаря интерференции звуки то усиливаются, то ослабляются в зависимости от совпадения гребня одной волны с гребнем или впадиной другой волны.

вует снаряду. Предшествует она также и дульной волне. В результате наблюдатель, удаленный от орудия, воспринимает сначала баллистическую волну, а затем — дульную, причем ему кажется, что он слышит как бы два выстрела.

Все это заставило искать более совершенных способов определения расстояний по звуку. После довольно долгих усилий и опытов такой способ нашли, и выгоды его оказались даже больше, чем можно было предполагать вначале. Вот перед нами (рис. 115) любопытнейший документ, показывающий и принцип

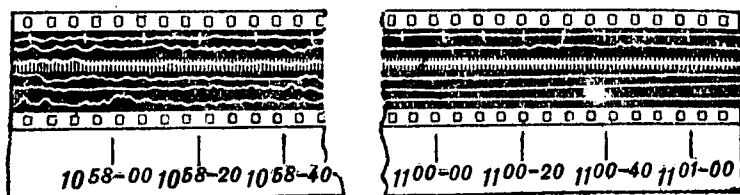


Рис. 115. Кусок ленты американской звукометрической станции от 11 ноября 1918 г. За одну минуту до начала перемирия (11 часов) и одну минуту после перемирия.

этого способа и важный исторический момент. На фильме, подобном фильму киноаппарата, звукометрическая станция автоматически записывала светлыми линиями все принимаемые ею „звуки первой мировой войны“. И вот на левом кусочке пленки, за одну минуту до начала перемирия (11 ноября 1918 г.), виден ряд волнообразных кривых, каждый изгиб которых представляет собой регистрацию звуков: выстрела или взрыва снаряда, или приема баллистической волны. Война еще продолжалась, и тысячи снарядов несли смерть или увечье сотням трудящихся, втиснутым в узкие, мрачные окопы и убежища. А вот правый кусочек пленки — первая минута после начала перемирия: все линии прямые, на фронте настала почти полная тишина, какой бойцы не слышали уже четыре года...

На уменьшенной фотографии фильма видно, что регистрацию звуков можно было вести с точностью до десятых и даже сотых долей секунды: цифры под ней обозначают число часов, минут и секунд, а промежуток между секундами достаточно велик, чтобы можно было точно измерить десятые и сотые доли секунды.

Но с помощью каких же приборов удалось произвести такую точную и полную запись всех звуков войны? В настоящее время приборы эти очень сложны, и мы не можем описать их здесь подробно¹⁾. Схема же действия их может быть понята из описания одного из простейших опытных приборов.

¹⁾ Краткое понятие об этих приборах дано в очерке 54, в главе „Электрический ток“, так как основой их являются электрические звукоприемники.

Большой сосуд C (рис. 116) заполнен воздухом и сообщается с наружным воздухом через очень узкую (капиллярную) трубку K . Внутри сосуда находится ряд металлических раковин P_1, P_2, P_3 и т. д. большого диаметра с чрезвычайно тонкими волнообразными стенками. Все раковины сообщаются друг с другом и с наружным воздухом через достаточно широкое отверстие O . К основанию нижней раковины прикреплен стержень AB , связанный наверху с пишущим прибором ab .

При обычных, очень медленных, изменениях давления воздуха прибор остается в покое, так как давление одинаково изменяется внутри раковин и во всем сосуде. При бы-

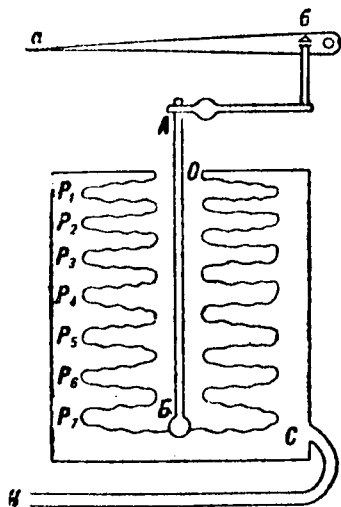


Рис. 116. Схема простейшего манометрического звукометрического прибора.

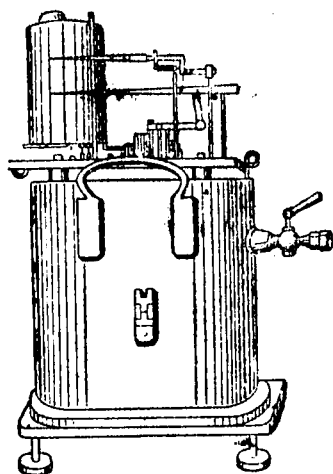


Рис. 117. Внешний вид простейшего звукометрического прибора.

стрых же изменениях давления, которыми сопровождаются звуковые (слышимые и не слышимые ухом) волны, система раковин деформируется, так как давление внутри них изменяется, а давление в сосуде C остается почти неизменным.

При быстром увеличении давления раковины растягиваются, стержень AB опускается и тянет за собой пишущий прибор, конец стрелки которого поднимается, зачерчивая на подвижном барабане (рис. 117) кривую линию, идущую вверх. При следующем за этим понижении давления раковины вследствие упругости и под влиянием большего давления в сосуде C сжимаются, стержень AB поднимается, а перо на конце стрелки ab опускается вниз. В результате дульная волна орудия, т. е. звук выстрела, запишется на приборе известной уже нам крив-

вой (рис. 118). Для записи во времени барабан вращается часовым механизмом, и, кроме того, особый прибор отмечает на нем секунды (верхняя стрелка на рис. 117).

Подобный звукометрический прибор, кроме точной регистрации звука выстрелов, позволяет безошибочно отличить дульную волну от баллистической. Так же отчетливо прибор показывает, стреляет ли в данный момент одно и то же или разные орудия (рис. 119 и 120). Характер кривых для каждого орудия остается неизменным, разные же орудия дают совершенно различные кривые. Само собой разумеется,

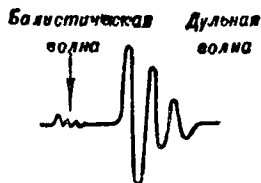


Рис. 118. Запись волн звукометрическим прибором.

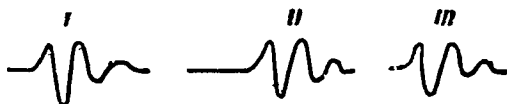


Рис. 119. Запись волн трех выстрелов из одной пушки.

что и разрыв снаряда даст иную кривую, чем выстрел из орудия, и кривые эти опять-таки будут различны для различных снарядов. Таким образом, прибор позволяет записывать все существенные звуки войны, отмечая, какой именно звук в какой момент достиг прибора. Это дает возможность звукометрическим станциям достаточно точно определять расстояния

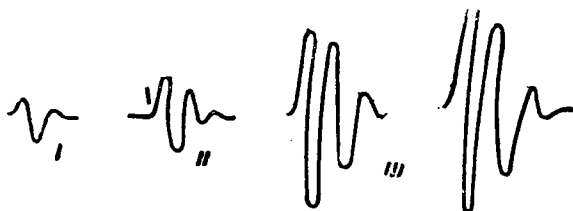


Рис. 120. Запись волн выстрелов из четырех различных пушек. I — 14-сантиметровой; II — 16-сантиметровой; III — 24-сантиметровой; IV — 27-сантиметровой.

до стреляющих орудий и до места разрыва собственных снарядов. И так как станций всегда несколько, то они могут, не видя вспышек орудий, засечкой определить их положение. Для этого достаточно лишь нанести на карту (на планшет) место стояния зву-

кометрических приборов и построить направления на источник звука (рис. 121). На пересечении двух таких направлений находится искомое орудие. Положение линий определяется по разности времен приема звука двумя или тремя станциями.

Прежде, когда по звуку определяли место стояния орудия лишь с помощью уха человека и простого секундомера, можно было обмануть противника, производя ложную стрельбу холостыми патронами где-либо вблизи от действительно стреляющего орудия. Подобные действия называют звукомаскировкой. Однако, и теперь метод определения расположения

орудия по звуку с помощью секундомера находит себе применение благодаря своей простоте и обычно достаточной точности при условии засечки как звуков выстрелов наблюдаемого неприятельского орудия, так и звуков разрывов своих снарядов.

Современные приборы, подобные описанному выше, позволяют достаточно четко отличать дульную волну холостого выстрела от дульной волны боевого выстрела (разный заряд пороха), и звукомаскировка ложной стрельбой становится почти бесцельной.

Но это еще не значит, что звукомаскировка вообще ныне неприменима. Вот, например, что сообщили в 1938 г. газеты ¹⁾

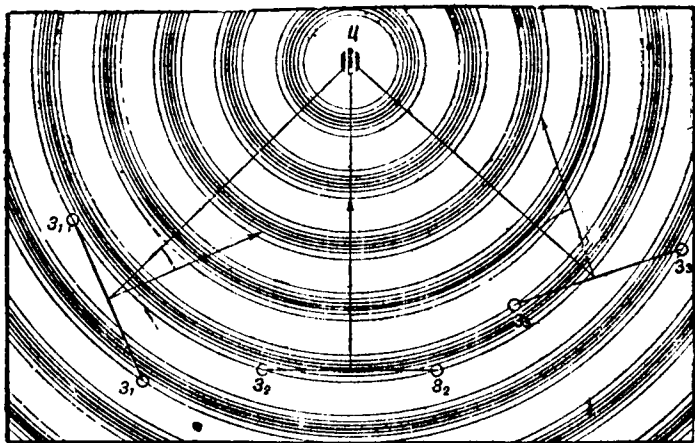


Рис. 121. Схема определения местонахождения источника звука засечкой с трех пар звукоприемников. Ц — звучащая цель; З₁ — З₃ — звукоприемники.

об изобретении во Франции прибора „звукового камуфляжа“ (о принципе камуфляжа см. очерк 48). Суть этого изобретения заключается в записи на тонфильме звуков современного боя на учебных полях (полигонах), где можно стрелять из обычных орудий боевыми зарядами и снарядами. С помощью сверхмощных усилителей и репродукторов такой тонфильм, по мысли изобретателя, может ввести противника в заблуждение, воспроизводя звуки боя и заставляя противника предполагать наличие орудий там, где их нет, и в количестве, резко отличном от действительного. На практике подобный прием звукомаскировки не вышел себе применения, так как в маневренной войне применить его вообще трудно. Нечто подобное, но значительно проще организованное, применяют иногда фашисты для обмана и морального воздействия на обороняющегося. Так, в одном из боев Отечественной войны у нашего подраз-

¹⁾ „Красная звезда“ № 126 от 4 июня 1938 г.

деления, защищавшего одно селение, создалось впечатление, что фашисты обстреливают его из пулеметов почти со всех сторон. Однако, когда был уничтожен один вражеский пулемет, тотчас замолчали и все остальные. Оказалось, что рядом с этим стреляющим пулеметом были установлены микрофоны, а в ряде других мест — только радиорепродукторы, связанные проводами с этими микрофонами: они и создавали видимость множества пулеметов, окружающих нашу позицию.

Таким образом, звуковая маскировка, в частности обман с помощью искусственно воспроизводимых звуков, уже применяется в современной войне, что надо учитывать и с чем надо уметь бороться.

Во всяком случае, звуковая разведка остается и сейчас мощным и важным средством артиллерийской разведки, позво-

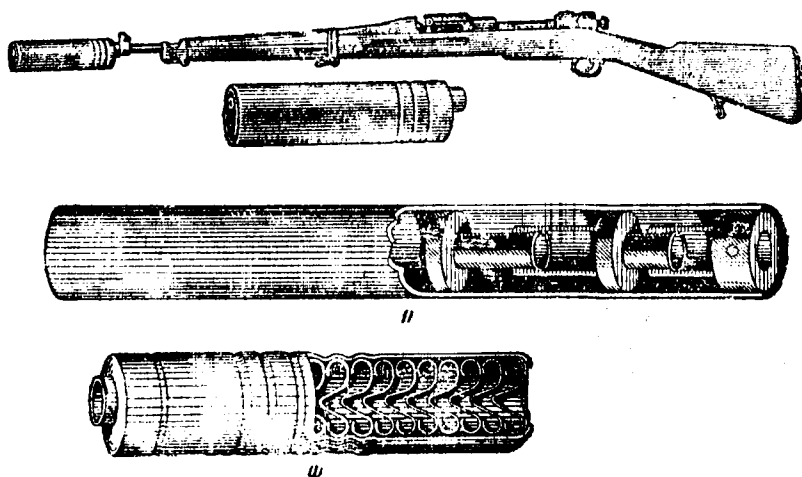


Рис. 122. Звукоглушитель на американской винтовке. I — внешний вид; II и III — внутреннее устройство.

ляющим быстрее и точнее парализовать действия артиллерии противника.

Однако, и тут, как и во всех других областях военной техники, новое средство, препятствующее скрытности действия артиллерии, порождает тотчас противодействие этому средству. После войны 1914—1918 гг. во всех странах широко применяются дульные тормоза (очерк 21), которые одновременно являются в известной степени и звукоглушителями, т. е. приборами, ослабляющими силу звуков выстрелов из оружия. Имеются попытки применять и специальные звукоглушители (рис. 122 и 123), которые уменьшают силу звука выстрела из орудий на 40—50%, а есть сведения, что из пулеметов и винтовок — даже на 80%. Влияние подобного звукоглушителя на явление выстрела показано отчасти на рис. 113, из правой части

которого видно, что дульная волна благодаря звукоглушителю исчезла.

Какое значение имеют звукоглушители для борьбы со звуковой разведкой, нетрудно понять, если вспомнить, что дальность распространения звука пропорциональна его силе, а сила воспринимаемого звука обратно пропорциональна квадрату расстояния до его источника. Звук, ослабленный благодаря звукоглушителю в четыре раза, очевидно, может быть услышан лишь с расстояния, примерно в два раза меньшего, что требует приближения звукометрических постов к противнику, а следовательно, значительно затрудняет их работу.

Принцип действия одного из видов звукоглушителей нетрудно понять, если мы вспомним устройство дульных тормозов (рис. 70) и разобранные выше образование дульных волн. Всякий дульный тормоз изменяет направление пороховых газов, вылетающих из ствола при выстреле, причем газы выбрасываются не компактной массой, а отдельными струями через узкие каналы в стороны. Естественно, что при этом избыток давления получается в большем объеме воздуха и поэтому значительно меньший по величине. С другой стороны, и сгорание пороховых газов в воздухе получается одновременное и рассеянное. Понятно, что и дульная волна (звук выстрела) получается более слабой по сравнению с обычной для данного оружия.

Такие звукоглушители носят название глушителей с распылением. Кроме них, специальные типы глушителей, пока применяемые лишь в стрелковом оружии, делают „с отсечкой газов“ и с „расширением“.

В глушителях первого типа дуло оружия тотчас после вылета снаряда (пули) из ствола закрывается при помощи особых приспособлений, т. е. пороховые газы „отсекаются“ от снаряда и затем медленно расходятся, не вызывая уже сильного возмущения воздуха.

В глушителях второго типа газам, выходящим из ствола, предоставляется в глушителе некоторый значительный объем, в котором они, расширяясь, охлаждаются и теряют часть своей энергии, что и ведет к ослаблению звука.

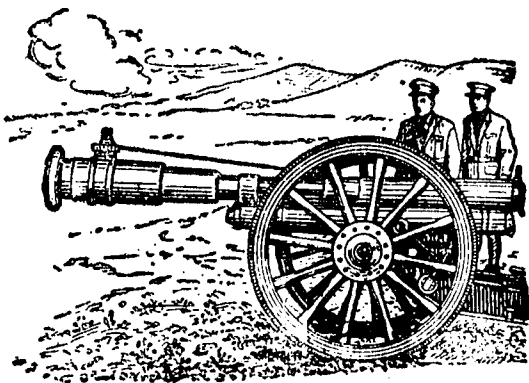


Рис. 123. Звукоглушитель на орудии.

Ухо, как и прочие органы наших чувств, не является абсолютно совершенным „прибором“, что мы и видели выше при рассмотрении приемов определения расстояния по звуку. Однако, ухо человека все же в известных пределах обладает весьма высокой чувствительностью. Посмотрим же, какие из особенностей нашего органа слуха важны на войне.

Начнем с чувствительности уха к звукам различной силы. Всякий знает, что мы слышим не все звуки и что многие животные (например, собака) слышат такие слабые звуки, которые мы не воспринимаем. Однако, и наше ухо способно воспринимать весьма слабые звуки, в особенности от 1 000 до 5 000 колебаний в секунду. Такие звуки, если они даже несут энергию меньше 0,000 000 000 1 эрга на квадратный сантиметр в секунду, все еще воспринимаются нормальным ухом. А эрг, как известно, — мельчайшая единица работы, равная работе силы в 1 дину (соответствует силе тяжести, равной 1,02 мг) на пути в 1 см. Для очень же низких и очень высоких звуков „порог слышимости“ значительно больше и достигает 100 эрг/см² сек.

Важна ли, вообще говоря, чувствительность уха на войне? Очевидно, весьма важна. Человек, способный воспринимать более слабые звуки, лучше справится с разведкой ночью, когда главное значение имеет слух. Такой человек раньше услышит приближение самолета по звуку его мотора и с большего расстояния может отличить звуки выстрелов. Поэтому развитие чувствительности слуха важно для всех бойцов. Достигается оно исключительно упражнением. Для специалистов-слухачей при звукоулавливателях (очерк 37) очень важна также одинаковая чувствительность обоих ушей, что встречается у людей далеко не часто. Чувствительность уха к силе звуков называют остротой слуха.

Гораздо менее важна на войне способность точно различать высоту тонов звуков, или так называемая верность слуха. Это свойство имеет значение лишь для специалистов-слухачей, которым нужно уметь отличать тон звука одного самолета от другого.

Кроме чувствительности к изменению силы и высоты звука, на войне весьма важно умение различать звуки по их тембру (оттенку). Эта способность дает возможность различать похожие звуки выстрелов разных орудий и разрывов их снарядов, шум мотора самолета от шума мотора автомобиля или двигателя станции, шелест веток деревьев при ветре от шелеста веток под ногами крадущегося человека и т. п.

Наконец, чрезвычайно существенна на войне способность человека выделять какой-либо звук из ряда ему сопутствующих, т. е. слуховое внимание. В шуме боя нужно уметь

быстро схватывать свои условные звуковые сигналы или, не смотря на грохот выстрелов, нужно, не отвываясь, слушать только звук самолета и т. п.

До сих пор мы говорили о свойствах, связанных с чувствительностью одного уха, но на войне громадное значение приобретает еще свойство определять направление на источник звука, которое объясняется совокупным действием пары ушей. Эта способность человека называется бинауральной¹⁾. Прислушиваясь и поворачивая голову в стороны, нормальный человек довольно точно определяет направление на источник достаточно сильного и не очень высокого звука. Объясняется это, главным образом, способностью воспринимать промежуток времени между приходом звука к одному и к другому уху. Оказывается, наши уши учитывают разность времени восприятия звука до 0,00003 сек., т. е. тогда, когда разница в пути звуковых волн составляет всего лишь 10 мм. Очевидно, что одновременно двумя ушами мы услышим лишь звук, источник которого очень от нас удален или находится прямо перед нами. Когда человек воспринимает раньше правым ухом, он знает, что источник звука справа от него, а поворачивая голову до тех пор, пока звук не будет казаться прямо перед ним, человек может достаточно точно определить направление на источник звука.

Чтобы при этом использовать определенное слухачом направление для прожекторов и зенитных орудий, надо, очевидно, знать угол между направлением на самолет и каким-либо постоянным условным направлением, например на север (такой угол называют азимутом), и, кроме того, угол между направлением на самолет и плоскостью горизонта (угол места цели). Все это можно определить, если слухача посадить в кресло, вращающееся как в горизонтальной, так и вертикальной плоскостях, причем углы поворота кресла измерять по специальным лимбам.

Англичане, обороняя в 1914—1915 гг. Лондон от налетов германских дирижаблей и самолетов, до изобретения специальных приборов — звукоулавливателей (очерк 37), так и делали. Слепые слухачи (у слепых слух, как известно, значительно острее), поворачивая кресло, определяли направление (азимут и угол места) на самолет с точностью до 3°.

Бинауральной способностью обладают не все люди в одинаковой степени, и больше всего зависит она от однородности восприятия обоих ушей. Чем более одинакова чувствительность обоих ушей, тем точнее человек определяет направление по звуку.

Ухо человека — весьма чувствительный и хрупкий „прибор“. Чтобы оно исправно и хорошо работало, что очень важно на войне, прежде всего надо уметь беречь его свойства.

¹⁾ От латинских слов „бине“ — пара и „аурис“ — ухо.

Наибольшую опасность для уха представляют очень сильные и резкие звуки, особенно из ряда тех, которые сопровождаются резким изменением давления воздуха. Это изменение давления может порвать барабанную перепонку, и тогда человек, очевидно, оглохнет, лишаясь вовсе слуха. Но если такие звуки и не порвут барабанной перепонки, то постоянное воздействие их на нее постепенно сделает ухо весьма мало чувствительным к слабым звукам. Человек не оглохнет совсем, но станет как бы полуглухим, — он будет слышать только очень сильные звуки. Чтобы этого не случилось, надо беречь уши, предохраняя их от воздействия звуков такой силы, на какую ухо человека не рассчитано. Беречь уши важно в особенности артиллеристам, постоянно подвергающимся сильному действию звуков выстрела орудия, а также летчикам и танкистам, работающим под непрерывный резкий шум (стук) моторов. Для этого проще всего вкладывать в уши небольшие кусочки ваты, которые предохраняют барабанную перепонку от возможного прорыва или порчи ее. Можно также открывать рот в момент выстрела: при открытом рте благодаря евстахиевой трубе давление на барабанную перепонку с обеих сторон остается одинаковым, а значит и повреждение уха невозможно. Но обе эти меры предохранения несколько понижают боевые качества бойцов. Вложенная в ухо вата заглушает, очевидно, все звуки, и бойцы с ватой в ушах хуже слышат команды, могут вовсе не услышать звука мотора самолета или танка, приближающихся к батарее, и т. п. Открывание рта в момент выстрела отвлекает внимание бойцов от их работы, и очень часто это будет сделано либо не вовремя (значит, не предохранит ухо), либо в ущерб вниманию к командам. Поэтому естественно стремление найти такие технические средства, которые, предохраняя уши, не влияли бы в то же время на работу бойцов и командиров.

В настоящее время для защиты ушей от сильных звуков, имеется уже ряд аппаратов, называемых антифонами, обтюраторами, глушителями или предохранителями. Некоторые образцы их показаны на рис. 124. Судя по опытам, лучшим из них является антифон типа глушителя (рис. 124, А), действие которого подобно действию всякого глушителя (автомобильного, описанного выше орудийного и т. п.). Эбонитовые чашечки этого прибора вставляют в уши, плотно закрывая их слуховые проходы. В чашечке имеется всего лишь четыре узеньких канала, направленных в стороны и прикрытых от засорения навинтованной эбонитовой гайкой, оставляющей узкий проход между концами чашечки и своими внутренними стенками. Звуковые волны, перед тем как попасть в ухо, неизбежно устремляются в антифон и, проходя чашечку его, рассеиваются и ослабляются, так как должны пробираться сквозь узкие каналы, направленные в разные стороны. Резкое изменение давления (ощущение детонации) со-

всем не передается сквозь такие узкие каналы. До барабанной перепонки резкие сильные звуки доходят заглушенными, а обычные звуки, в частности команды и разговорная речь, с антифоном слышны почти так же, как и без него.

В других приборах (рис. 124, Б и В) диафрагма из слюды заглушает (ослабляет) все звуки, предохраняя барабанную перепонку от повреждения. И наконец, в приборе, показанном на рис. 124, Г, обычные звуки свободно достигают барабанной перепонки, проходя вокруг диафрагмы; сильный же и резкий звук (детонация) толкает диафрагму, заставляя ее сжать пружину, чем достигается полная изоляция уха от звука: затем пружина вновь отталкивает диафрагму на свое место и открывает отверстие для обычных звуков.

Однако, антифоны все же не дают возможности при постоянном оглушительном шуме переговариваться между собой экипажам танков и самолетов. Кроме того, шум моторов вызывает и при наличии антифонов раздражение нервной системы и быстрое утомление летчиков и танкистов. Здесь уже надо не только заглушить шум, т. е. защитить от него уши, но и сделать уши, несмотря на окружающий шум, чувствительными для голоса человека. До-

стигается это различными приборами; иногда прибор попутно служит вообще для связи; с некоторыми из этих приборов мы познакомимся позднее, в главе „Электрический ток“ (очерк 55). Здесь же остановимся на простейшем приборе, получившем название танкофона, так как предназначен он для переговоров в танках, в которых нет телефонной связи. Очевидно, возможно применение его на двухместных или многоместных самолетах, опять-таки в случае отсутствия там электрических средств связи.

Танкофон (рис. 125 и 126) — это в сущности система рупоров и наушников, связанных переговорными трубками. Наушники танкофона укреплены в матерчатом или кожаном шлеме (рис. 126), плотно облегающем голову танкиста. Резиновые чашки наушников плотно облегают уши и изолируют их от внешнего шума. От наушников отходят короткие металлические изогнутые трубки, которые гибкой резиновой

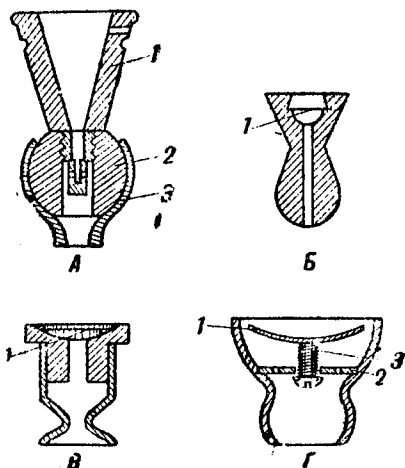


Рис. 124. Антифоны для ушей. А — тип глушителя: 1 — чашечка; 2 — гайка; 3 — резиновая трубка; Б и В — с мембраной: 1 — мембрана из слюды; Г — обдуватель: 1 — подвижная перегородка; 2 — неподвижная перегородка; 3 — пружинка.

трубкой соединяются с рупородержателем. Рупор, тоже резиновый, прикреплен к тройнику металлических трубок, с помощью которого и переговорных трубок (резиновых) он соединен с другим танкофоном и со своими наушниками. Внутри рупородержателя имеет особую заслонку, открывая и закрывая которую можно включать и выключать прибор для передачи или приема речи. При закрытой заслонке свой рупор выключен, и, следовательно, внешний шум в систему танкофона не проникает, но наушники остаются соединенными с переговорной трубкой и позволяют принимать речь. Открывая

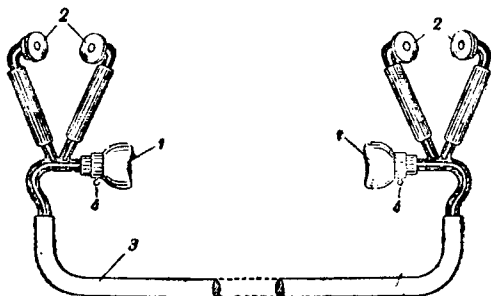


Рис. 125. Схема танкофона. 1 — рупор; 2 — наушники; 3 — переговорные трубки; 4 — ключ к заслонке.



Рис. 126. Внешний вид танкофона в действии.

же заслонку, соединяют свой рупор с переговорной трубкой для передачи речи. Такими танкофонами можно соединить двух или трех переговаривающихся (в последнем случае через тройник); для большего числа людей они уже неудобны.

Системой переговорных трубок широко пользуются также на морских и речных кораблях, соединяя ими командный пост с машинным, рулевым и другими отделениями. Но здесь уже трубки металлические и заканчиваются не индивидуальными приборами, а рупорами, расположенными на стене или где-либо вблизи лиц, передающих и принимающих команды. Роль переговорных трубок в этом случае заключается лишь в направлении звуковых волн и воспрепятствовании рассеиванию звуковой энергии, что и позволяет ясно слышать команду на значительном расстоянии, несмотря на окружающий шум (например, в машинном отделении).

37. Звук — предатель самолета

По мере того как совершенствуются старые и появляются новые средства техники нападения на войне, совершенствуются и появляются новые средства защиты. Когда самолеты стали новым грозным оружием, тотчас появились и средства борьбы с ними как в воздухе, так и с земли. Одним из важнейших наземных средств противовоздушной обороны (ПВО) является

зенитная артиллерия, т. е. такие пушки, которые приспособлены для стрельбы по быстро движущимся высоко в воздухе самолетам (очерк 60). Зенитная артиллерия в сочетании с другими средствами обороны может сделать дневные налеты воздушного врага весьма рискованными. Так и было одно время в период первой мировой войны. Тогда самолеты стали летать ночью. Но и тут оборона не отстала от нападения и дала до десятка образцов звукоулавливателей или, иначе, акустических пеленгаторов, которые быстро и достаточно точно находят самолет по звуку, помогая прожекторам (очерк 41) поймать его в луч света, после чего уже артиллерия может стрелять не хуже, чем днем. В дальнейшем звукоулавливатели стали применять и днем, чтобы быстрее, более точно и с дальнего расстояния определять положение самолета, скрытого облаками, искусственным дымом или просто невидимого вследствие удаленности.

Обычно звукоулавливатели основаны на бинауральной способности человека (очерк 36), т. е., главным образом, на способности различать разность времен восприятия звука каждым ухом. Но для увеличения чувствительности восприятия слабых и удаленных звуков уши человека вооружают парой больших рупоров (рис. 127). Каждый из рупоров, собирая звуковые волны, тем самым усиливает звук, входящий в ухо, а значительное расстояние между рупорами (2—3 м, т. е. в десятки раз больше, чем между ушами, расстояние между которыми равно 15—16 см) увеличивает разность времен восприятия звука ушами и тем самым тоже способствует увеличению расстояния,

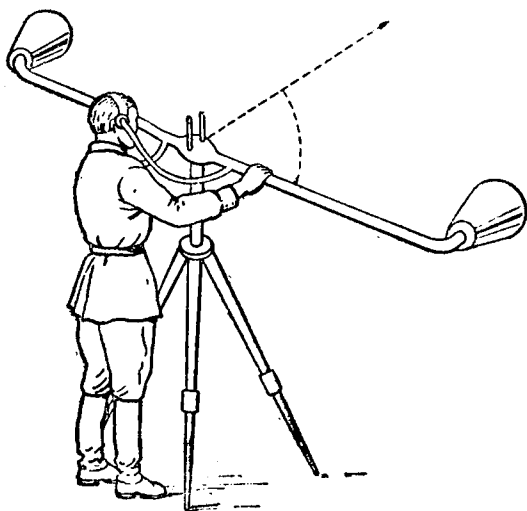


Рис. 127. Идея устройства рупорного звукоулавливателя-пеленгатора.

с которого можно определять направление на источник звука. Наблюдатель (слухач), вращая планку прибора, в конце концов находит такое ее положение, при котором он чувствует звук как бы сзади головы (в затылке). Такое положение называют затылочным равновесием; когда оно достигнуто, планка перпендикулярна звуковому лучу и направление на источник звука найдено. Чтобы отсчитывать это направление, которое для

движущегося самолета все время меняется, к планке прикрепляют стрелку, а под ней помещают лимб с делением на градусы и минуты.

Однако, для самолета мало знать направление на него по горизонту (азимут), нужно еще знать и высоту его над землей (угол места). Поэтому все приборы этого типа имеют две пары рупоров (рис. 128), каждую из которых обслуживает отдельный слухач. Горизонтальная пара рупоров позволяет опреде-

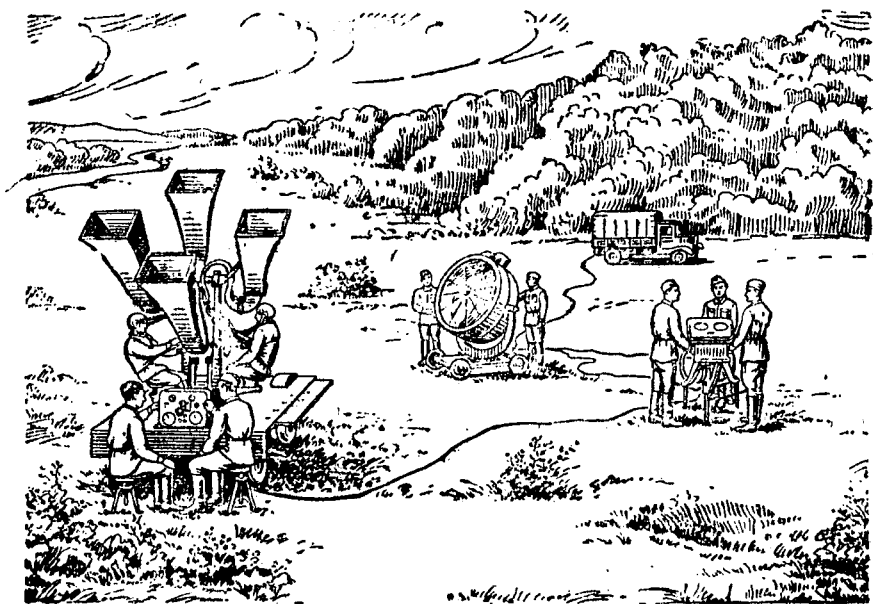


Рис. 128. Тяжелый рупорный звукоулавливатель-пеленгатор, образующий вместе с зенитным прожектором и постом управления (справа) систему „Прожзвук“.

лять азимут, а вертикальная — угол места самолета. Специальный наблюдатель, „читатель“ показаний стрелок на лимбах, все время сообщает их телефонисту, который в свою очередь передает их прожектористам, освещающим самолет. В настоящее время для ускорения и уточнения совместной работы звукоулавливателя с прожектором и орудиями их связывают синхронной передачей (очерк 60). Подобные звукоулавливатели-пеленгаторы имеются различных конструкций (рис. 128), но принцип их действия в основном подобен описанному выше; дальность действия их равна 10—15 км и точность составляет 0,5—2°, в зависимости от расстояния.

Так как самолет все время быстро движется, а звук распространяется не мгновенно, очевидно, что показания звукоулавливателя никогда не соответствуют положению самолета в данный момент. Кроме того, на распространение звука от

самолета влияет ветер, и надо учитывать расстояние звукоулавливателя от прожектора (рис. 129). Чтобы избежать сложных вычислений, каждый хороший прибор имеет автоматический счислитель поправок (так называемый корректор), который в зависимости от предполагаемой скорости самолета и известной скорости звука для данного времени сразу дает необходимые поправки или готовые данные о действительном положении самолета.

Кроме описанных звукоулавливателей-пеленгаторов, имеются еще звукоулавливатели-подслушители, задачей которых является лишь грубое определение направления на приближающийся самолет (с точностью от 3 до 10°) для предупреждения об этом частей противовоздушной обороны. Такие звукоулавливатели обычно основаны на принципе максимума звука и состоят из одного большого рупора или сферического или параболического зеркала (рис. 130 и 131). Вращая рупор или параболоид, останавливают их в тот момент, когда звук достигает наибольшей силы. Для рупора и для параболоида этот момент наступает тогда, когда ось их направлена на источник звука, так как рупор в этом положении захватывает максимум энергии звуковых волн, а у параболоида все звуковые лучи собираются в его главном фокусе, в котором и помещен звукоприемник.

Существуют и иные типы звукоулавливателей-пеленгаторов и иные принципы звукоулавливания. Иногда звукоприемниками и у них служат параболоиды (рис. 132), а звукопроводами вместо резиновых трубок — подвижные эллипсоиды; иногда же звукоприемниками служат микрофоны, поэтому о таких звукоулавливателях мы расскажем в главе „Электрический ток“ (очерк 54). Однако, чаще всего встречаются рупорные звукоулавливатели, один из образцов которых показан на рис. 128.

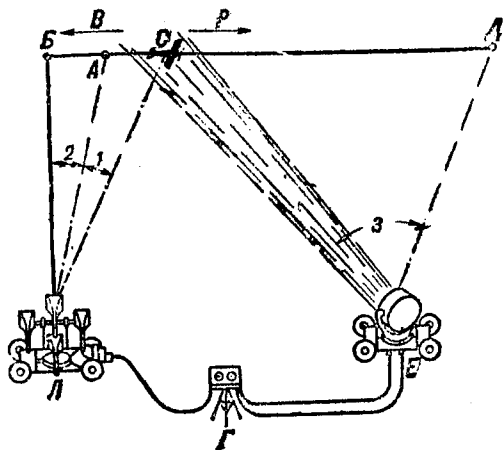


Рис. 129. Схема, показывающая необходимость поправок к показаниям звукоулавливателя. Л — звукоулавливатель; Г — пункт управления; Е — прожектор; А и С — положения самолета; Р — направление движения самолета; В — направление ветра; ЛБ — направление звукоулавливателя в момент засечки самолета из-за относительного звука ветром на величину АВ и перемещения самолета из точки А в точку С за время распространения звука от А до Л; ЕД — направление прожектора, параллельное направлению звукоулавливателя, исправляющему запаздывание звука и на ветер; 1, 2 и 3 — угловые поправки: на запаздывание звука (1), на ветер (2) и на отстояние прожектора от звукоулавливателя (3).

Подобно тому, как звукометрические приборы вызвали в ответ звукоглушители на орудиях, звукоулавливатели толкнули конструкторов к изобретению глушителей для авиа-

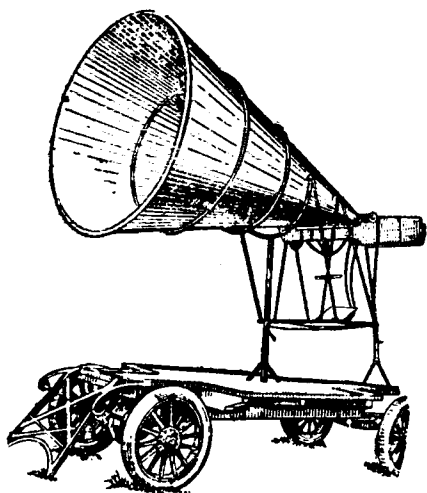


Рис. 130. Рупорный звукоулавливатель-подслушиватель.

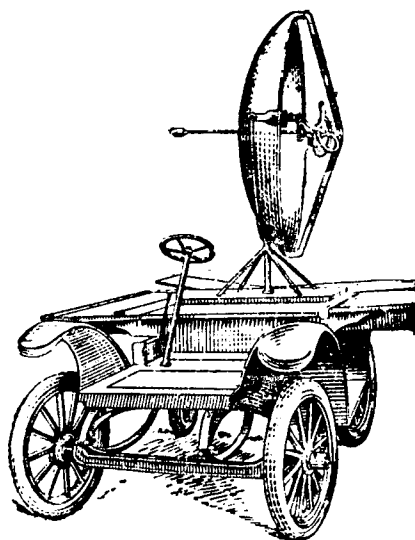


Рис. 131. Параболоидный звукоулавливатель-подслушиватель.

ционных моторов. На первый взгляд вопрос кажется чрезвычайно простым. Ведь имеются же теперь отличные зву-

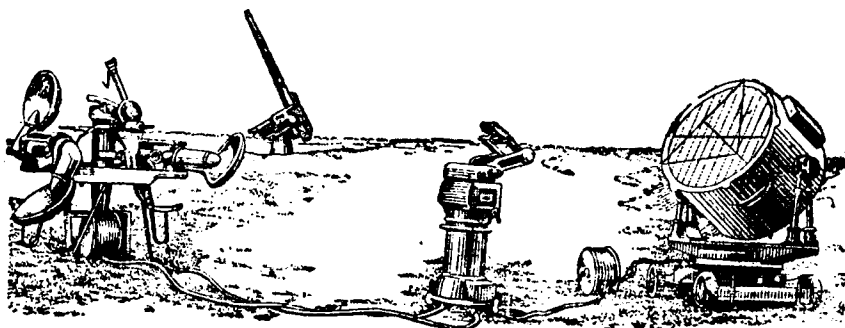


Рис. 132. Параболоидный звукоулавливатель-пеленгатор Герца (слева), работающий совместно с прожектором (справа) и с зенитным орудием (сзади). В середине пост управления.

коглушители для всех видов автомобилей, которые двигаются почти бесшумно. Почему не иметь таких же глушителей и на самолетах, поскольку двигатели их ничем принципиально от автомобильных не отличаются?

Автомобильный глушитель крайне прост, устройство его вполне понятно из рис. 133. Достаточно лишь так или иначе рассеять отработанные газы, чтобы уже значительно ослабить звук, образующийся, как и при выстреле (очерк 35), от резкого изменения в выхлопной трубе и около ее отверстия.

Но, оказывается, вопрос о глушителях для самолетов упирается в мощность их моторов, ограничение их веса и в трудности расположения глушителя среди легко воспламеняющихся частей самолета.

Не надо объяснять, что чем больше мощность мотора, тем больше выбрасывает он отработанных газов и тем больше, следовательно, должны быть размеры глушителя, который к тому же сильнее будет нагреваться. Обычные автомобильные глушители, установленные на самолете, очень быстро прогорят и могут вызвать пожар на самолете. Увеличение же глушителей и утолщение их стенок делают их настолько громоздкими и тяжелыми, что установка их на самолете становится невозможной по соображениям летным и экономическим.

При всем том современные глушители моторов автомобилей несколько (иногда довольно заметно) понижают их мощность, так как в глушителе выхлопные газы создают противодействие, препятствующее свободному движению поршня в цилиндре двигателя. Для авиамоторов это было бы особенно невыгодно, если учесть важность для них наибольшей мощности при наименьшем весе.

Правда, сейчас уже и для автомобилей начали делать глушители нового типа, так называемые акустические фильтры, снижающие мощность мотора всего лишь на 1%, но вопрос этот сравнительно новый и изучен еще недостаточно. Вот почему до сих пор самолеты не имеют глушителя. Но усиление средств ПВО и стремление ослабить их действенность стали настолько актуальными, что ныне всерьез взялись за проблему бесшумного полета, и глушители на самолетах стали появляться не только в проектах, но и в действительности. Рис. 134 показывает внешний вид одного из таких глушителей.

Не надо, однако, забывать, что даже самый хороший глушитель для авиамотора не мешает еще использовать звукоулавливатель. Звук при движении самолета порождается не только мотором, но и винтом. Если даже полностью заглушить мотор, дальность слышимости самолета для опытного слушателя уменьшится лишь на 30%. Лопасти винта, быстро вращаясь, вызывают периодически резкие изменения давления воздуха, которые распространяются в виде звуковых волн. Опыты показали, что для уменьшения шума, порождаемого винтом само-

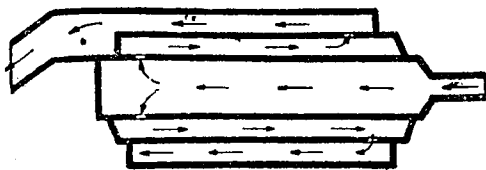


Рис. 133. Автомобильный глушитель (схема).

лета, надо увеличивать число лопастей и уменьшать скорость вращения винта, т. е. приспособлять конструкцию самолета к особым условиям, удовлетворяющим требованиям бесшумного полета.

Кстати вспомним (очерк 36), что шум мотора и винта самолета не только демаскирует его, но и сильно затрудняет работу

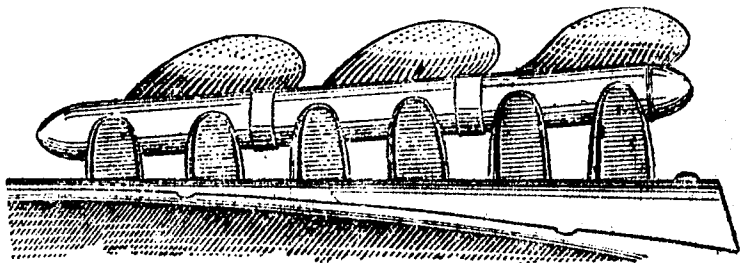


Рис. 134. Глушитель к мотору Рольс-Ройс „Кестрель“ на самолете Хендлей Педж „Нейфорд II“.

команды самолета, поэтому уничтожение или хотя бы ослабление этого шума имело бы большое значение на войне.

В этом вопросе важно то, что в случае дальнейших успехов на этом пути звукоулавливатели потеряют почти все свое значение, и понадобится замена их какими-то новыми приборами, не связанными уже с акустикой. Работы в этой области ведутся полным ходом и небезуспешно (очерк 54). Пока же самолеты не имеют глушителей, а звукоулавливатели составляют непременную принадлежность системы ПВО, и сдавать их в архив нет оснований.

Понятно, что очень важно глушение звука и для танков, где ставят нередко авиационные моторы или другие двигатели большой мощности. Очевидно, решение вопроса о глушителях для авиамоторов явится одновременно решением его и для двигателей танков.

38. Борьба под землей и под водой

Мы знаем, что война теперь ведется не только на поверхности земли, но и в воздухе (самолеты и дирижабли), и на воде (боевые корабли), и под водой (подводные лодки). Остается лишь одна область — под землей. Оказывается, и здесь случается войскам вести борьбу путем подкопов и подрывов позиций противника.

Особое значение приобретает такой способ борьбы в позиционной и крепостной войне, когда враги сближаются настолько, что всякое открытое движение немедленно влечет за собой меткий выстрел противника. Так, например, большое применение подземная борьба нашла себе в боях за Мадрид в 1936—1938 гг., когда интервенты вплотную подошли к городу и бои шли за каждый дом, за каждый метр улицы.

В таких случаях к делу привлекают минеров, т. е. специальные войска, обученные методам подземной борьбы. Задача их заключается в устройстве горизонтальных или слегка наклонных подземных шахт, идущих от своих позиций под наиболее важные участки укреплений противника (рис. 135). Когда такая шахта или, на военном языке, „минная галлерей“ готова, в конце

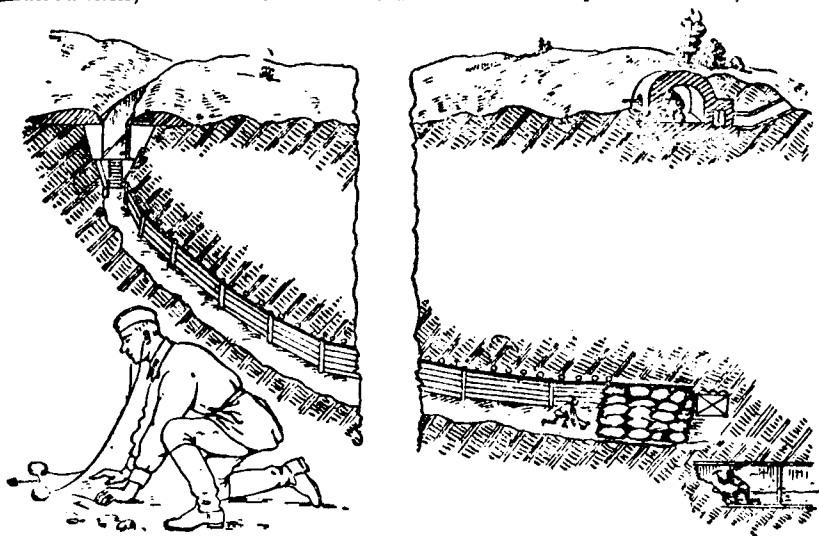


Рис. 135. Минная галлерей и прислушивание из нее подземных работ противника.

ее закладывают большой заряд взрывчатого вещества и производят взрыв, совершенно разрушающий намеченный участок укреплений противника. Пользуясь переполохом в стане врага (для этого необходимо, конечно, чтобы взрыв был неожиданным для войск противника), пехота выходит из своих окопов и бросается в атаку, поддерживаемая своей артиллерией, танками и авиацией.

Но все это, конечно, происходит отнюдь не так просто, как хотелось бы наступающим. Обычно противник тоже не дремлет и в свою очередь пытается устранить подкоп или, во всяком случае, помешать работам по подкопу его позиций. В результате получается борьба под землей, в которой победа зависит, между прочим, также и от того, кто раньше и точнее разведает работы противника, т. е. узнает направление вражеских минных галлерей. Если при этом удастся самим остаться незамеченными, то можно полностью разрушить все планы противника.

Но как вести разведку под землей? Ведь сквозь землю ничего не видно. Не видно, но зато слышно, и неплохо слышно.

Всякий знает, что по земле звуки распространяются даже лучше, чем по воздуху, и чтобы издали услышать шум погони, шум приближающихся танков или даже марширующей

пехоты, надо приложить ухо к земле. Однако, этим простейшим способом можно узнать лишь наличие шума вдали, но не направление на источник шума, ибо мы знаем, что определение направления по звуку требует прислушивания двумя ушами (бинауральная способность). Между тем в подземной борьбе, очевидно, очень важно бывает знать именно направление на источник того или иного шума. Поэтому и здесь приходится прибегать к специальным приборам — так называемым стетоскопам, или геофонам¹⁾.

Простейшим стетоскопом может служить обычная фляга для воды (рис. 136), но ее надо зарывать в землю, и поэтому употреблять ее можно только для лучшего прислушивания, так как определение направления требует перемещения пары стетоскопов. Более совершенный стетоскоп представляет собой металлическая или деревянная коробка (рис. 137), внутри которой помещается тяжелая масса (ртуть или свинец); отделенное от нее перегородкой (слюда) пространство заполнено воздухом. Во всех стетоскопах это пространство соединяется резиновой трубкой с ухом наблюдателя (слухача). Врытая в землю фляга с водой и любой другой стетоскоп, положенный на землю, воспринимают звуковые колебания, распространяющиеся по земле, и так как вода или тяжелая масса (ртуть, свинец) при этом остаются в покое, то звуковые колебания передаются воздуху в стетоскопе (воздух то сжимается, то расширяется) и по воз-

Рис. 136. Фляга-стетоскоп. 1 — пробка; 2 — стеклянная и резиновые трубки; 3 — воздух; 4 — вода.

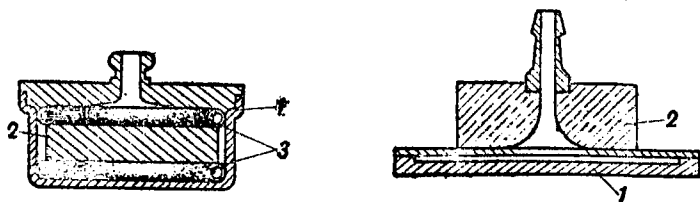


Рис. 137. Стетоскопы (геофоны). 1 — коробка; 2 — тяжелая масса (свинец); 3 — резиновые трубочки.

духу в трубке достигают ушей слухача. Таким образом, один стетоскоп позволяет прислушивать различные шумы издалека, пара же стетоскопов позволяет определять направление на источник шума. Для этого достаточно лишь передвигать по земле один из приборов до тех пор, пока слухач не услышит звук прямо перед собой, что произойдет, очевидно, только в случае

¹⁾ От греческих слов „стетос“ — внутренность, „скопео“ — рассматриваю и „ге“ — земля, „фонс“ — звук.

одновременного приема звука обоими приборами. Последнее возможно лишь в случае нахождения источника звука на „директрисе“ (рис. 138) пары стетоскопов. Очевидно, имея четыре прибора, можно определить „засечкой“ точку, в которой находится источник прислушиваемого шума.

Пользуясь этим методом, минеры и решают, как им вести свою подземную минную галлерею, постоянно учитывая работы противника и разрушая его намерения.

Но еще важнее применение подобного же метода прислушивания по воде. Выше (очерк 24) мы уже познакомились с одним из наиболее грозных современных средств борьбы на море — с подводной лодкой.

Главное преимущество ее перед обычными кораблями — невидимость. Поэтому естественно, что всякое средство, позволяющее заблаговременно знать о приближении подводного врага, является чрезвычайно ценным на войне. Таким именно средством и является подобный стетоскопу прибор — гидрофон¹⁾, назначение которого — помогать человеку подслушивать под водой. Какое большое значение имели гидрофоны уже в первую мировую войну, можно судить хотя бы по тому, что за время этой войны в одной лишь Англии их изготовили более 10 000 штук.

Вообще говоря, человек может слышать, находясь в воде, без каких-либо вспомогательных приборов, но для этого уши его должны быть погружены в воду, и для подслушивания подводных лодок — на продолжительное время. Поэтому для приема звуковых колебаний, распространяющихся в воде, необходим прибор. В простейшем виде это может быть любое полое тело (воронка, затянутая резиной, жестянка, резиновый мяч, кусок резиновой трубки), внутреннее пространство которого соединено с ухом человека. Звуковые волны, распространяющиеся в воде, будут периодически колебать упругую перегородку (резину, жесь), отделяющую воздух от воды, и таким образом колебания передадутся воздуху в воронке или трубке; колебания же воздуха будут восприняты ухом.

Однако, у этого простейшего способа есть много минусов, из которых главный — необходимость длинной гибкой трубки, соединяющей прибор с ухом слухача на корабле или на берегу. Кроме того, слабые звуки будут плохо слышны или совсем не будут слышны благодаря наличию посторонних, более сильных шумов. Поэтому в качестве гидрофонов-подслушивателей под-

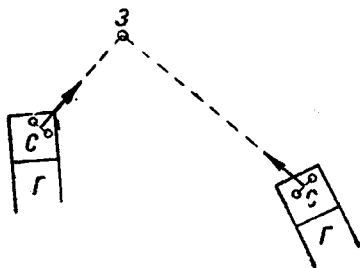


Рис. 138. Засечка двумя парами стетоскопов. Г — минные галлерей; С — стетоскопы; З — источник звука.

¹⁾ От греческих слов „гюдор“ — вода и „фоне“ — звук.

водных лодок чаще употребляют электрические звукоприемники, о которых мы расскажем позднее, в главе „Электрический ток“ (очерк 54).

Однако, и простейшие механические гидрофоны до сих пор находят себе применение, особенно на небольших кораблях.

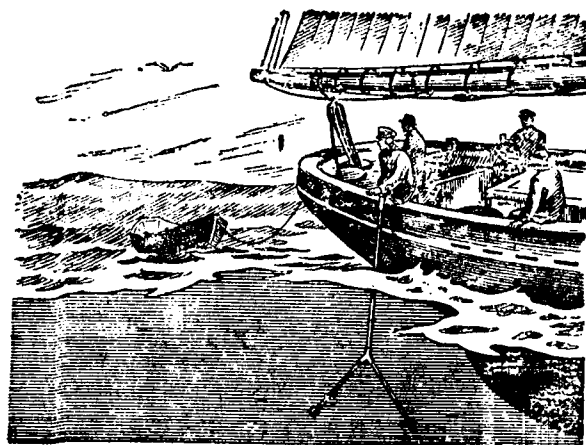


Рис. 139. Механический шумопеленгатор.

Такие гидрофоны, составляющие шумопеленгаторы (рис. 139), позволяют грубо (с точностью до $12-15^\circ$) определять направление на источник шума, удаленный не более чем на $3-3,5$ км.

Естественно, что один гидрофон любого устройства, как и один геофон, позволяет услы-

шать подводную лодку, но не дает еще возможности достаточно точно определить, откуда она приближается или куда вообще движется, каково направление на нее.

Однако, возможность поворачивать гидрофон в воде во все стороны позволяет здесь значительно шире, чем в земле, использовать и один прибор, применяя так называемый метод максимума звука. Для определения направления на подводную лодку по методу максимума звука достаточно вращать гидрофон около вертикальной его оси (рис. 140) до тех пор, пока звук не будет слышен сильнее всего или, что точнее, пока он не исчезнет вовсе. Сильнее всего звук будет слышен, когда принимающая звук пластинка перпендикулярна к звуковому лучу; совсем не слышен будет звук, когда пластинка расположена вдоль звукового луча. Происходит это по вполне понятной причине: в первом случае волны будут ударяться прямо в пластинку, во втором же случае — скользить мимо нее, не вызывая ее колебаний.

Гораздо точнее, конечно, ту же задачу можно решить, имея два гидрофона, соединенных в одну вращающуюся установку (рис. 139). Электрические звукоприемники позволяют получить еще большую точность ($2-3^\circ$). На кораблях и подводных лодках их располагают обычно по $3-8$ на линейной или круговой базе (рис. 141), а иногда — в виде буквы игрек, или на буксиреом щите (рис. 142). Дальность действия таких шумопеленгаторов равна около $8-10$ км. Все они могут применяться и

по методу максимума звука и по принципу известного уже нам бинаурального прислушивания (подобно геофонам или звукоулавливателям). Для шумопеленгаторных станций на берегу можно применять такой же метод, как и в звукометрии (очерк 35), т. е. метод „разности времен“. Для этого вблизи берега (на расстоянии 2—3 км от него) располагают не менее трех пар гидрофонов, расставленных на участке в 20—25 км и соединенных проводами с центральным прибором, в котором все принятые гидрофоном звуки регистрируются на подвижной ленте, подобной ленте звукометрического прибора (рис. 115).

Разность времен восприятия одних и тех же звуков различными гидрофонами позволяет достаточно точно устанавливать местонахождение источника звука. Правда, для подводной

лодки, длительно и однообразно звучащей (источником звука служит, главным образом, шум винта), это не годится, но зато подобная шумопеленгаторная станция отлично учитывает всякие подводные взрывы и специальные короткие сигналы, весьма точно определяя место, где они произошли.

Таким путем однажды в первую мировую империалистическую войну 1914—1918 гг. англичане точно определили место взрыва неприятельской мины одного из своих кораблей и успели притти ему на помощь.

Этим же способом заблудившийся в тумане корабль в случае порчи радиостанции может дать знать береговой службе о месте своего нахождения, посылая специальные условные сигналы по воде или устраивая подводный взрыв.

Естественно, что развитие средств подводнозвуковой разведки вызвало тотчас появление средств шумовой маскировки кораблей и прежде всего подводных. Стремятся всячески устранить или уменьшить все шумы механизмов и машин, дрожание корпуса корабля и т. д. Это в свою очередь повышает требования к чувствительности гидрофонов. Пока устранить все шумы никак не удастся, и гидрофоны находят широкое применение в качестве средств разведки

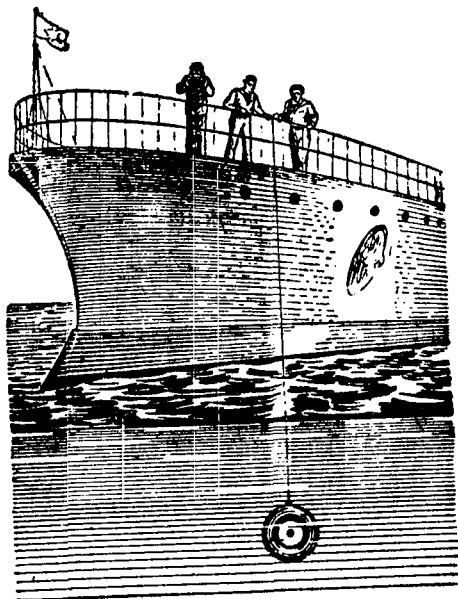


Рис. 140. Прислушивание гидрофоном подводной лодки с корабля.

Гидрофоны являются не только средством разведки, но и позволяют поддерживать связь между кораблями, особенно между подводными лодками, во всех случаях, когда другие средства связи применить нельзя или нежелательно. В настоя-

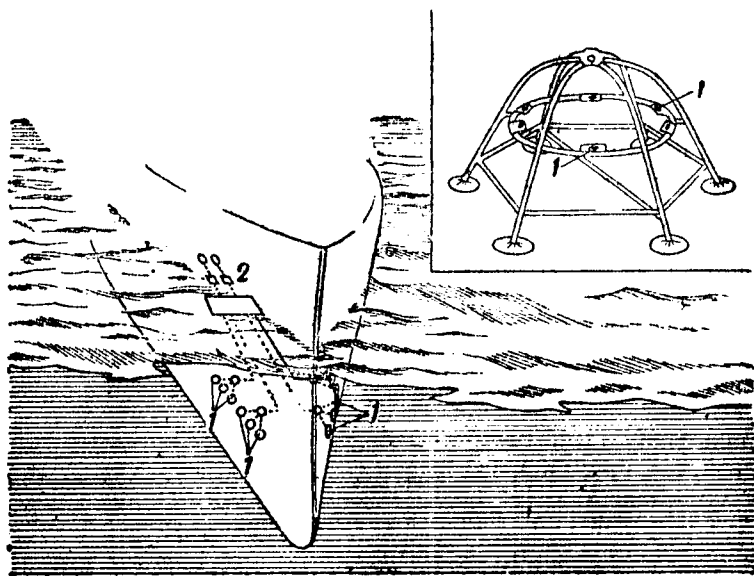


Рис. 141. Электрические шумопеленгаторы на линейной и круговой базе: 1 — звукоприемники (гидрофоны); 2 — усилитель, телефоны и тому подобные устройства.

щее время гидрофонами снабжают все боевые корабли и подводные лодки; имеют их и на берегу. Гидрофоны стали одним из важных вспомогательных средств борьбы на море.

При этом естественно, что гидрофоны являются лишь звукоприемниками (электрическими), в качестве же передатчиков применяют специальные вибраторы, излучающие либо обычные звуковые колебания, либо так называемые ультразвуки. Частота ультразвуков, применяемая в этих приборах, равна 20 000—40 000 колебаний в секунду, т. е. эти звуки не воспринимаются уже ухом, подобно инфразвукам, но расположены они по другую сторону слышимых звуков (рис. 143).

Ультразвуковые приборы выгоднее потому, что передачу их нельзя подслушать с помощью обычных звукоприемников, но зато дальность действия их меньше: обычные приборы подводнозвуковой связи действуют на дальностях 7—10 км, ультразвуковые приборы — на 5—7 км.

Интересно отметить, что в последние годы в ряде стран появились проекты использования ультразвуков в качестве средств поражения. Основываются такие проекты на следующих рассуждениях. Каждое тело обладает собственной характерной для него частотой колебаний. Этим и объясняется тот

факт, что при ударе разные тела издают звуки различного тона. Если воздействовать на тело звуком, имеющим частоту, равную собственной частоте колебаний тела, то амплитуда (размах) колебаний тела очень быстро растет и может достигнуть такой

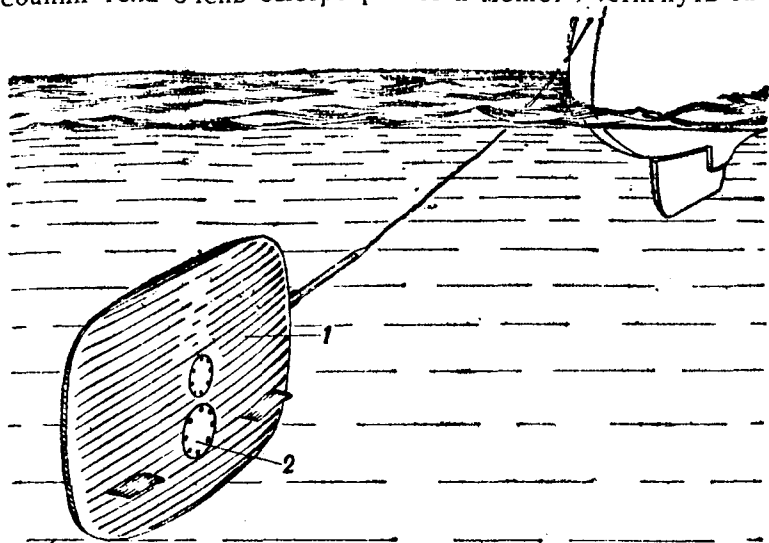


Рис. 142. Электрические шумопеленгаторы на буксируемом щите. 1 — щит; 2 — звукоприемники.

величины, при которой оно разрушается. Известно, например, что прочный мост через р. Фонтанку разрушился в 1906 г. при проходе отряда войск, двигавшихся в ногу и тем вызывавших чрезмерно сильные колебания моста. Точно так же ультразвук,

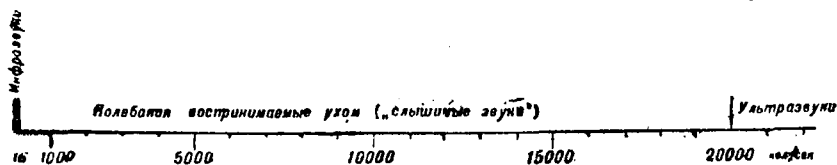


Рис. 143. Шкала звуковых колебаний.

частота которого достигает сотен тысяч и миллионов колебаний в секунду, вызывает интенсивные колебания частиц (молекул) тела, которые в состоянии разрушить последнее.

В ряде лабораторий был произведен такой опыт. В сосуд с маслом погружали кварцевую пластинку, которая под действием переменного электрического тока давала 300 000 колебаний в секунду и передавала свои колебания стеклянному стержню. Прикосновение к этому стержню вызывало ожоги, хотя стержень был холодный. Стеклянная пластинка, поднесенная к стержню, рассыпалась в порошок. Мелкие рыбы и лягушки

быстро умирали при приближении к стержню, а красные кровяные шарики в крови животных разрушались.

Казалось бы, что отсюда до применения ультразвуков в качестве нового страшного оружия, убивающего все живое и разрушающего любые средства военной техники,— один шаг. Однако, в действительности дело гораздо сложнее. Чем выше частота колебаний, тем они распространяются хуже. Выше мы уже видели, что ультразвуковые приборы связи действуют на расстояния значительно меньшие, чем обычные звуковые. А там ведь применяются ультразвуки самые близкие к слышимым (до 40 000 колебаний в секунду), в то время как для ультразвуков, разрушающих тела, характерна частота, измеряемая сотнями тысяч колебаний в секунду. Оказывается, что такие ультразвуки затухают на расстояниях, измеряемых сантиметрами и самое большее—несколькими метрами. Конечно, это связано не только с частотой, но и с мощностью источника ультразвуков, однако пока даже не видно возможностей сколько-нибудь значительно повысить мощность этих источников.

Таким образом, поражение ультразвуками либо вовсе не осуществимо на войне, либо явится делом будущего. Все же готовым следует быть и к этому. Уже теперь необходимо исследовать все возможности получения ультразвуков, их действия и средства борьбы с ними (а также защиты от них).

Но ультразвуки могут найти себе еще одно применение на войне — как новое средство борьбы с туманами. Значение тумана на войне не требует особых пояснений: он препятствует наблюдению и маскирует войска или военные объекты. Поэтому войскам выгодно иметь средства как для создания искусственного тумана (очерк 39), так и для рассеивания естественного или искусственного тумана. Оказалось, что одним из средств для рассеивания тумана может быть установка, вызывающая ультразвук.

Распространяясь в тумане, ультразвуковые колебания вызывают соединение мелких капелек влаги в более крупные, которые оседают, и в результате воздух становится прозрачным.

Английский аппарат Гартмана, созданный для этой цели, имеет такое устройство. Струя воздуха прогоняется со сверхзвуковой скоростью через трубу, имеющую на конце резкое сужение. Перед этим концом трубы находится вибратор, который под ударами струи воздуха колеблется с ультразвуковой частотой. Так как ультразвуки распространяются лишь на небольшие расстояния, то, очевидно, такой аппарат должен перемещаться в тумане, постепенно осаждая его. Практическое применение этого способа рассеивания тумана англичане держат в секрете, но можно полагать, что они добились положительных результатов.

СВЕТ

39. Прозрачны ли воздух, вода и стекло?

Перечисляя известные в природе прозрачные вещества, обычно начинают, естественно, с воздуха и воды. Трудно представить себе вещество более прозрачное, чем воздух. Однако, и воздух, и вода не абсолютно прозрачны. И с этим приходится нередко считаться, особенно на войне, где степень видимости тел определяет иногда успех в бою и надежность укрытия от воздушного врага.

Известно, например, что зимой в ясную погоду видно дальше, чем в такую же погоду весной или осенью. Плохая видимость бывает также и в летний жаркий день, особенно в открытом поле. Самый сильный искусственный источник света может осветить ночью пространство не далее 12—15 км.

Чтобы понять, от каких причин зависит большая или меньшая прозрачность воздуха, надо прежде всего вспомнить, что происходит с лучом света при переходе в любую новую среду. Такой переход сопровождается следующими явлениями: 1) часть света отражается от границы среды, рассеиваясь в пространстве; 2) часть света преломляется, т. е. меняет направление и по новому направлению распространяется внутри второй среды; кроме того, 3) часть света всегда поглощается средой.

Как бы ни был чист и однороден воздух, часть света обязательно поглощается им; сверх того, имеет место рассеяние света на случайных сгущениях частиц воздуха; рассеяние особенно заметно, если воздух на пути лучей неоднороден по плотности или внутри него имеются восходящие и нисходящие токи.

Поглощение света чистым воздухом зависит только от плотности воздуха и от толщины слоя. Высоко в горах видимость всегда лучше, чем у поверхности земли, а в очень высоких слоях атмосферы свет проходит сквозь нее почти беспрепятственно. У поверхности же земли в среднем считают, что на каждый километр пути света в воздухе приходится 10% потерь от поглощения. Этот процент (коэффициент поглощения атмосферой) колеблется от 4 (очень ясная погода) до 30—40 и более (туман). Поглощение атмосферы определяют в нужных случаях с большой точностью специальными приборами.

Отраженные от какого-либо предмета лучи солнца, пройдя вдоль поверхности земли 6,5 км, теряют уже половину своей яркости, а на расстояние в 28 км дойдет лишь 5% света¹⁾. Вот почему так трудно даже сильнейшим источником света осветить пространство вдоль поверхности земли дальше, чем на 15 км.

Еще большее значение для прозрачности воздуха имеют различные примеси к нему. Чем больше влажность воздуха (весна, осень), тем хуже видимость. Примеси же пыли, тумана и дыма могут сделать воздух почти непрозрачным и во всяком случае значительно уменьшают возможность видеть на далекие расстояния. Поэтому, например, стараются располагать астрономические обсерватории подальше от города и даже от всякого жилья (лучше всею в горах). По той же причине на войне, желая скрыть свои действия от противника или, как говорят, „ослепить“ противника, создают искусственные дымовые завесы (рис. 144) или завесы из искусственного ту-



Рис. 144. Наступление пехоты под прикрытием дымовой завесы

мана. При этом на войне применяют и белый дым, подобный туману, и черный дым.

Частицы черных дымов главным образом поглощают свет, а рассеивают его мало, поэтому масса их представляет собой непрозрачный, но не сплошной экран. Сквозь „отверстия“ (промежутки между частицами дыма) экрана часть лучей все же проходит, и при этом очертания предметов, скрытых тонким слоем черного дыма, можно различить и опознать. Белый дым главным образом рассеивает свет. Отраженные от частиц его и преломленные в них лучи встречаются с другими частицами

¹⁾ Здесь, очевидно, нельзя число километров множить на 100%, так как после потерь в предыдущих слоях процент новых потерь определяется не от 100, а от оставшегося к данному слою количества процентов света: после 1 км остается 90%, а после 2 км не 80%, а 81% и т. д.

дыма и вновь многократно отражаются и преломляются, распространяясь в дымовом облаке. Благодаря этому дымовое облако превращается в светящееся пространство, подобное матовому колпаку на лампе. Это свойство облака белого дыма резко уменьшает контраст яркости между предметами, прикрываемыми дымом, и окружающей их местностью. А основная причина невидимости любого предмета заключается как раз в отсутствии контраста яркости между этим предметом и предметами, его окружающими. Таким образом, белый дым, даже пропуская часть прямых лучей от прикрываемых им предметов, не позволяет все же различить их, так как уменьшение контраста яркости настолько значительно, что предметы оказываются невидимыми.

В связи с этими свойствами черного и белого дымов долгое время в войсках отдавали предпочтение белому дыму. Однако, многочисленные опыты последних лет показали, что проще и дешевле получаемый черный дым при достаточной толщине и плотности облака ничуть не уступает белому дыму; в настоящее время чаще применяют именно черный дым.

Дымовые завесы образуют с помощью самых различных приемов. На суше с этой целью часто применяют так называемые дымовые шашки (рис. 145), которые представляют собой металлические или картонные коробки, наполненные дымообразующим составом

(например, смесь нашатыря, нафталина, бертолетовой соли и древесного угля в порошке). Дымовые шашки поджигаются либо терочным приспособлением (выдерживается проволочка с теркой, отчего вспыхивает запальный состав), либо подобно спичкам (трением о шероховатую поверхность).

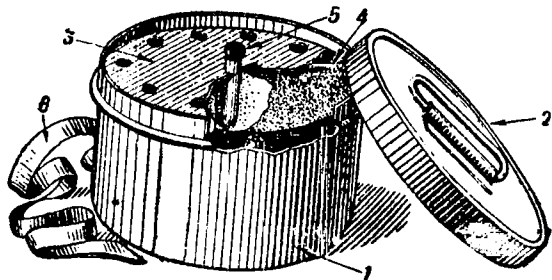


Рис. 145 Дымовая шашка. 1 — коробка; 2 — крышка; 3 — промежуточная крышка; 4 — дымовая смесь; 5 — вапал накаливания; 6 — изоляционная лента.

На море дымовые завесы чаще всего ставятся кораблями с помощью специальных приборов. Иногда пускают на воду особые дымовые бомбы. В воздухе дымовые завесы (рис. 146) образуют, выливая дымообразующее вещество из приборов в виде баков, подвешенных под крыльями или корпусом самолета.

Кроме того, дымовыми составами наполняют артиллерийские снаряды, авиабомбы, мины, ручные и ружейные гранаты. В качестве дымообразующих веществ во всех этих случаях чаще всего применяют белый и красный фосфор, четыреххлористый титан, хлорсульфоновую кислоту, олеум, хлорное олово и др.

Все эти дымообразующие вещества и составы образуют так называемый нейтральный дым, кроме которого, несмотря на запреты и всяческие постановления конференций, фашистская

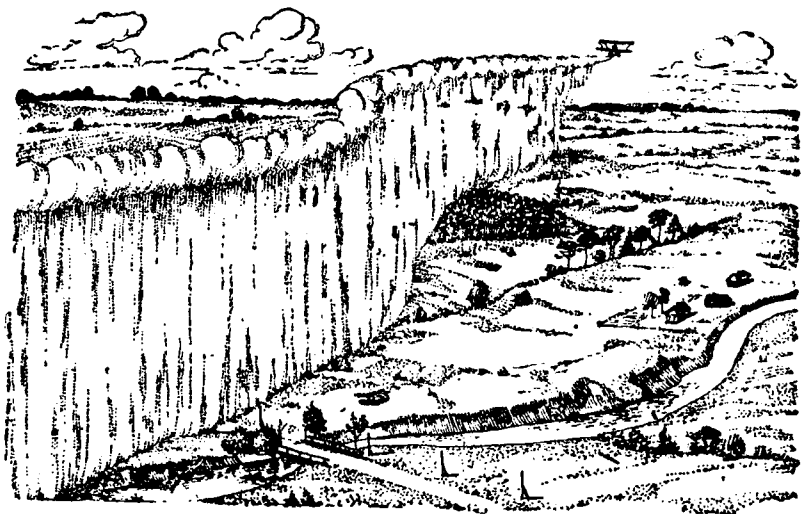


Рис. 146. Дымовая завеса в воздухе, поставленная самолетом.

армия явно собирается применять также ядовитые дымы, выполняющие одновременно задачи как маскировки, так и активного средства нападения. С этой целью могут быть применены ядовито-дымовые шашки (рис. 147).

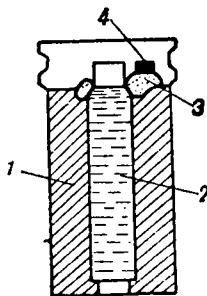


Рис. 147. Схема ядовито-дымовой шашки. 1 — горючая смесь; 2 — фильтр с ОВ; 3 — запальный состав; 4 — воспламенитель.

Все сказанное о прозрачности воздуха в такой же мере применимо и к воде. При самой чистой и спокойной воде сквозь нее видно обычно на глубину не более 30—50 м. На этой глубине водолаз без искусственного освещения работать не может, хотя над поверхностью воды все залито яркими лучами солнца.

Если же вода мутная, как, например, в Финском заливе, то на глубине в 20 м водолаз едва лишь различает пальцы вытянутой руки, а в двух шагах уже ничего не видит. Мало помогает при этом и любой силы искусственное освещение, действие которого ограничено обычно также несколькими метрами.

Причины здесь те же, что и для атмосферы, т. е., главным образом, — отражение от всегда взвешенных в воде частиц примесей.

Поэтому бывают случаи гибели подводных лодок, плывущих глубоко под водой. Подводная лодка, опустившая свой перископ (очерки 24 и 46) под воду, плывет вслепую и может натолк-

путь на расставленную для нее сеть, на мину или даже на подводную часть глубоко сидящего корабля.

По этой же причине нельзя обнаружить подводную лодку путем освещения ее „водными прожекторами“ и необходимо прибегать к акустическим средствам (очерк 38).

Еще большее значение имеют поглощение и отражение света стеклом. Здесь на каждый сантиметр пути света получается около $1,5\%$ потеря от поглощения; кроме того, вследствие отражения от каждой из поверхностей стекла теряется еще 4% . Так как стекла широко применяются во всех оптических приборах, то с этим явлением приходится всегда считаться, не забывая, что чем больше стекол в приборе и чем они толще, тем меньше света дойдет сквозь прибор до глаз наблюдателя и, значит, тем хуже он будет видеть в прибор.

Учтя все сказанное, нетрудно понять, почему на войне нельзя обойтись одними лишь средствами простой зрительной сигнализации. Флажками, например, можно передавать сигналы лишь на $1,5\text{—}2\text{ км}$ и то в ясную погоду, простыми фонарями ночью можно сигнализировать также только до 2 км (при отсутствии тумана). Для дальней же сигнализации приходится употреблять особые сигнальные приборы, которые мы и опишем ниже (очерки 40 и 41).

Вопрос о прозрачности воздуха имеет громадное значение также для выяснения условий светомаскировки, как одной из важнейших мер противовоздушной обороны войск, городов и любых других объектов.

Из всего сказанного выше прежде всего вытекает, что сверху, с самолета, видно лучше, чем вдоль поверхности земли, так как плотность воздуха наибольшая у земли. При этом поглощение света воздухом при наблюдении сверху уже не просто пропорционально толщине слоя воздуха, т. е. в данном случае высоте наблюдателя, а растет значительно медленнее. Например, если у поверхности земли свет, пройдя расстояние в $6,5\text{ км}$, поглощается воздухом в среднем до 50% , то на высоту в $6,5\text{ км}$ свет от земли дойдет, потеряв вследствие поглощения воздухом не более 30% . Следовательно, простой фонарь, видимый вдоль поверхности земли с расстояния в 2 км , сверху будет виден с высоты около 3 км ; пламя спички, видимое наземным наблюдателем примерно с расстояния в 1 км , воздушный наблюдатель увидит с высоты $1,5\text{ км}$, и т. п. С этим надо серьезно считаться, обеспечивая подлинную невидимость объектов ПВО для воздушных разведчиков и налетчиков.

Второе, на чем нужно остановиться в связи со светомаскировкой, — это различная прозрачность воздуха для световых лучей различного цвета, т. е., иначе говоря, различной длины волны. Известно, что короткие волны больше рассеиваются в воздухе, особенно когда в нем сохраняются влага, пыль, дым и т. п. (Этой же причиной, согласно Рэлею, объясняется голубой цвет неба.) Поэтому фио-

летовые и синие (короткие) лучи света поглощаются гораздо сильнее желтых и красных (сравни красный цвет солнца при закате). А ультрафиолетовые (невидимые глазом) лучи обладают совсем слабой проникаемостью даже в мало загрязненной атмосфере. Именно по этой причине маскировочные лампы ПВО делаются синими.

Синий свет невидим уже с небольшой высоты. Однако, неприкрытая сверху синяя электролампа будет все же заметна с высоты более 1 км, так как раскаленная нить лампы выделяется на общем слабо освещенном фоне. Поэтому и синие лампы при затемнении можно применять лишь с защитными колпаками, совершенно непроницаемыми для света. Кроме того, далеко не все виды необходимого при затемнении городов освещения могут быть осуществлены с помощью синих ламп. Поэтому в Англии, например, с самого начала современной войны заняты поисками наилучших способов освещения, невидимого сверху.

В 1940 г. перед комиссией английского парламента демонстрировалось освещение „биккеровским светом“¹⁾. Идея этого способа освещения такова: узкий пучок света направлен горизонтально и, отражаясь от различных предметов, встречающихся на его пути, отбрасывается под такими небольшими углами, что не может попасть в глаза наблюдателя, находящегося на значительной высоте. Однако, сложность устройства подобного освещения и недостаточное затемнение, получающееся при нем, привели к отказу от этого способа.

Широкое применение получил в Англии так называемый „черный свет“. Указатели улиц и пунктов, названия их, номера домов, вывески и другие уличные надписи покрываются флюоресцирующим²⁾ составом. При отсутствии освещения надписи эти невидимы, освещенные же ультрафиолетовыми лучами, они начинают светиться зеленовато-голубым фосфорическим светом. Если свет не очень яркий, то он невидим даже с небольшой высоты. Ультрафиолетовые лучи, освещающие надписи, как уже отмечалось, сильно поглощаются воздухом, до воздушного наблюдателя не доходят и, следовательно, не только невидимы, но и не могут быть уловлены никакими приборами. Получают эти лучи от обыкновенных электроламп, снабженных соответствующими фильтрами, поглощающими все видимые лучи света.

40. Плоское зеркало в помощь войскам

Простейшим сигнальным прибором является обыкновенное плоское зеркало. Оно позволяет передавать сигналы на расстоянии от 25 до 150 км, в зависимости от размеров зеркала (диаметр которого бывает от 6 до 25 см) и от прозрачности воздуха.

¹⁾ По имени изобретателя голландца Биккера.

²⁾ Флюоресценция — явление самосвечения тела под влиянием освещения — один из видов люминесценции, т. е. холодного света.

С помощью такого зеркала на треноге (рис. 148) используют для связи мощный источник света — солнце. Поэтому и весь прибор носит название гелиографа¹⁾. С принципом гелиографа знакомы все, кто забавлялся когда-либо пусканием солнечного „зайчика“. Луч солнца, отраженный зеркалом в нужном направлении, по известному закону равенства углов падения и отражения достигает глаза наблюдателя и служит для него сигналом²⁾. А чтобы передавать условные слова и команды, пользуются, как и при сигнализации флагами, телеграфной азбукой Морзе. Короткий сигнал — точка, продолжительный — тире. Чтобы раз направленное

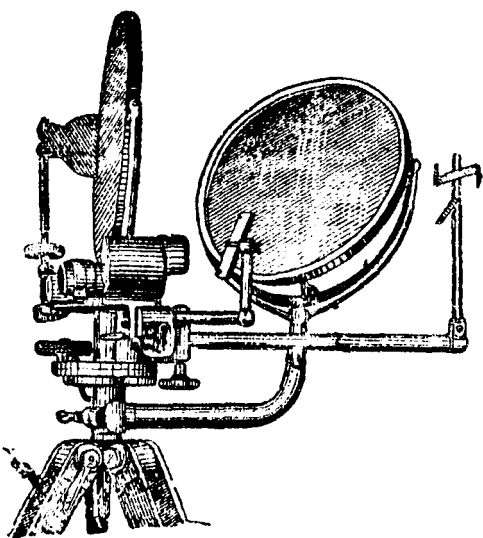


Рис. 148. Гелиограф

зеркало не сбивалось при передаче сигналов, на нем имеется приспособление, подобное телеграфному ключу: нажимая на ключ, изменяют положение зеркала, которое затем пружиной возвращается в первоначальное положение.

Когда солнце находится на стороне принимающего сигналы поста, — достаточно одного зеркала; когда же солнце находится на противоположной стороне, пользуются вторым добавочным зеркалом, чтобы направить лучи солнца на первое зеркало.

Гелиограф настолько прост, что изготовить его нетрудно из подручных материалов; не требует он и ухода за собой, но зато передача им возможна лишь в ясную солнечную погоду и отнимает много времени (2—3 слова в минуту). Применяют гелиограф обычно при отсутствии других средств связи, — главным образом, в горах.

Плоское зеркало находит себе еще одно применение на войне — это так называемый зеркальный перископ³⁾. Принцип устройства перископа так же прост, как и гелиографа. Два параллельных зеркала (рис. 149) располагаются под некоторым углом к горизонту (обычно 45°). Благодаря этому в нижнем зеркале видно все, что находится перед верхним; при некотором расстоянии между зеркалами это позволяет бойцам, не подвергая себя риску, наблюдать за противником из окопа

¹⁾ От греческих слов „гелиос“ — солнце и „графо“ — черчу, пишу.

²⁾ Чтобы не портить зрения, принимающему сигналы следует надевать темные очки.

³⁾ От греческих слов „пери“ — вокруг и „скопео“ — наблюдаю.

или из глубокого
небольших кусков

убежища. Устроить перископ можно из
зеркала и деревянных дощечек, причем
он может быть складным и, значит, весьма
портативным.

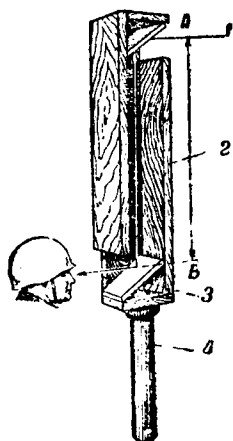


Рис. 149. Зеркальный
перископ. 1 — верхнее
зеркало; 2 — коробка;
3 — нижнее зеркало;
4 — ручка; AB — „пе-
рископичность“.

Основным показателем перископа яв-
ляется величина перископичности,
т. е. расстояние по вертикали между
верхним и нижним зеркалами (отражате-
лями вообще), что и показано на рис. 149.

У зеркального перископа есть крупные
недостатки, из которых главнейшие — ма-
лое поле зрения и как бы некоторое
удаление рассматриваемых предметов от
наблюдателя.

Поле зрения всякого оптиче-
ского прибора называют угол,
охватывающий часть простран-
ства, одновременно видимого в
неподвижном приборе. Так, напри-
мер, если, не вращая глаз, мы одновре-
менно видим некоторый участок местно-
сти (рис. 150), то полем зрения глаза
надо считать угол, охватывающий все
видимое нами пространство. Поле зрения
обозначают градусами, измеряющими этот угол, например,

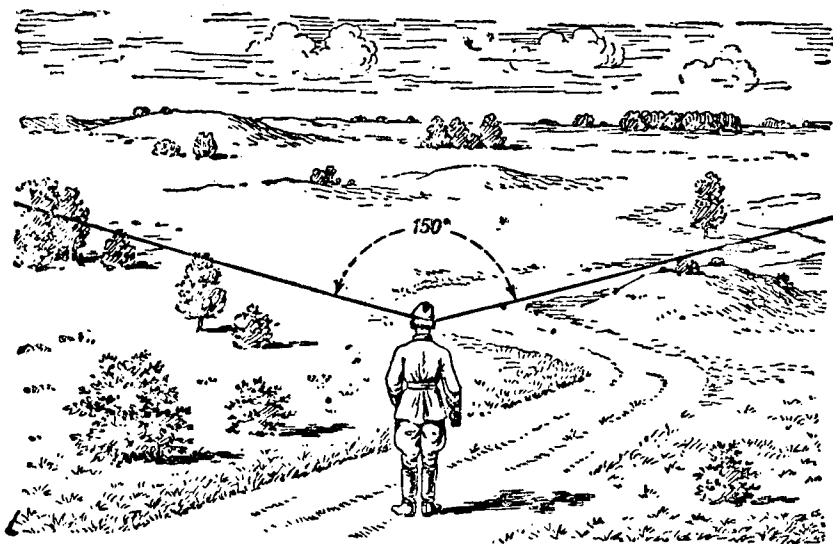


Рис. 150. Поле зрения глаза.

поле зрения глаза равно 150° . Нетрудно сообразить, что
перископ имеет небольшое поле зрения и тем меньшее, чем

больше его перископичность, т. е. чем дальше зеркала отставлены друг от друга. Чтобы убедиться в этом, достаточно приставить к глазу цилиндрическую или призматическую трубку из бумаги или картона (рис. 151). Сквозь трубку будет видна значительно меньшая часть пространства, чем без нее, и поле зрения будет тем меньше, чем трубка длиннее. Так и в перископе. Независимо от того, будут ли зеркала заключены в трубку или останутся открытыми со всех сторон, поле зрения зеркального перископа всегда будет небольшим, особенно для длинных перископов.

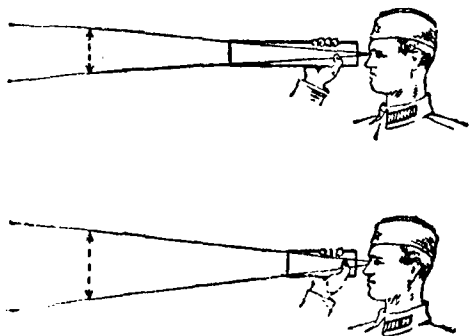


Рис. 151. Поле зрения трубки зависит от ее длины.

Если бы перед рассматриваемым предметом находилось одно лишь верхнее зеркало перископа, то глаз наш увидел бы мнимое изображение предмета на таком же расстоянии за зеркалом, на каком предмет находится перед зеркалом. Но так как имеется еще нижнее зеркало, которое рассматривает уже не предмет, а изображение его, то глаз наш увидит изображение, удаленное от нас на сумму расстояний между верхним зеркалом и предметом и между зеркалами. В результате рассматриваемый в перископ предмет покажется несколько меньше (более удаленным), чем если бы рассматривать его невооруженным глазом.

Кроме этих основных недостатков зеркального перископа, надо отметить еще трудность сбережения зеркал, которые при тряске и особенно благодаря сырости быстро тускнеют и дают поэтому неясные, мутные изображения. Все это вызывает потребность у войск в более совершенных (зато и более дорогих) приборах для наблюдения из-за укрытий. Такие приборы теперь имеются во всех армиях (очерк 46). Однако, возможно, что иногда придется пользоваться на войне и простейшими зеркальными перископами, подобными изображенному на рис. 149.

41. Вогнутые зеркала в военной технике

Если плоские зеркала служат, главным образом, для получения мнимых изображений предметов, то вогнутые зеркала для этой цели почти не применяются, поскольку они дают искаженное изображение. Вогнутые зеркала важны потому, что они обладают способностью собирать параллельные лучи в одну точку и отражать лучи, исходящие из одной точки

направленным пучком (рис. 152). Во всех случаях, когда свет от источника нужно направить в одну лишь сторону

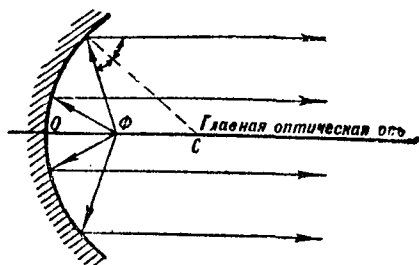


Рис. 152. Отражение лучей вогнутым зеркалом. C — центр кривизны зеркала; Φ — главный фокус; O — середина зеркала.

сзади источника света помещают рефлектор¹⁾, т. е. вогнутое зеркало. У фонарей автомобилей и других экипажей, у паровозов, карманных фонариков, настенных ламп, в проекционных аппаратах (фонарях) — везде можно встретить то или иное вогнутое зеркало в качестве рефлектора, направляющего лучи света более или менее узким пучком. А зачем это нужно — сообразить нетрудно, если вспомнить зависимость ярко-

сти освещения от расстояния до источника света, посылающего расходящийся во все стороны пучок лучей. Известно, что яркость освещения при расходящемся пучке лучей обратно пропорциональна квадрату расстояния от освещаемой поверхности до источника света, — если пренебречь поглощением света средой, в которой он распространяется. При учете же поглощения яркость освещения даже в воздухе убывает значительно быстрее. Иное дело, когда мы имеем пучок лучей параллельных (или слабо расходящихся). Здесь уже яркость освещения сравнительно мало зависит от расстояния, а зависит лишь от потерь света в среде.

Понятно поэтому, что, желая как можно дальше послать яркий пучок света, стремятся направить лучи параллельно или по возможности узким пучком. Вот тут-то и нужно применить вогнутое зеркало.

Прожектор²⁾ — в сущности, не что иное, как сильный источник света, сзади которого находится большое вогнутое зеркало (рис. 153). Источник света (обычно мощная дуговая лампа) располагают в главном фокусе зеркала, поэтому луч прожектора (рис. 154) образует узкий пучок (угол раствора

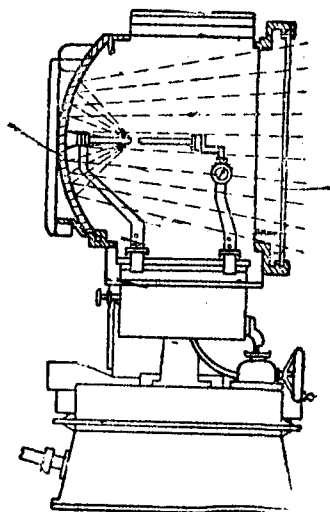


Рис. 153. Схема прожектора.

¹⁾ От латинского слова „рефлиго“ — отражаю, отбрасываю назад.

²⁾ Прожектор — прибор для проектирования света.

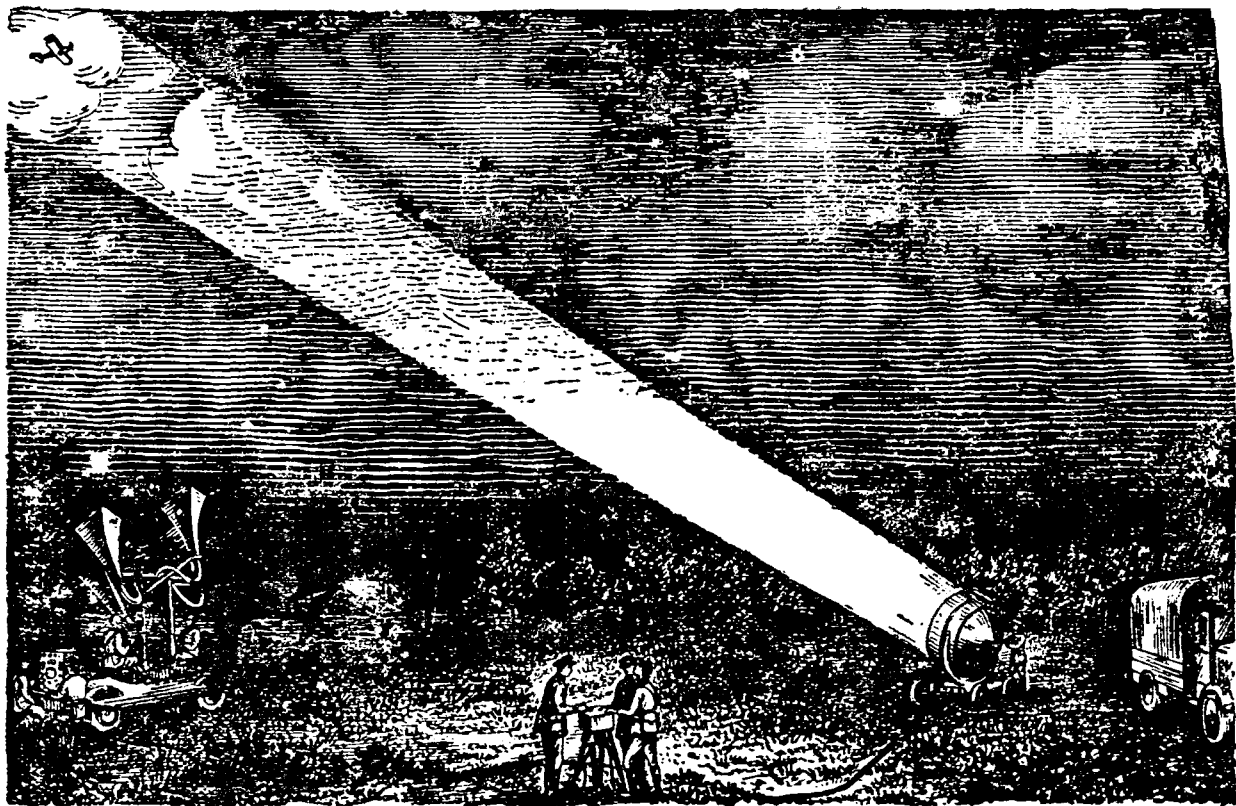


Рис. 154. Работа зенитного прожектора совместно со звукоулавливателем.

его от 1,5 до $6^{\circ 1}$), ярко освещающий пространство на расстоянии до 10—12 км. Виден же свет от крупного прожектора с расстояния до 75 км. Такие свойства прожекторов позволяют применять их в мирной жизни и на войне как с целью освещения на далекие расстояния, так и с целью особо дальней сигнализации.

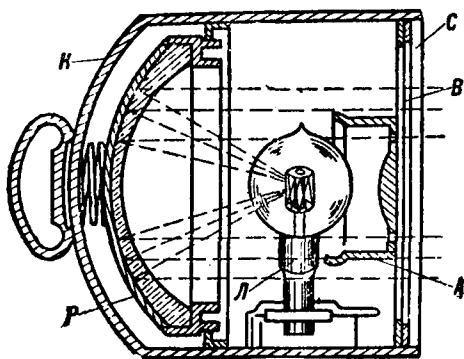
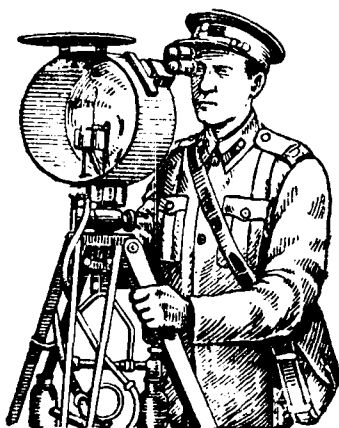


Рис. 155. Светосигнальный аппарат „Люкаса“ (СП-90). К — корпус лампы; Р — рефлектор; Л — лампа; А — заслонка; В — штора; С — защитное стекло.

Освещают прожекторами аэродромы, железнодорожные пути и морские порты, небо (для отыскания самолетов), расположение противника и т. д. При большом количестве мощных прожекторов ночь как бы превращается в день. С целью сигнализации прожектор

применяют на аэродромах, маяках и для дальней связи на войне.

С последней целью (для связи) чаще употребляют в войсках специальные маленькие прожекторы, которые называют



А



Б

Рис. 156. Светосигнальные аппараты. А — с ацетиленовым пламенем; Б — с электролампой на бинокле.

в этом случае светосигнальными аппаратами или

¹⁾ Пучок лучей не получается строго параллельным, так как источник света имеет всегда некоторые размеры, и, следовательно, строго в фокусе находится лишь часть этого источника.

лампами. Отличаются они от прожекторов размерами и источниками света, которыми тут служат обычно лампы накаливания (рис. 155 и 156). Дальность действия различных светосигнальных аппаратов колеблется днем от 4 до 40 км и ночью от 12 до 120 км, в зависимости от размеров и назначения прибора. Иногда такие аппараты комбинируют вместе с гелиографом, чтобы в солнечные дни использовать свет солнца.

Из всех указанных видов применения прожекторов на войне наибольшее значение имеет обслуживание ими противовоздушной обороны. Для борьбы с самолетами, в случае налета ночью, очевидно, необходимо отчетливо их видеть. Нужно это и для возможности обстрела самолетов с земли зенитной артиллерией, и для борьбы с ними в воздухе, которую ведут истребители.

Прожекторы ПВО (зенитные) отличаются наибольшей мощностью (сила света фонаря до 3 миллиардов свечей) и наличием у них специальных приспособлений для быстрых поворотов при поиске самолетов и сопровождении их лучом. Часть зенитных прожекторов работает в качестве так называемых искателей, т. е. их задачей является лишь обнаружить самолет; они бывают связаны обычно со звукоулавливателями (см. очерк 37 и рис. 128) и с их помощью быстро и внезапно освещают самолет, передавая потом пойманную уже цель другим прожекторам — сопроводителям.

42. Когда глаз не справляется с боевой задачей

Глаз человека — очень сложный и на редкость совершенный оптический прибор. Чувствительность глаза, способность его приспособляться к рассматриванию далеких и близких предметов (аккомодация) или ярко и слабо освещенных предметов, громадное „поле зрения“ глаза (рис. 150) и многие другие его свойства делают зрение человека наиболее важным из всех его чувств.

Однако, в наши дни человек не может удовлетвориться тем, что дает ему невооруженный глаз. Десятки оптических приборов дополняют и расширяют зрение человека, позволяя ему видеть при помощи микроскопа мельчайшие тела, при помощи телескопа — чрезвычайно удаленные от нас звезды, при помощи наземных зрительных труб — местность, удаленную на десятки километров. Другие приборы помогают глазу производить точнейшие измерения, улучшают рельефность видения, позволяют издали измерять расстояния и т. д.

На войне глаза выполняют разнообразную и очень важную работу. Начнем с простого наблюдения и изучения местности, которое перед боем и в бою имеет громадное значение. Далеко ли видит нормальный человек в ясную погоду? Строго говоря, глаз видит неограниченно далеко, иначе мы не видели бы звезд. Значит, все дело в размерах наблюдаемых тел.

Если изображение всего предмета уместается на одном или двух соседних окончаниях глазного нерва, то предмет представляется нам одной точкой, и мы не можем определить, что он собой представляет. Так называемый предельный угол зрения в лучшем случае (острое зрение) считают равным $10'$ (десяти угловых секундам). Нормально же, чтобы рассмотреть предмет, необходимо видеть его под углом не менее $1'$ (одной угловой минуты). Так, например, заметить человека невооруженным глазом можно с $10\text{—}11\text{ км}$, но он будет виден в виде точки, и нельзя будет уверенно сказать, человек это или какой-либо предмет. Рассмотреть же человека при хорошем освещении и чистом воздухе можно лишь с 2 км . Всадник может быть узан при этих же условиях примерно с 3 км . Расстояния эти небольшие, в особенности если принять во внимание высокие условия освещения и прозрачности воздуха.

Понятно, что в бою, когда некоторые виды артиллерии, не говоря уже о сверхдальнобойной, стреляют на $10\text{—}20\text{ км}$, нельзя обойтись наблюдением невооруженным глазом. И даже пулеметчик, желая разобраться в дальних целях, должен пользоваться зрительной трубой (обычно биноклем).

Все сказанное касалось, главным образом, наблюдения местности. Для изучения же ее очень существенно другое свойство наших глаз — так называемое стереоскопическое зрение (зрение двумя глазами), благодаря которому мы видим все тела не плоскими, а рельефными. Однако, это свойство наших глаз проявляется только при сравнительно небольшом удалении рассматриваемых предметов от глаз, а

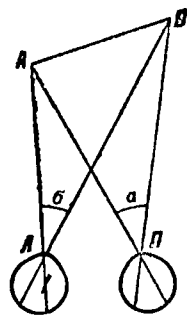


Рис. 157. Сущность определения расстояния глазным методом. П и Л — правый и левый глаз; AB — предмет; а и б — углы, под которыми виден предмет глазами.

именно, в среднем до $0,5\text{ км}$ и в лучшем случае до 1350 м . За этими пределами мы местность видим как плоскую картину, без глубины, и лишь по кажущимся размерам предметов (лес, дом и т. п.) заключаем, какой из них расположен дальше, а какой — ближе. Очевидно, и тут без помощи приборов наши глаза с задачей изучения местности не справятся. Особенно сказывается это в тех случаях, когда нужно точнее определить расстояние до противника или до отдельных предметов.

Вообще говоря, после длительной практики мы можем довольно верно определять удаление от нас предметов и людей на глаз, т. е. без всяких вспомогательных приборов. При этом о расстоянии до предметов мы судим по разнице в изображениях их в правом и в левом глазу (рис. 157), по кажущимся размерам предметов, ясности их очертания и количеству видимых деталей. Благодаря малому расстоянию между глазами (около 65 мм), при небольшом

сравнительно удалении предметов разница между углами, под которыми мы видим предмет двумя глазами, становится уже мала (углы α и β на рис. 157), и мы теряем возможность судить о расстоянии до предмета. Поэтому глазомер, являясь необходимым и важным для всех военных, не может удовлетворить их. Приходится снабжать войска специальными дальномерами, в большинстве случаев оптическими (очерк 47).

Наконец, есть еще одна очень важная задача для глаз бойца — это точное прицеливание оружия. Посмотрим, как глаз справляется с этой нелегкой задачей. Прицелиться — это значит совместить прорезь прицела, мушку и цель. Но для того, чтобы совместить три различные точки, очевидно, надо все эти точки видеть одновременно. А между тем прорезь прицела находится близко к глазу стрелка (35—40 см), мушка отстоит от глаза на расстоянии около метра, а цель удалена обычно на сотни метров, а для пулеметчиков и артиллеристов — часто на несколько километров. Вот и спрашивается: может ли глаз человека ясно, отчетливо видеть сразу три различно удаленные от него точки? Известно, что не может. Для ясного видения различно удаленных предметов глаз должен различно аккомодироваться, т. е. каждый раз приспособиться к получению изображения предмета на сетчатке. Значит, при всем желании стрелка он не в состоянии одновременно одинаково отчетливо видеть все три нужные для прицеливания точки. Обычно стрелок сначала изучает, т. е. отчетливо рассматривает цель, а потом старается, быстро перенося взор с цели на мушку и прорезь, возможно яснее видеть и их. Это требует тренировки, и часто стрелок ясно видит лишь мушку, ограничиваясь получением для цели и прорези прицела несколько расплывчатых изображений в глазу. Неумение приспособить глаз нередко мешает стрелку научиться метко стрелять. Так, например, стрелок, старающийся все время четко видеть цель, не сможет точно подвести мушку вровень с краями прорези прицела и поэтому всегда будет делать грубые ошибки.

Как видим, и эту задачу глаз наш разрешает не совсем удовлетворительно, поэтому для очень точной стрельбы часть винтовок и все станковые пулеметы в настоящее время снабжают особыми оптическими прицелами (очерк 44), позволяющими прицеливаться точно и без всякого утомления глаз. У артиллерийских же орудий оптические прицелы существуют давно, и без них в наши дни трудно себе представить сложную стрельбу артиллерии.

В заключение надо запомнить, что на войне хорошее зрение необходимо всем бойцам, но очень часто для разрешения боевых задач приходится „вооружать“ глаза различными оптическими приборами, облегчающими бойцам их тяжелую работу.

43. Стробоскоп на танке и видимая пуля

Стробоскоп — это известная игрушка (рис. 153), нередко применяющаяся в физических лабораториях для доказательства продолжительности сохранения зрительного впечатления в глазу. Внутри цилиндра с прорезями вставлена бумажная полоска с нарисованными на ней различными положениями одного и того же движущегося предмета.

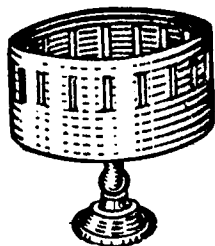


Рис. 153. Стробоскоп.

Если смотреть сквозь прорези на быстро вращающиеся вместе с цилиндром картинки, то глаз наш вместо отдельных рисунков увидит слитое движение нарисованного предмета. Стробоскоп — это прообраз кинематографа. Казалось бы, что может быть общего между такой безобидной игрушкой и грозным танком? А между тем стробоскоп пытались применить в танке для защиты команды от пуль и осколков снарядов. Танк, как известно, покрыт со всех сторон стальной броней (рис. 43), в которой имеются отверстия (бойницы или щели) для стволов оружия и для глаз танкистов. Вот эти отверстия нередко выдают команду танка. Во-первых, меткий стрелок иной раз сумеет попасть точно в щель, а во-вторых (и это часто случается), любая пуля, ударившись в броню вблизи щели, расплавляется и брызгами расплавленного свинца поражает бойцов танка (очерк 32).

Чтобы избежать этого, предлагали башню танка делать подобной стробоскопу. В стальной броне вращающейся башни делали много узких щелей по всей окружности (рис. 159).

При быстром вращении башни сидящий в ней видит всю местность кругом, подобно тому как мы видим рисунки сквозь щели цилиндра стробоскопа. И в то же время танкист был бы защищен от пуль и осколков,

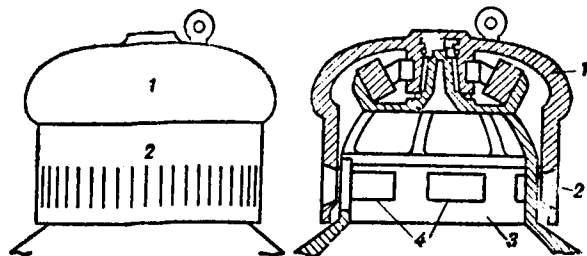


Рис. 159. Танковый стробоскоп. Слева — внешний вид; справа — разрез. 1 — броневая башня; 2 — щели; 3 — внутренняя неподвижная часть стробоскопа; 4 — окна с пуленепробиваемым стеклом.

для которых быстро вращающаяся стальная башня подобна сплошному непроницаемому щиту.

В одном из французских больших танков со стробоскопом щели были сделаны шириной в 2 мм каждая, всего щелей было 512, и вращалась башня со скоростью 300—350 об/мин., т. е. 5—6 об/сек. Видимость из башни при этих условиях по-

лучалась неплохая, но лишь при достаточном освещении, так как через стробоскоп в глаз попадает, очевидно, во столько раз меньше света, во сколько раз суммарная площадь всех щелей меньше площади цилиндра стробоскопа. Это и является главным недостатком стробоскопа, из-за которого в сумерки, в туман и при задымлении наблюдение становится невозможным. Кроме того, установка стробоскопа в танке получается весьма сложная: нужна энергия для быстрого его вращения, трудно предохранить весь механизм от порчи при попадании пуль и т. п. Все это, а также появление других хороших средств наблюдения из танка (очерк 46) привело к тому, что стробоскоп в таком виде ныне не применяется.

Можно, однако, идею стробоскопа применить в несколько ином виде. Например, обычную наблюдательную щель можно прикрыть быстро движущейся стальной лентой или кругом с узкими прорезами. В этом случае прибор займет немного места и в то же время полностью защитит глаза бойцов от поражения пулями или брызгами свинца. Но потери света и в этом случае, конечно, будут большие — этот порок стробоскопа вытекает из самой сущности его, и устранить его нельзя. Поэтому основным прибором стробоскоп на танке, повидимому, никогда не будет. Да и надобность в нем теперь стала значительно меньше, так как есть более простое средство защиты бойниц танка от пуль и брызг свинца — это особое пуленепробиваемое стекло, называемое триплекс (рис. 160). Это стекло толщиной до 90 мм, состоит из нескольких пластин



Рис. 160. Пуленепробиваемое стекло „триплекс“ после попадания в него свинцовых брызг от пули.

стекла, склеенных под прессом слоями целлюлоида или другой прозрачной пластмассы. Такое стекло при соответствующей толщине выдерживает удар пули даже на весьма малых расстояниях. Однако, после каждого попадания пули и даже брызг свинца стекло портится (рис. 160) и становится полностью или частично непрозрачным, так как поврежденные слои его мутнеют. Кроме того, в мороз стекло триплекс теряет свои свойства, становясь вновь хрупким. Интересно отметить, чем триплекс отличается от обыкновенного стекла и почему он не пробивается пулей.

Стекло отличается двумя основными свойствами: большой твердостью и столь же большой хрупкостью. Эти свойства в природе обычно сопровождают друг друга: чем тверже сталь, тем она более хрупка; алмаз очень тверд, но и хрупок. Наоборот, вязкие тела не обладают твердостью. Твердость стекла общеизвестна, резать его можно только алмазом, корундом и специальными сортами стали. Следовательно, стекло тверже свинцовой и даже стальной (из обычной стали) пули, и не будь оно хрупким, пуля не пробила бы его, а сама разбилась бы (сплюснулась) при ударе в него. Но стекло хрупко, и поэтому пуля даже при небольшой скорости разбивает стекло вдребезги. В данном случае удар пули принципиально ничем не отличается от удара по стеклу камнем, палкой или даже кулаком. Давление на стекло вызывает его прогиб и стекло лопається, рассыпаясь на мелкие куски, которые могут причинить людям раны, не менее опасные, чем пуля. Если же пуля ударяется в стекло, имея большую скорость, то она выламывает в стекле небольшое отверстие, от которого отходят во все стороны трещины. В этом случае стекло не успевает прогнуться (явление похоже на описанное в очерке 13), но в силу хрупкости все же пропускает пулю.

Из сказанного ясно, что для пуленепробиваемости стекла надо прежде всего уменьшить его хрупкость, т. е. увеличить вязкость. Это и достигается в триплексе слоями целлюлоида. Ударившись в триплекс, пуля раскалывает верхний слой стекла, но слой целлюлоида связывает получившиеся осколки, и они не разлетаются; слой целлюлоида также не позволяет пуле выдавить кусок стекла перед собой. А так как стекло тверже пули, то в результате оно остается не пробитым, но растрескивается. При низкой температуре вязкость целлюлоида резко уменьшается, и поэтому все стекло триплекс становится хрупким.

Таким образом, триплекс имеет существенные недостатки, и естественно, что во всех странах давно стремятся заменить его в танках более надежным стеклом-броней. Так, например, по сведениям печати в США получено стекло-броня, которое при толщине в 7,5 мм дает надежную защиту даже от пуль крупного калибра (12,5 мм) с расстояния более 100 метров и в то же время не растрескивается и не мутнеет при ударе пуль, а лишь несколько выкрашивается в точке удара.

Примечание. Попугно интересно выяснить, какой смысл имеет принятое у нас оклеивание оконных стекол полосками материи.

Взрывная воздушная волна, образующаяся при взрыве фугасных авиабомб, или даже дульная волна при выстреле из орудия (см. очерк 35) разрушает все стекла вблизи места взрыва (выстрела). При этом стекла раскалываются на куски, каждый из которых может серьезно ранить человека. Очевидно, полоски материи несколько связывают стекло, не дают ему разлететься на большое число осколков, а иногда, если воздушная волна слаба, даже сохраняют целостность стекла. Однако, действие таких полосок весьма незначительно и сказывается лишь при слабой воздушной волне. Сильная же взрывная волна выдавливает (или высасывает) все

стекло, и часто полоски материи не в состоянии воспрепятствовать раскалыванию его на сотни кусков.

Опыт лондонцев показал, что гораздо более действительным способом, надежно предохраняющим от ранения осколками стекла (но не от их вылетания из окон), является сплошное оклеивание стекол с двух сторон марлей. Если при этом положен густой слой клея, то стекло ломается, но не распадается на куски и, следовательно, не может ранить людей. В этом случае получается некоторое подобие „триплекса“, в котором один слой состоит из стекла, а два слоя — из связующей массы клея и марли.

Отметим кстати, что за пирать окна не следует, так как они тогда скорее разрушатся под влиянием разницы давлений внутри помещения и снаружи в области действия мощной взрывной волны.

Надо заметить, что и при наличии стробоскопа считали необходимым все же помимо него защищать наблюдателя вторым щитом с пуленепробиваемыми стеклами (рис. 159).

Полученное зрительное впечатление сохраняется в глазу около $\frac{1}{10}$ секунды (принцип стробоскопа), но, очевидно, и для получения зрительного ощущения нужен некоторый промежуток времени действия света на сетчатку глаза. Этим и объясняется невозможность видеть любые, очень быстро движущиеся темные предметы, например, пули и снаряды, имеющие скорость более 300 м/сек.

Естественнее прежде всего спросить, исходя из этого, какие же пули и снаряды можно видеть? Выше мы не раз уже указывали величины скоростей снарядов и пуль и установили, что для пуль скорость, меньшая скорости звука в воздухе, является исключением, снаряды же некоторых орудий (гаубиц) имеют иногда скорость, меньшую 300 м/сек (очерк 34). Отсюда вытекает, что пулю в полете увидеть очень трудно, снаряды же иногда можно видеть. Последнее обстоятельство отлично знают артиллеристы, не раз наблюдавшие полет тяжелых гаубичных гранат, особенно в начале траектории, когда наблюдатель смотрит вдоль нее, т. е. как бы в дно снаряда. В этом случае зрительное впечатление вполне успевает образоваться, так как скорость снаряда меньше предельной и, кроме того, перемещение снаряда не изменяет положения изображения его на сетчатке глаза.

Но боевое значение описанных случаев наблюдения полета снарядов ничтожно, так как для увеличения меткости стрельбы важно видеть полет снаряда у цели и прежде всего при стрельбе по быстро движущимся целям (самолет, танк),



Рис. 161. Случай, когда можно видеть дно снаряда, двигающегося с большой скоростью.

которые требуют особо большой скорости движения снарядов, т. е. стрельбы из пушек. А здесь-то снарядов и не видно.

Правда, и тут в некоторых случаях, при стрельбе из пушек под малыми углами возвышения, можно видеть дно снаряда, изображение которого на сетчатке глаза благодаря малым вертикальным перемещениям снаряда успевает дать зрительное впечатление. Но для этого наблюдатель должен смотреть обязательно вдоль траектории (рис. 161) и все же легко может „потерять“ снаряд. Поэтому единственный надежный способ сделать стрельбу по быстро движущимся целям (особенно по самолетам) более меткой — это сделать пулю (снаряд) или траекторию ее видимой.

Этого и добились ныне в так называемых трассирующих¹⁾ пулях и снарядах. Эти пули и снаряды оставляют на полете дымный или светящийся след. Устройство таких пуль несложное (рис. 162): часть свинцового сердечника заменена в них трассирующим составом либо в особом

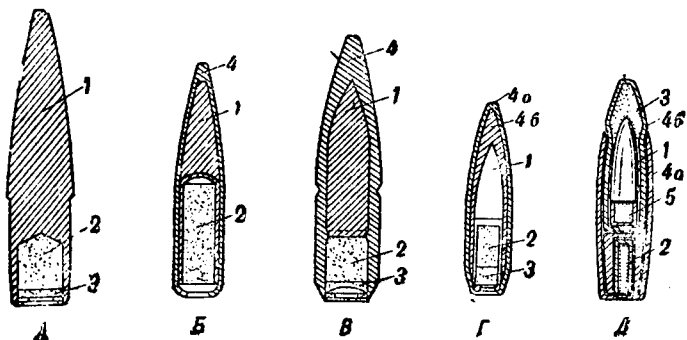


Рис. 162. Трассирующие и бронебойно-трассирующие пули. А — французская трассирующая; Б — английская трассирующая; В — французская бронебойно-трассирующая; Г — германская бронебойно-трассирующая; Д — комбинированная; 1 — сердечник; 2 — трассирующий состав; 3 — воспламенитель; 4 — оболочка; 4а — наружная оболочка; 4б — внутренняя оболочка; 5 — зажигательный состав.

стаканчике, либо просто в донной части пули. Поверх трассирующего состава добавляют обычно еще воспламеняющий состав. Трассирующий состав изготавливается из солей бария, тонкого порошка магнезия, алюминия и т. п. При выстреле горячие пороховые газы поджигают трассирующий состав, и он горит в течение нескольких секунд (до пяти), что делает траекторию пули видимой днем и ночью на расстоянии до 1000—1200 м ее полета. Например, наша трассирующая пуля образца 1930 г. дает дальность трассирования до 1200 м. Траектория такой пули видна благодаря оставляемому ею огненному или дымному следу. При этом огнен-

¹⁾ От французского слова „трассэ“ — чертить.

ный след кажется нашему глазу сплошным, подобно тому как остается „след“ при движении в темноте раскаленного уголька благодаря все тому же свойству глаза сохранять зрительные впечатления в течение некоторого времени.

Подобно пулям, применяют и трассирующие снаряды (рис. 163), но обычно лишь у орудий малых калибров (20, 37, 47 мм).

Нетрудно сообразить, какое преимущество дают эти пули и снаряды при стрельбе по самолетам и танкам. Стрелок ясно

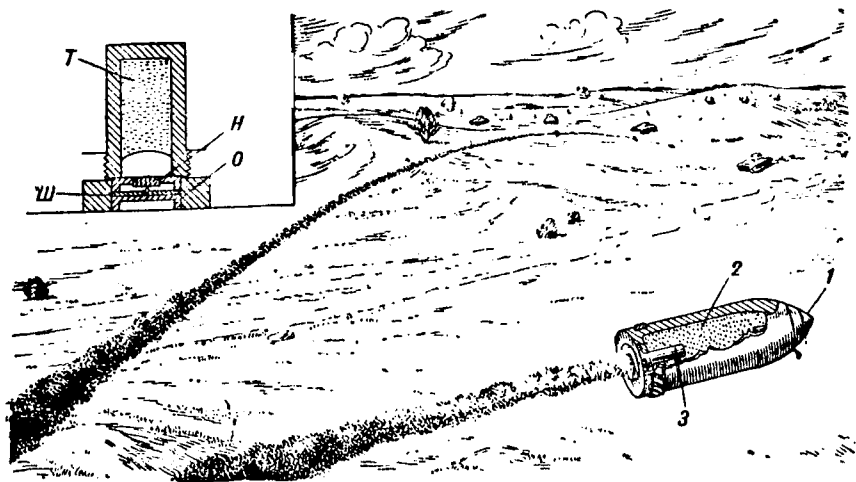


Рис. 163. Трассирующий снаряд. Слева сверху — устройство „трассера“. 1 — взрыватель; 2 — разрывной заряд; 3 — трассер; О — obturiruyushchaya chashka; Н — наковальня с капсюлем; Ш — шайба с жалом; Т — трассирующий состав.

видит, куда направлены его пули, насколько уклоняются они от цели, и ему совсем нетрудно направить их в нужную точку. При этом вовсе нет надобности, чтобы все пули были трассирующими, достаточно иметь их через одну, а в пулемете даже и через четыре обыкновенных, — это позволяет уже уверенно направлять сноп пуль в цель.

Кроме указанных достоинств трассирующих пуль, надо отметить еще некоторое освещение ими цели ночью и зажигательные их свойства. Давая белую, зеленую или чаще всего красную трассу, эти пули на небольшом расстоянии (до 1 км), — если траектория проходит вблизи цели, — позволяют различать ее, а попадая в бак с бензином или в баллон аэростата, трассирующая пуля, как правило, зажигает их, что сразу уже выводит самолет или аэростат из строя. Трассирующие пули производят также большое моральное действие. Если нужно иметь привычку и сильную волю, чтобы идти, не кланяясь, под свист пуль, то тем более трудно подняться и двигаться навстречу потоку огненных пуль.

Представьте себе картину современного ночного боя с участием самолетов и с применением светящихся пуль и сна-

рядов! Во все стороны в небе и по земле рышут узкие огненные пучки лучей прожекторов. Ежесекундно взлетают осветительные ракеты, оставляя тонкий огненный след и ярко вспыхивая в высоте. С самолетов падают особые парашютные осветительные бомбы для освещения войск или объектов ПВО на земле, а навстречу им летят огненные снопы трассирующих пуль или снарядов. Красивая, феерическая, но отнюдь не забавная картина, так как все эти средства направлены к тому, чтобы лучше, вернее и скорее нанести поражение.

44. Прорезь прицела, мушка и цель в одной точке

Выше мы говорили уже (очерк 42), что глаз наш не очень хорошо справляется с задачей направления оружия в цель. Естественно поэтому стремление техники притти на помощь глазу и вооружить его таким прибором, который поз-

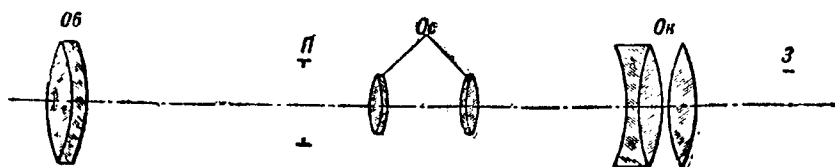
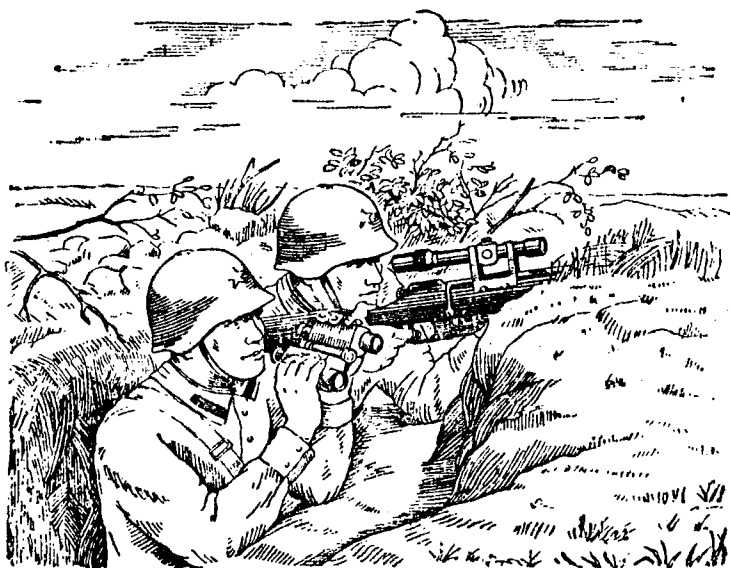


Рис. 161. Оптический прицел на нашей снайперской 7, 6-миллиметровой винтовке. Вверху—общий вид; внизу—оптика прицела. Об—объектив; Ок—окуляр; Ос—оборачивающая система; П—прицельные нити; З—зрачок выхода.

волял бы прицеливаться быстрее, точнее и с меньшим утомлением глаз. В настоящее время таких приборов много, и каждый из них приспособлен для тех или иных видов оружия.

Начнем с ружья. Чаще всего на ружьях употребляется телескопический прицел (рис. 164).

Всякий, кто знаком с принципом действия земной (подзорной) трубы, легко поймет устройство этого прицела, оптическая часть которого во всем подобна ей. Здесь также, кроме собирательных линз объектива и окуляра, имеется система оборачивающих линз, благодаря которым стрелок видит местность и цели прямыми (неперевернутыми). Для уменьшения длины трубки прицела оборачивающая система линз располагается так, что дает и некоторое увеличение изображения.

Ход лучей в таких приборах показан на рис. 165. Кроме линз, в трубке прицела находится подвижное перекрестие.

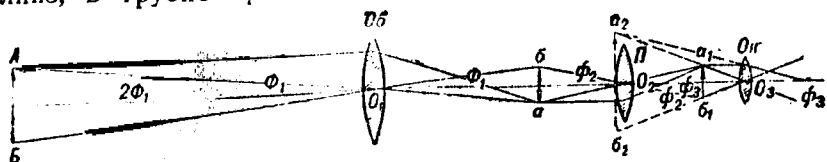


Рис. 165. Ход лучей в земной зрительной трубе. Об—объектив; Ок—окуляр; П—оборачивающая линза; АБ—предмет; аб, а₁б₁ и а₂б₂—изображения предмета.

Глядя в трубку прицела, стрелок сразу видит изображение цели и в той же плоскости перекрестие (рис. 166). Значит, чтобы прицелиться, достаточно совместить перекрестие с нужной точкой прицеливания. Это очень легко, так как и перекрестие, и цель видны одинаково отчетливо. Когда стреляют на близкое расстояние (до 200 шагов), центр перекрестия находится на оптической оси трубы, которая параллельна оси канала ствола. Когда же нужно поставить прицел для стрельбы на расстояние, большее 200 шагов, перекрестие перемещают особым винтом вниз. В этом случае стрелок, совмещая попрежнему перекрестие с точкой прицеливания, тем самым придает стволу нужный угол возвышения.

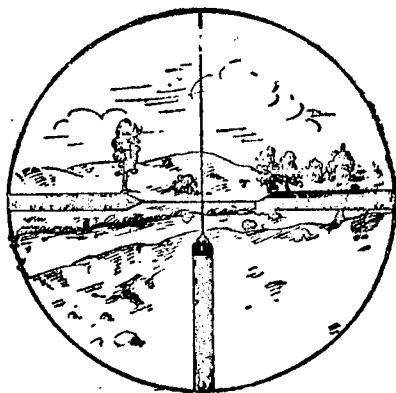


Рис. 166. Поле зрения оптического ружейного прицела.

Телескопические ружейные прицелы имеют увеличение 2—4-кратное и поле зрения 10—6°, т. е. все предметы видны в прицеле в 2—4 раза крупнее (ближе), чем невооруженным глазом, и прицел охватывает местность в пределах угла 10—6° (очерк 40). Благодаря увеличению прицела стрелок более четко видит удаленные цели, которые простым глазом он или не увидел бы вовсе, или видел бы неясно, без всяких деталей. Зато малое поле зрения требует навыка к пользованию

таким прибором у стрелка, который сначала приблизительно наводит винтовку в цель, глядя поверх прицела, а потом уже смотрит в трубку.

Как нетрудно понять из всего сказанного, два основных показателя оптического прицела — увеличение и поле зрения —

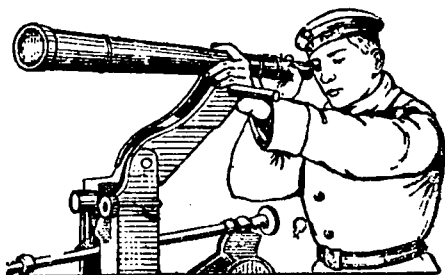


Рис. 167. Наблюдение в морскую подзорную трубу.

наблюдать за полем боя и скорее найти нужную цель). Поэтому в последнее время появляются такие оптические прицелы, которые позволяют изменять их увеличение, а значит, и поле зрения.

Достигается это особым приспособлением, позволяющим перемещать внутри трубки прицела оборачивающую систему линз. Стрелок, вращая специальный рычажок, может поставить любое увеличение, например, от 1-до 6-кратного, причем поле зрения соответственно изменяется от 12 до 4°. Такие прицелы называют панкратическими¹⁾.

Оптические ружейные прицелы, как видно из их описания, — приборы довольно сложные, точные и дорогие, поэтому естественно, что снабдить ими все винтовки невозможно: их дают только отличным сверхметким стрелкам — снайперам. Зато в руках снайпера этот прицел делает винтовку на дальности до 1 000—1 200 м грозным оружием, бьющим почти без промаха даже по самым мелким целям.

Земные (подзорные) трубы применяются также на море, как простейшие приборы для наблюдения (рис. 167), и на суше в качестве сравнительно легких приборов с большим, иногда переменным увеличением (рис. 168).

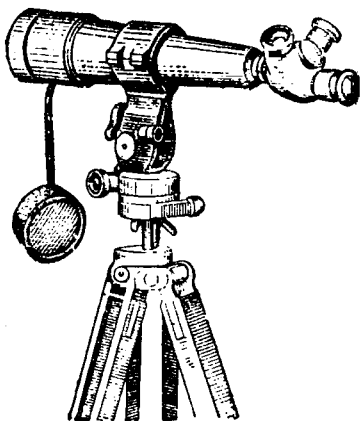


Рис. 168. Монокулярная зрительная труба с тремя увеличениями.

¹⁾ От греческого слова „пан“ — все, много. „Панкратический“ — имеющий много увеличений.

На пулеметах удобнее делать прицел не в виде прямой трубки, а в виде коленчатого прибора, поэтому пулеметные прицелы чаще бывают призмёнными. В таких прицелах (рис. 169 и 170) выпрямление изображений получается не

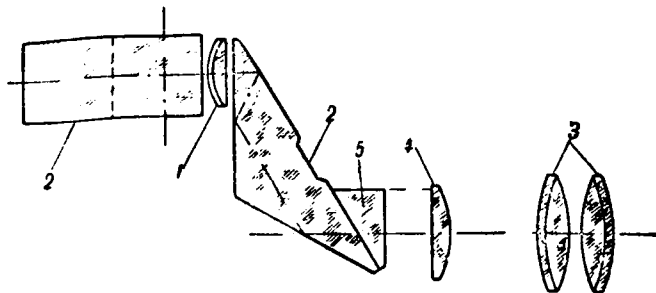


Рис. 169. Схема призмённого оптического пулеметного прицела. 1 — объектив; 2 — призма; 3 — окуляр; 4 — конденсор; 5 — клин призмы.

добавочными линзами, а с помощью призм полного внутреннего отражения. Так называют призмы, от грани которых лучи отражаются, как от зеркал, на основе закона полного внутреннего отражения. Происходит это в силу того, что лучи падают на каждую из граней призмы под углами, большими, нежели предельные углы преломления. Ход лучей в таком прицеле показан на рис. 169. Призмённые пулеметные прицелы дают увеличение в 2—2,5 раза и имеют поле зрения до 20°.

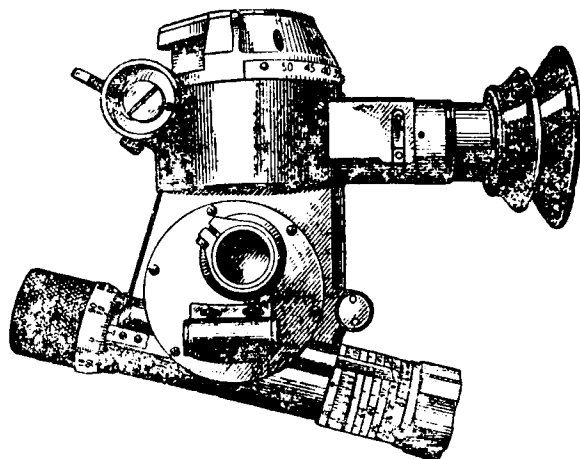


Рис. 170. Внешний вид оптического пулеметного прицела.

В этих прицелах уже нельзя ограничиться для прицеливания перемещением перекрестия вверх и вниз, так как угол возвышения пулемета при стрельбе на большие дальности достигает 30°. Поэтому здесь необходимы специальные механизмы, наклоняющие весь прицел, и уровень (рис. 170), помогающий устанавливать нужный угол, когда цель не видна. В силу этого весь оптический прицел пулемета получается довольно сложным и тяжелым (5—7 кг).

Наконец, на артиллерийских орудиях употребляются так называемые орудийные панорамы. Здесь в одном приборе собрана и зрительная труба, и точнейший прибор, позволяющий измерять весьма малые углы. Поэтому орудийный прицел называют панорамой-угломером. Кроме того, здесь прицел, с помощью которого стволу придается нужный угол возвышения, находится отдельно от оптической части (от панорамы), которая образует верхнюю часть прицельных приспособлений орудия (рис. 171 и 172). Наконец, само слово „панорама“ показывает, что оптическая часть

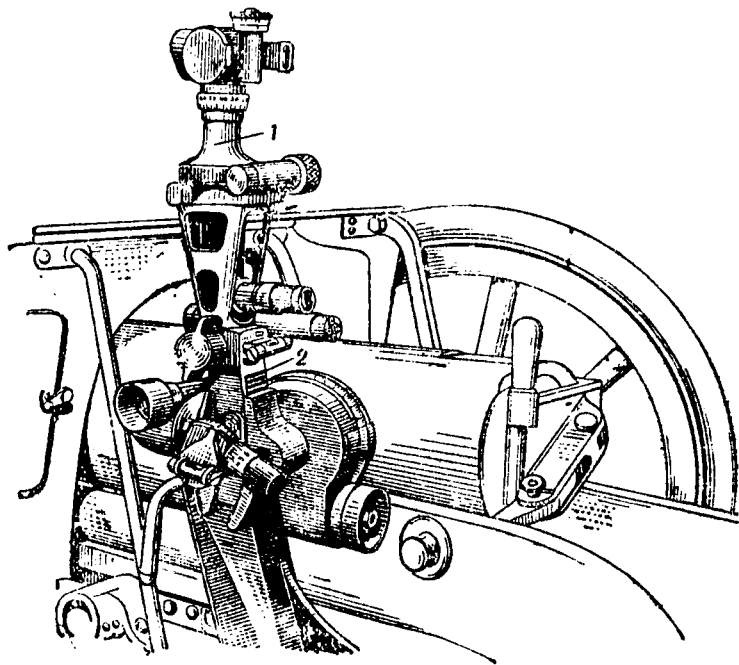


Рис. 171. Панорамное прицельное приспособление орудия. 1 — панорама; 2 — стебель прицела.

орудийного прицела позволяет, не сходя с места и не поворачивая головы, видеть всю местность кругом на полные 360° . Это очень важное для артиллерии свойство прицела позволяет быстро наводить орудие не только в цель, которую артиллеристы, находящиеся у орудия, обычно не видят, но и в любую выбранную заранее „точку наводки“, в стороне или сзади орудия. Все это вызывает большую сложность устройства панорамы.

В панораме, как и во всякой зрительной трубе, есть объектив и окуляр (рис. 172) из собирательных линз. Объектив находится не у отверстия трубы, а в вертикальной ее части, в корпусе панорамы. Сделано это потому, что от панорамы

НЕ требуется большого увеличения, но длина ее должна быть достаточна для устройства всех механизмов и для возможности наблюдать из-за укрытия, т. е. поверх орудийного щита или в специальное окно (рис. 171). Кроме линз, в панораме имеются три призмы.

Верхняя призма — „отражатель“ (рис. 172) — поворачивает все горизонтальные лучи на 90° , т. е. делает их вертикаль-

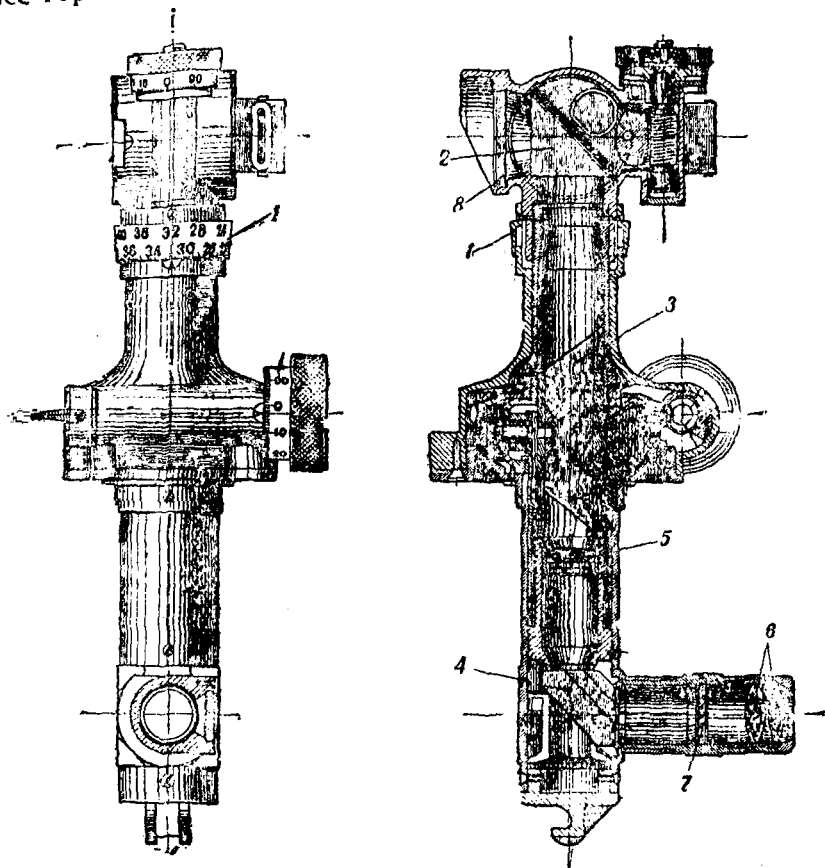


Рис. 172. Орудийная панорама. Слева — внешний вид; справа разрез. 1 — угломерное кольцо; 2 — призма-отражатель; 3 — поворачивающая призма; 4 — неподвижная призма; 5 — объектив; 6 — окуляр; 7 — стеклянная пластинка с перекрестием; 8 — защитное стекло.

ными, она как бы заменяет собой верхнее зеркало перископа (рис. 149). Призма-отражатель вместе с „головкой“ панорамы вращается вокруг своей оси и может быть направлена по желанию в стороны и назад под любым углом, измеряемым на кольце угломера (рис. 172). Кроме того, она может поворачиваться вверх и вниз, позволяя видеть точки, расположенные выше или ниже горизонта орудия.

Средняя призма называется поворачивающей, так как она поворачивает лучи, меняя их местами, чем достигается частичное выпрямление изображений. Эта призма также вращается вокруг своей оси, причем вращение это происходит согласованно с поворотами призмы-отражателя, так что изображения предметов в панораме при любых поворотах головки получаются всегда прямыми и представляются наблюдателю расположенными правильно и прямо перед ним.

Наконец, нижняя неподвижная или крышеобразная призма поворачивает лучи еще раз на 90° , т. е. снова делает их горизонтальными и, кроме того, окончательно выпрямляет изображение, образуящееся перед окуляром как раз в том месте, где находится стекло с перекрестием.

Орудийная панорама имеет 4-кратное увеличение и поле зрения в 10° . Наводчик, установив заданные деления на прицеле и на кольце угломера панорамы, совмещает перекрестие с целью и тем самым наводит орудие в цель. Если цель не видна, наводчик пользуется уровнем на прицеле, чтобы придать орудию нужный угол возвышения. Для направления же орудия в цель достаточно знать угол между целью и точкой паводки.

Установив этот угол на панораме, совмещают перекрестие ее с точкой наводки и тем самым наводят орудие в цель.

В настоящее время, когда станковые пулеметы располагают нередко подобно артиллерии на „закрытых позициях“ (например, на обратной стороне ската), наводчик пулемета также не видит непосредственно цель. Поэтому и прицелы для пулеметов делают панорамными или полупанорамными, т. е. дающими возможность, не поворачивая головы, видеть местность кругом на 360 , 240 или 180° . Устроены такие прицелы подобно орудийным панорамам, только значительно проще, чтобы получить меньшие размеры и вес прицела. Таким является и наш пулеметный прицел, показанный на рис. 170.

В заключение надо заметить, что во всех описанных прицелах, как видно из чертежей, линзы не простые, а сложные и состоят обычно из нескольких склеенных стекол, образующих одну общую систему. Делается это с целью улучшения изображения, главным образом, для устранения искажений формы и цвета — так называемой сферической и хроматической аберрации.

45. Дальше и лучше видеть цель

Оптические прицелы и земные зрительные трубы позволяют дальше и лучше видеть цель, но наблюдать в них можно лишь одним глазом. Такое наблюдение быстро утомляет глаз, не дает возможности видеть предметы рельефно, не позволяет определять, какой предмет находится дальше, а какой ближе. Естественно поэтому использовать на войне также и

приборы для наблюдения двумя глазами, лишенные всех перечисленных недостатков.

Один из таких приборов — бинокль — известен очень давно. В общезнании и теперь часто можно встретить галилеевский или обыкновенный бинокль, которым пользуются в театре. Но на войне эти бинокли ныне почти не применяются, так как лучшие образцы их при большом сравнительно весе и большой длине дают увеличение не более $6\times$ (так принято обозначать кратность), а поле зрения у них при таком увеличении равно всего лишь около 4° . В боевых же условиях часто бывает нужно получить при минимальных размерах прибора значительно большее увеличение и, главное, большее поле зрения, так как в бою время всегда очень дорого, а при малом поле зрения искать цель приходится долго и на осмотр местности уходит много времени.

Современный „военный“ бинокль — это бинокль призмный (рис. 173), в котором выпрямление изображений производится особыми призмами полного внутреннего отражения, так называемыми призмами Порро. Ход лучей в таком бинокле

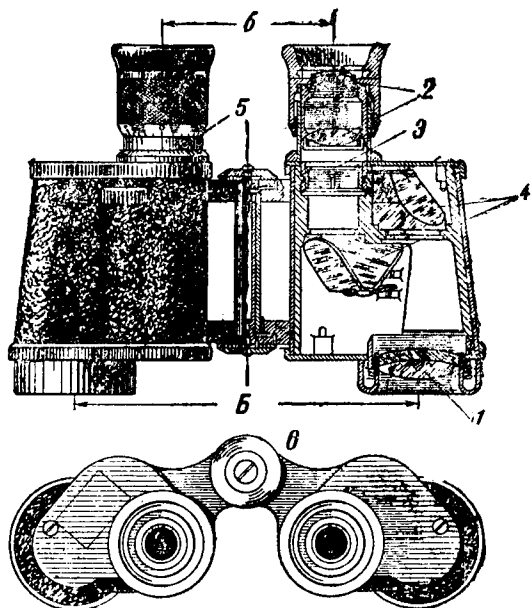


Рис. 173. Призмный бинокль. 1 — объектив; 2 — окуляр; 3 — сетка с делениями (на стекле); 4 — призмы; 5 — диоптрийная шкала для установки окуляров по глазам; 6 — шкала для установки труб по глазам; Б — база между объективами; б — база между окулярами.

и отдельно в призмах его показан на рис. 173 и 174.

Помимо выпрямления изображения, призмы позволяют поставить объективы ближе к окулярам, т. е. сократить длину всего прибора, а значит, и его вес. Кроме того, призмы дают прибору еще одно существенное преимущество перед галилеевским биноклем — они позволяют расставить объективы в два раза шире, чем окуляры (рис. 173), а благодаря этому призмный бинокль в два раза увеличивает дальность стереоскопического видения (очерк 42).

Тут надо вспомнить, что рельефно (пластично) мы видим лишь при зрении двумя глазами и на очень небольшое рас-

стояние, примерно до 0,5 км, так как глаза наши отстоят друг от друга всего лишь на 65 мм. Расставляя объективы в два раза дальше друг от друга, мы тем самым как бы увеличиваем вдвое расстояние между глазами, а значит, вдвое увеличивается и дальность стереоскопического видения.

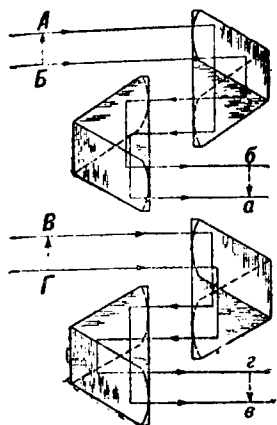


Рис. 174. Ход лучей в призмах бинокля.

Призменные бинокли вообще и некоторые специальные образцы их в особенности дают сравнительно очень большое поле зрения, а именно при увеличении $8\times$ поле зрения этих биноклей достигает 9° , в то время как у галилеевских биноклей при увеличении $6\times$ поле зрения не превышает 4° . Какую разницу составляет это для наблюдателя, показано на рис. 175.

Бинокли являются важнейшими и основными приборами для наблюдения в войсках. Как правило, их имеют все командиры и специальные бойцы-наблюдатели. При этом совсем недавно

войска могли обходиться одним основным образцом бинокля для всех надобностей — $6\times$ -призменным полевым биноклем, показанным на рис. 173. Однако, усложнившаяся боевая обстановка, появление новых родов войск (авиация, танки, химические войска) и непрерывное увеличение дальности всех видов оружия требуют уже ряда специальных образцов биноклей, приспособленных к новым задачам.

Появляются специальные бинокли-очки (рис. 176) для наблюдения из тряской боевой машины или с автомобиля; бинокли для наблюдения в противогазе, у которых окуляр имеет особое устройство, позволяющее перемещением окулярных трубок или резиновых раковин на них (рис. 177) сохранить все свойства бинокля при наблюдении как в противогазе (глаз удален от окуляра на 24 мм), так и без него; бинокли дальнего действия, дающие $12\times$ - и $20\times$ -увеличение (рис. 178); наконец, бинокли большой светосилы. Типичным образцом последних может служить бинокль, показанный на рис. 179, имеющий при увеличении $8\times$ светосилу 49. Этот бинокль отличается от обычных наличием такой системы призм, которая примерно в два раза сокращает путь света в толще стекол призм (рис. 179). Он предназначен для наблюдений при плохой видимости (сумерки, ночь, туман и т. п.).

Несмотря на отличные качества современных призменных биноклей, все же и они не вполне удовлетворяют войска, и особенно артиллеристов, которым необходимо тщательно изучать цели и непрерывно наблюдать за полем боя и за результатами своей стрельбы обычно на несколько километ-

ров. Рука устает держать бинокль у глаз, да и глаза утомляются, если смотреть в прибор непрерывно. А если все

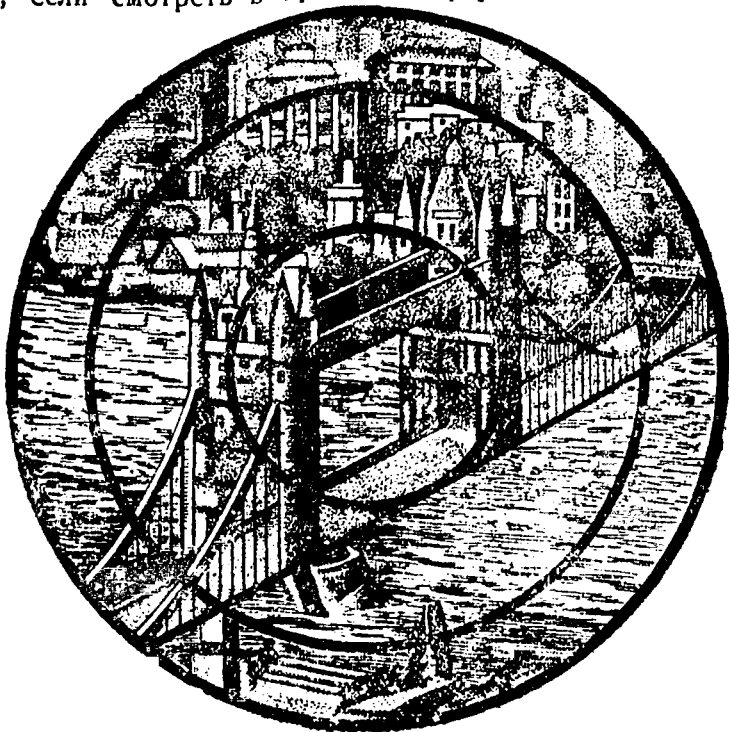


Рис. 175. Поле зрения шестикратных биноклей: галилеевского (внутренний круг), обыкновенного призмного (средний круг), новейшего (внешний круг).

время опускать и поднимать бинокль, то трудно каждый раз сразу найти нужный участок местности. В бинокль нельзя наблюдать из-за укрытия, значит, наблюдатель будет подвергаться в бою большому риску. А главное, бинокль все же не дает достаточно пластичного (рельефного) изображения удаленной местности. Все это привело к употреблению в артиллерии специальных наблюдательных приборов — так называемых стереотруб.

Стереотрубы бывают большие и малые. Малые стереотрубы употребляются редко и по своим свойствам немногим

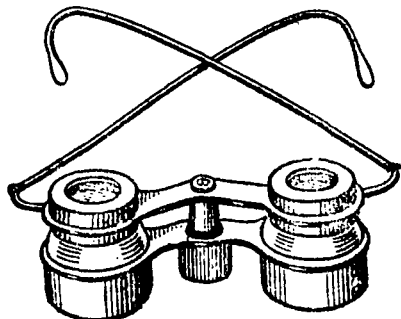


Рис. 176. Бинокль-очки для наблюдения из танка.

отличаются от биноклей. Большие же (рис. 180) устанавливаются на треноге или на специальном штыве и представляют собой сдвоенную коленчатую трубу длинной около 32 см. Ход лучей и внутреннее устройство стереотруб понятны из рис. 181, где представлена в разрезе одна из труб. Призмы здесь так же, как в орудийной панораме, выпрямляют изображения и изменяют ход лучей, позволяя наблюдать как при трубах, разведенных в стороны (рис. 182), так и сведенных вместе (рис. 181) в случаях расположения в укрытии.

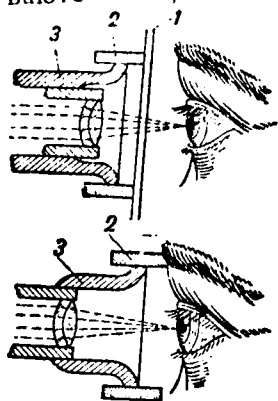


Рис. 177. Схема наблюдения в бинокль, приспособленный для противогаза. Вверху—противогаз надет; внизу—снят. 1—стекло очков противогаза; 2—резиновое кольцо; 3—раковины. В обоих случаях благодаря выдвижным раковинам окуляров расстояние между глазом и окуляром остается тем же.

При разведенных трубах стереотруба дает очень пластичное изображение даже весьма удаленной местности, так как у нее концевые отражатели расставлены в 11 раз дальше, чем окуляры. При сведенных же трубах стереотруба облегчает непрерывное наблюдение и делает его сравнительно безопасным. Кроме того, стереотруба позволяет измерять углы, для чего у нее есть перекрестие и специальный лимб с делениями (рис. 180). Большие стереотрубы имеют увеличение $10\times$ (иногда с переменной окуляра до $20\times$) и поле зрения 5° .

Как показал опыт позиционного периода первой мировой империалистической войны, во многих случаях войска не удов-

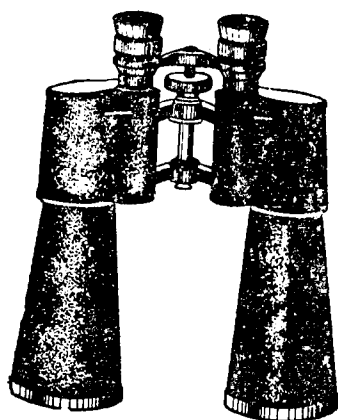


Рис. 178. Бинокль дальнего действия. Увеличение $20\times$.

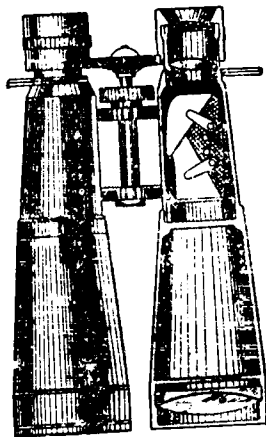
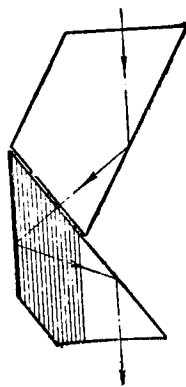


Рис. 179. Бинокль Нахт-Диалит и ход луча в его призмах.



летворялись даже и большими стереотрубами, так как наблюдающий в них все же не мог быть достаточно хорошо укрыт

от неприятельских снарядов. Поэтому в 1914—1918 гг. применялись еще более длинные зрительные трубы, называемые

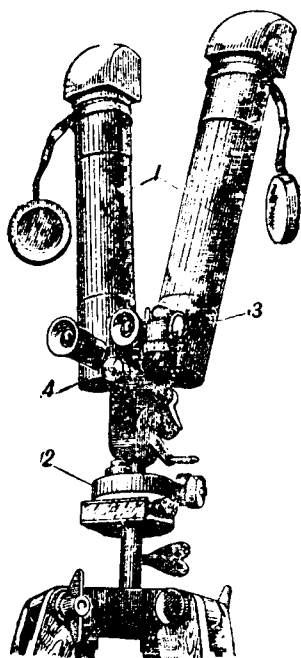


Рис. 180. Стереотруба. 1 — трубы; 2 — лимб; 3 — приспособление для измерения вертикальных углов; 4 — шкала для установки расстояния между окулярами.

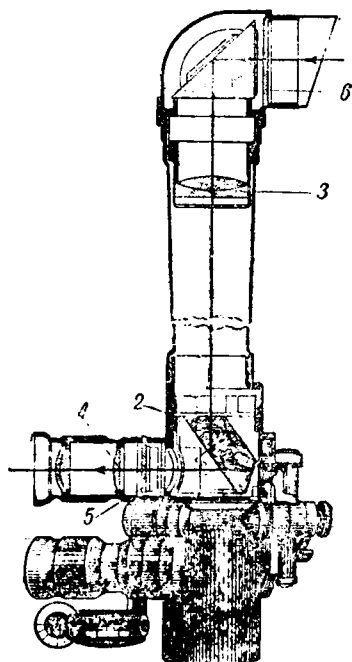


Рис. 181. Оптика стереотрубы (вид сбоку). 1 и 2 — призмы; 3 — объектив; 4 — окуляр; 5 — сетка с делениями (на стекле); 6 — защитное стекло.

гипоскопами (рис. 183). У этих труб высота доходила почти до 4 м, и устроены они были так, что позволяли наблюдать в них сразу двоим (можно было расставлять окуляры). Не удовлетворялись также и увеличением в $12\times$ и даже в $20\times$. Некоторые трубы (рис. 184) имели увеличение до $72\times$. Каждый объектив такой трубы имел диаметр 110 мм.

Применялись и применяют также наблюдательные бинокулярные трубы с переменным увеличением (рис. 185). Но эти трубы имеют большой вес (со штативом и футляром обычно более 10 кг) и поэтому мало распространены в войсках.

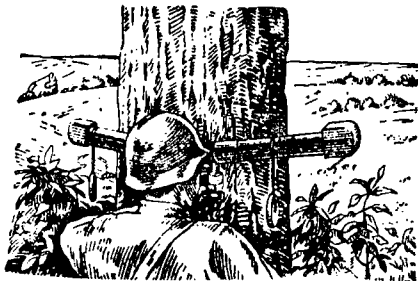


Рис. 182. Наблюдение в стереотрубу при разведенных трубах.

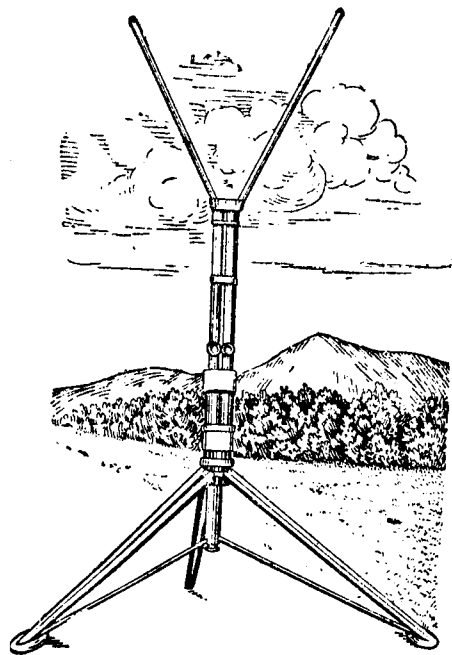


Рис. 183. Гипоскоп.

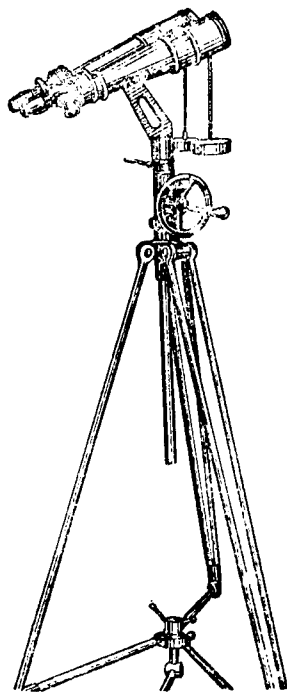


Рис. 181. Бинокулярная
зрительная труба ($72\times$
 $\times 110$).

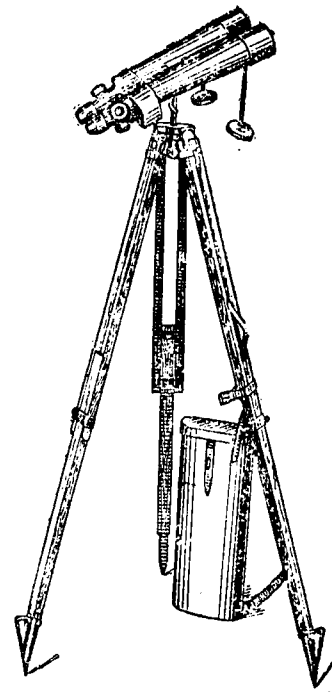


Рис. 185. Бинокулярная зрительная
труба с тремя увеличения-
ми: 12, 24 и $42\times$.

Мы познакомились уже с зеркальными перископами и их недостатками (очерк 40), а также более сложными приборами для наблюдения из-за укрытия (стереотрубы и гипоскопы). Однако, ни те, ни другие не обеспечивают войска во всех случаях их деятельности. Зеркальные перископы имеют слишком малое поле зрения и дают возможность наблюдать не дальше, чем видно простым глазом (даже несколько ближе). Стереотрубы же и гипоскопы слишком дороги, имеют большой вес и не могут быть поэтому широко распространены в войсках. А между тем всякий наблюдатель в пехоте, в особенности в период позиционной войны, т. е. когда войска зарываются в землю и подолгу стоят на одном месте, нуждается в удобном и дешевом приборе для наблюдения. Простейшим разрешением этой задачи является комбинация из зеркального перископа и бинокля. Тут вместо невооруженных глаз направляют на нижнее зеркало перископа бинокль. Это дает возможность наблюдать почти на такое же расстояние, как и в обычный бинокль, но поле зрения при этом получается очень малое. Поэтому стали изготовлять специальные оптические перископы для наблюдения одним глазом (это значительно удешевляет прибор).

Внутреннее устройство таких перископов обычно бывает подобно двум сложным объективам астрономических трубам (рис. 186) с добавлением вместо зеркал двух призм полного внутреннего отражения.

Известно, что если смотреть не в окуляр, а в объектив любой зрительной трубы, в том числе и бинокля, и астрономической трубы, то все предметы кажутся уменьшенными. Значит, верхняя часть перископа дает уменьшенное изображение местности. Но зато нижняя труба увеличивает это изображение, и если взять ее с большим, чем у верхней трубы, увеличением, то в конечном итоге наблюдатель будет видеть местность приближенной. Такое устройство нужно для того, чтобы прибор был достаточно длинным (иначе он не даст нужного укрытия) и с достаточным полем зрения. Призмы

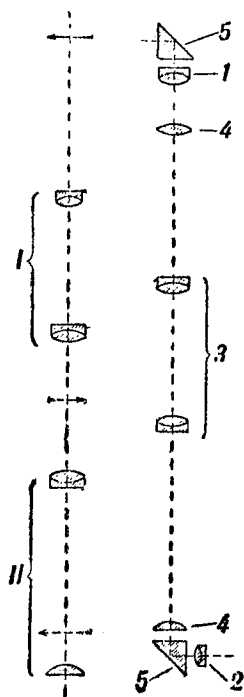


Рис 186. Схема оптического перископа. Слева — две сложные объектив-трубы I и II; справа — схема перископа. 1 — объектив; 2 — окуляр; 3 — оборачивающая система линз; 4 — коллективные линзы; 5 — призмы.

заменяют плоские зеркала обыкновенного перископа и дважды поворачивают лучи на 90° .

Однако, в таком виде перископ обладал бы очень значительной толщиной (диаметром трубы), поэтому в схему его

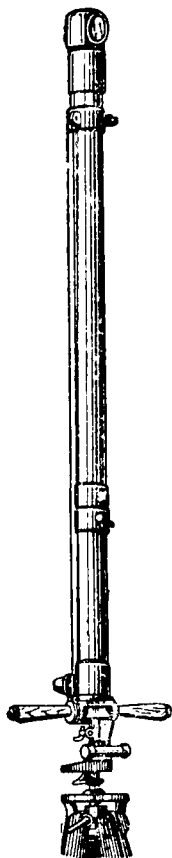


Рис. 187. Оптический перископ. Перископичность 3,1 — 1,7 м; увеличение 3х; поле зрения 17° ; вес 10 кг.

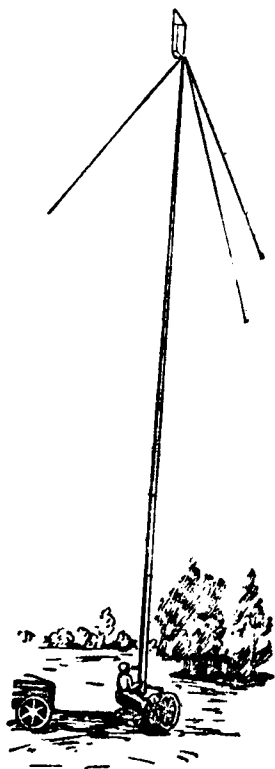


Рис. 188. Мачтовая перископическая труба.

добавляют обычно еще две так называемые коллективные линзы (рис. 186), которые как бы сгущают пучки лучей, позволяя уменьшить диаметр „объективов“ астрономических труб, составляющих перископ, а значит, позволяют уменьшить и общую толщину трубы перископа, что очень важно для уменьшения веса всего прибора.

В полной схеме перископа линзы носят разные названия, как и во всякой зрительной трубе; обращенную к предмету линзу называют объективом, обращенную к глазу линзу — окуляром; средние же — системой поворачивающих линз (иногда их заменяют одной).

Увеличение полевых перископов бывает от $1,5^{\times}$ до 10^{\times} при поле зрения от 24° до 5° . Перископичность их (очерк 40) колеблется от 70 см до 4,5 м. Один из типичных образцов современных перископов показан на рис. 187. В первую мировую войну немцы применяли перископ даже в виде маяковой трубы высотой в 26 м (рис. 188). Как видно из рисунка, укреплять такую трубу приходилось специальными растяжками из тросов, а для перевозки ее нужна была отдельная повозка.

В самое последнее время, подобно другим зрительным трубам, появились и перископы переменного увеличения, например французский траншейный перископ с четырьмя увеличениями (рис. 189). Смена увеличений достигается в этом перископе поворотом центрального кольца (возможны две установки) и сменой окуляров, что дает всего четыре различных увеличения.

Особое значение приобретают перископы на подводных лодках (очерк 24). Когда лодка погружена в воду, ее глазами является перископ, кончик которого торчит над поверхностью воды.

Перископы подводных лодок (рис. 190) в основном имеют такое же устройство, как и полевые (окопные) перископы. Разница состоит лишь в том, что здесь не нужно значительного увеличения и очень важно как можно больше увеличить поле зрения. Дело в том, что командир подводной лодки управляет ею, глядя в перископ, поэтому он должен видеть сквозь него так же, как если бы он глядел невооруженным глазом. Иначе трудно рассчитать удаление тех или иных предметов и вообще труднее ориентироваться в окружающей лодку обстановке. Перископы подводных лодок бывают длиной до 10 м и имеют увеличение примерно $1,5^{\times}$, а поле зрения около 60° . Устройство этих перископов, особенно старых систем, иногда бывало очень сложным; они соединяли в себе свойства и перископов, и

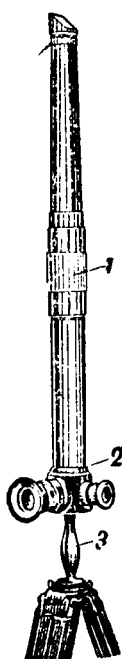


Рис. 189. Перископ с четырьмя увеличениями. 1—центральное кольцо; 2—окуляры; 3—полая ручка.

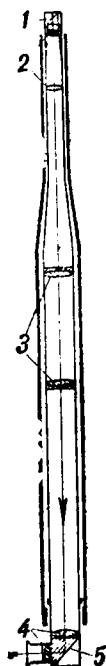


Рис. 190. Схема перископа подводной лодки. 1—верхняя призма; 2—объектив и коллективная линза; 3—оборачивающая система линз; 4—окуляр с коллективной линзой; 5—нижняя призма.

панорам (так называемые клептоскопы), а иногда они позволяли видеть всю местность кругом (на 360°), причем не надо было поворачивать ни всего прибора, ни верхней его части (такие приборы называют **омнископами**). Чтобы дать представление о том, что видит наблюдатель (командир) в такой прибор, на рис. 191 показано поле зрения оми-



Рис. 191. Поле зрения оми-скопа (перископа с кольцевым изображением).

Выше мы отмечали уже (очерк 43), что наблюдать из танка сквозь узкие щели в броне очень трудно и рискованно, если щели не защищены специальным пуленепробиваемым стеклом-

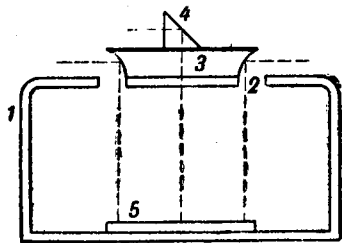


Рис. 192. Схема проекта танкового оми-скопа. 1 — камера; 2 — кольцевая щель; 3 — кольцевое зеркало; 4 — призма; 5 — матовое стекло (экран).

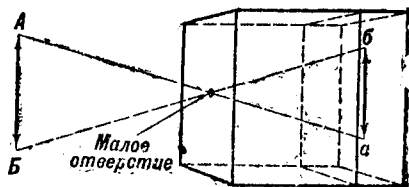


Рис. 193. Схема камеры-обскуры. АБ — предмет; аб — изображение предмета.

триплекс. Неудобен и стробоскоп. Поэтому искали более совершенных приборов наблюдения из танка, обеспечивающих и хорошую видимость, и надежную защиту наблюдателей от поражения. Одним из проектов таких приборов и являлся танковый оми-скоп (рис. 192), имевший кольцевое узкое отверстие с кольцевым параболическим зеркалом и над ним в центре прямоугольную призму полного внутреннего отражения, под которой также было устроено маленькое круглое

отверстие. Лучи света от окружающих предметов, отражаясь от зеркала и проходя через узкую щель, дают на специальном экране внизу прибора кольцевое изображение по принципу камеры-обскуры, т. е. камеры с малым отверстием (рис. 193). Кроме того, по тому же принципу в центре экрана получается небольшое изображение того участка местности, на который направлена призма. Призму эту можно вращать. Прибор, как видим, получился очень простой, но зато с существенными недостатками, из которых главный — слабая освещенность изображения. Хорошо можно видеть местность в омнископ только в яркий день, в мгле же и сумерках он вовсе не даст изображений.

Танковый омнископ поэтому не получил распространения. Из других проектов оптических наблюдательных приборов на танке можно отметить еще танковый перископ и так называемый геоскоп.

Танковый перископ состоит из броневых куполов (рис. 194) с двойными стенками, между которыми по кругу установлено 24 перископа, отличающихся от описанных ранее перископов формой верхних призм и отсутствием нижних призм, вместо которых поставлены матовые стекла (рис. 195). На этих стеклах, как на экранах, и получаются изображения,

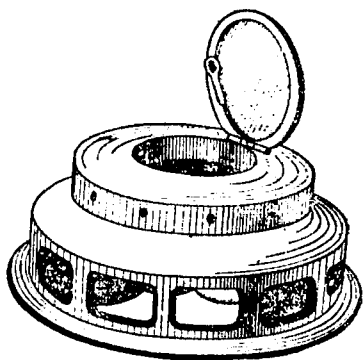


Рис. 194. Броневый купол танкового перископа.

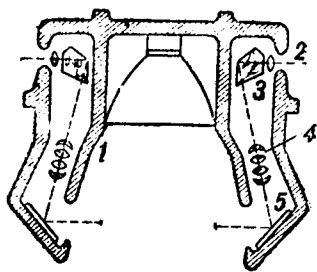


Рис. 195. Схема танкового перископа (1-й вариант). 1 — корпус перископа; 2 — объектив; 3 — призма; 4 — оборачивающая система и коллективные линзы; 5 — матовое стекло (экран).

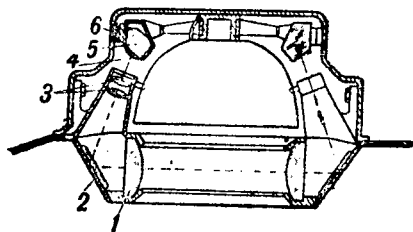


Рис. 196. Схема танкового перископа (2-й вариант). 1 — окуляр; 2 — зеркало; 3 — оборачивающая система линз; 4 — коллективная линза; 5 — призма; 6 — объектив.

которые рассматривает наблюдатель. В действии всегда находится лишь половина всех перископов (12), по числу которых и сделаны наружные отверстия в броне и матовые стекла. Остальные 12 перископов являются запасными и вводятся в действие (в случае попадания пуль в объективы) поворотом

на 15° кольца, на котором установлены все перископы. Как видим, и здесь получается нечто подобное омнископу, т. е. круговой обзор без поворотов прибора, но наблюдателю нужно поворачивать голову, чтобы видеть различные участки местности.

Основной недостаток этого прибора тот же, что и у омнископа, т. е. плохая видимость при плохом освещении, так как на матовом стекле изображение ясное и четкое можно получить только при ярком свете. Поэтому пытались заменить матовые стекла зеркалами и особыми большими линзами (рис. 196), позволяющими наблюдать сквозь них, не приближаясь к стеклам, а с расстояния около 25 см. Это важно, так как при тряске и колебаниях танка держать глаз у линзы рискованно. В этом — одна из главных трудностей устройства всех приборов для танка. Танковый перископ описанного типа очень дорог, громоздок и неудобен, поэтому и этот прибор практически не применяется.

Геоскоп¹⁾ — это прибор не для наблюдения из танка вообще, а лишь для наблюдения пути (земли) водителем танка. У геоскопа (рис. 197) изогнутая под прямым углом трубка заключает в себе сложный объектив с коллективом,

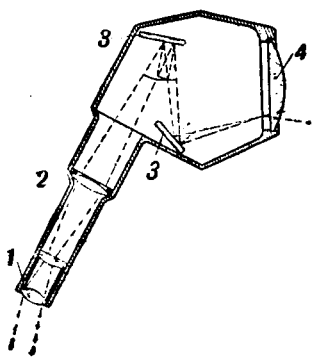


Рис. 197. Геоскоп. 1 — объектив; 2 — коллективная линза; 3 — зеркало; 4 — окуляр.

два плоских зеркала и большой окуляр, позволяющий наблюдать в него с расстояния более 50 см, т. е. в условиях полной безопасности от удара при любых толчках. Кроме того, такое удаление глаза от окуляра позволяет водителю одновременно управлять машиной и наблюдать за дорогой.

Танк, как известно, является боевой машиной и имеет огнестрельное оружие — пулеметы и пушки. Из танка надо не только наблюдать, но и стрелять, а значит, и прицеливаться (наводить оружие). Людей в танке очень мало, и часто командир танка яв-

ляется в то же время и стрелком. Неудивительно поэтому, что стремятся дать танку такой наблюдательный прибор, который одновременно являлся бы и прицельной трубкой, т. е. позволял бы и следить за полем боя, и наводить оружие в замеченную цель. В настоящее время такие приборы уже имеются. Например, современный панорамный танковый прицел представляет собой видоизмененную орудийную панораму с большим полем зрения и таким окуляром, который позволяет стрелку наблюдать в прибор при

¹⁾ Ог греческих слов „ге“ — земля и „скопео“ — наблюдаю рассматриваю.

значительном удалении глаза от окуляра. Последнее необходимо для избежания ушибов при тряске. Вращение и наклон головки этого прицела производятся изнутри, поэтому он позволяет быстро осматривать всю местность кругом, а в случае нужды, поворотом головки на некоторый угол, учитывать упреждение на свой ход и на движение цели (очерк 10).

В заключение отметим, что приспособленность прибора к наблюдению в него из-за укрытия настолько важна при современном развитии огневых средств поражения, что все большее и большее количество военных приборов для стрельбы и наблюдения делают перископическими. Для примера на рис. 198 показана перископическая буссоль.

Как видим, наука и техника достигли в этой области отличных результатов, вооружив войска — и зарывшиеся в землю, и ушедшие под воду, и закрытые в бронированных машинах — различными приборами, позволяющими наблюдать за противником, прицеливаться, наводить оружие в цель, оставаясь невидимым для противника.

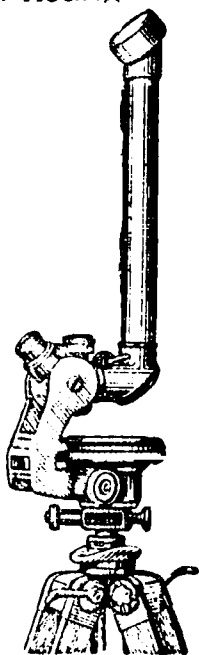


Рис. 198. Перископическая буссоль.

47. Как измеряют расстояния, не сходя с места

Известно много способов измерения расстояния между двумя точками без непосредственного промера. Однако, почти все эти способы требуют или особых условий (наличие вблизи одной из точек высокого дерева или дома), или чаще всего довольно длительных измерений вспомогательных расстояний. Не сходя с места, более или менее точно измерить расстояние до удаленной точки позволяют лишь специальные оптические приборы — дальномеры. Все оптические дальномеры основаны на решении прямоугольного треугольника по острому углу и противолежащей стороне (рис. 199). Тригонометрия позволяет, зная величину угла BAB и отрезка BB , вычислить также и величину отрезка AB . Таким образом, если нам нужно узнать расстояние между точками A и B , то достаточно отмерить от B некоторое расстояние BB , так называемую базу, и затем определить угол BAB , который называют параллаксом базы.

Все это и выполняют оптические дальномеры „с постоянной базой“, позволяющие измерять расстояние, не сходя с

места и без помощи других приборов или людей, т. е. как раз в таких условиях, какие чаще всего бывают на войне.

Дальномеры „с постоянной базой“ получили свое название благодаря тому, что величина отрезка $БВ$ (рис. 199) у них постоянная (в оптических дальномерах она находится в самом приборе), изменяется же и подлежит измерению только угол $БАВ$.



Рис. 199. Дальномерный треугольник. $Д$ — дальность; $б$ — база; $Е$ — параллактический угол.

В зависимости от принципа устройства таких дальномеров они разделяются на два вида: монокулярные, т. е. для наблюдения одним глазом, и стереоскопические, т. е. использующие особенности зрения двумя глазами.

Монокулярные дальномеры (рис. 200) имеют такое устройство: по концам длинной (обычно не меньше 50—70 см, а чаще более 1 м) горизонтальной трубы находятся призмы-отражатели, условно показанные на схеме в виде простых плоских зеркал¹⁾. В середине трубы одна над другой находятся другие две призмы, соответственно параллельные концевым призмам. Между призмами расположены линзы-объективы, а перед средними призмами — окуляр. Кроме того, между одним из двух объективов и средней призмой находится система вращающихся тонких призм, образующих так называемый измерительный компенсатор (Π_1 и Π_2 на рис. 200).

Если предмет, до которого хотят измерить расстояние, находится в „бесконечности“ (например, звезда), то на обе

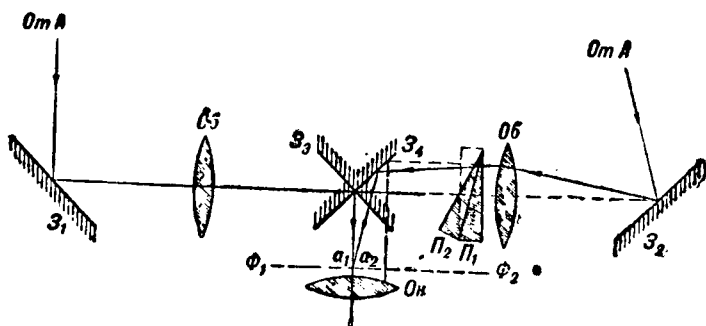


Рис. 200. Упрощенная схема монокулярного дальномера. $ОБ$ — объектив; $Ок$ — окуляр; $З_1$ — $З_4$ — зеркала (призмы); $\Pi_1\Pi_2$ — призмы компенсатора (клины); $\Phi_1\Phi_2$ — фокальная плоскость; a_1a_2 — изображения от точки $А$.

концевые призмы упадут параллельные лучи, и в объектив будет видно лишь одно слитное изображение предмета. Если же предмет $А$ находится не дальше 10—12 км, то лучи от него будут заметно непараллельны и в силу этого различно

¹⁾ Иногда, несмотря на неудобства при установке, в дальномерах применяют и простые плоские зеркала, так как они меньше поглощают свет.

отразятся и преломятся в призмах и линзах правого и левого колен дальномера (на рис. 200 ход такого луча в правом колене показан пунктиром). Благодаря этому наблюдатель увидит изображение, у которого верхняя часть не будет совпадать с нижней (рис. 201), так как каждая из средних призм покрывает только одну половину поля зрения дальномера.

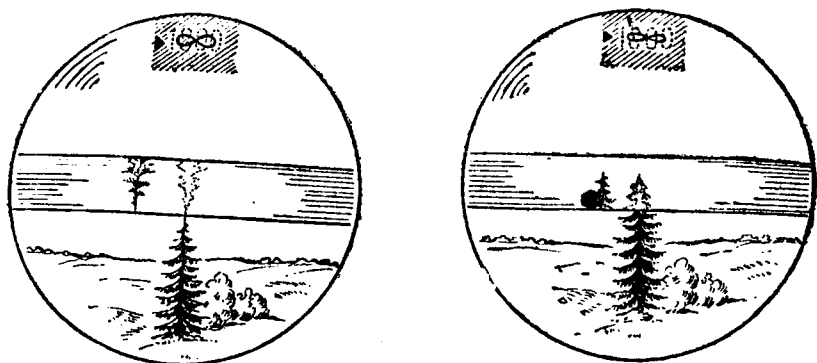


Рис. 201. Поле зрения монокулярных дальномеров. Слева — типа инверт (перевернутый); справа — типа коинцидент (смещение).

Предполагается при этом, что добавочные призмы P_1 и P_2 образуют плоскопараллельную пластину (показано на рис. 200 пунктиром), не влияющую на ход луча.

Чтобы определить теперь расстояние до точки A , надо вращать с помощью специального маховичка одну из добавочных призм (P_2) до тех пор, пока изображения в верхней и нижней частях поля зрения не сольются. Этим самым и производится измерение угла BAV , так как очевидно, что чем больше этот угол, тем большее смещение произойдет в частях поля зрения. На основании расчетов в дальномере заранее наносится шкала расстояний либо на самом маховике, вращением которого совмещают поле зрения, либо сбоку или сверху видимого наблюдателю поля зрения (рис. 201). Таким путем в очень короткий срок и достаточно точно определяется расстояние до любой точки в пределах досягаемости дальномера. Недостатками этих дальномеров являются трудность определения расстояния до быстродвигающихся целей (самолеты, конница, танки) и сравнительно быстрое утомление глаза наблюдателя (работает только один глаз). Монокулярные дальномеры находят себе широкое применение в войсках, особенно в пулеметных частях и войсковой артиллерии (рис. 202).

Стереоскопический дальномер устроен по несколько иному принципу. Здесь уже каждое колено трубы заканчивается в середине самостоятельной полной призмой и своим окуляром (рис. 203). Поэтому наблюдатель видит в него поле зрения, подобное получаемому в бинокле или в стереотрубе.

Но так как длина трубы берется обычно более метра, то вся местность видна очень рельефно, что и позволяет отчетливо сказать, какой предмет дальше, а какой ближе к наблюдателю.



Рис. 202. Монокулярный дальномер с базой 1,25 м.

Достаточно бывает в этом же поле зрения нанести на стекле специальные знаки, подобные удаляющимся верстовым столбам (рис. 204), чтобы наблюдатель сразу мог сказать, на каком расстоянии от него находится любой видимый предмет.

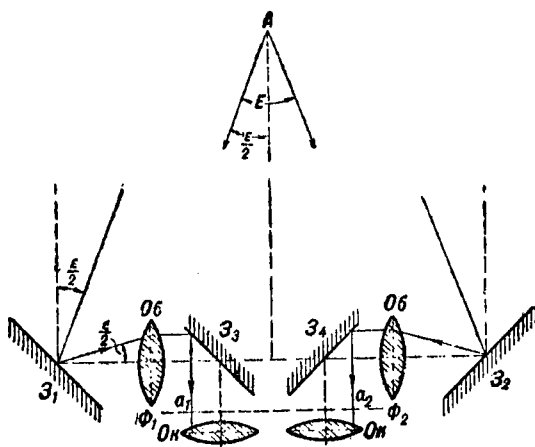


Рис. 203. Упрощенная схема стереоскопического дальномера. $З_1$ — $З_4$ — отражатели; $Об$ — объективы; $Ок$ — окуляры; $Ф_1, Ф_2$ — фокальная плоскость; a_1, a_2 — изображения точки A .

Еще точнее получаются измерения, когда в поле зрения дальномера помещается так называемая „подвижная метка“ (рис. 205), видимая наблюдателю стереоскопически, т. е. как бы висящей в воздухе над тем или иным предметом. В действительности метка эта неподвижна, она награвирована на стеклянных пластинках, укрепленных в фокальных плоскостях окуляров дальномера, движется же вперед и назад изображение

местности, получаемое в дальномере. Перемещение изображения местности производится специальным маховиком, на котором сразу можно прочесть расстояние до того предмета, над которым кажется висящей метка. В этом дальномере, как бы быстро ни двигалась цель, наблюдатель успевает сле-

дить за ней и все время „перемещать“ метку, т. е. непрерывно измерять расстояние до цели. Глаза наблюдателя не утомляются, так как он без напряжения смотрит обоими глазами.



Рис. 204. Поле зрения стереодальномера с постоянной шкалой.

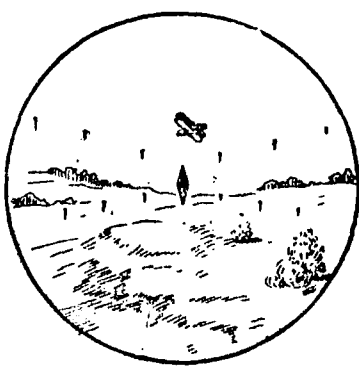


Рис. 205. Поле зрения стереодальномера с подвижной меткой.

Единственный недостаток стереоскопических дальномеров — это их громоздкость и необходимость подбирать наблюдателей к ним из числа лиц с хорошим стереоскопическим зрением, а главное, — проходить с ними довольно длительный курс обучения. Внешний вид стереодальномеров показан на рис. 206 и 207.

Те и другие оптические дальномеры очень помогают войскам, позволяя им быстро определять расстояния до целей. Особенно большое значение имеет это для стрельбы по самолетам и на море, где на-глаз определять расстояние почти невозможно.

Недостатком всех оптических дальномеров, кроме громоздкости их, является также трудность укрытия их на поле боя, отсутствие у них перископичности. Это вызывает стремление получить хотя бы небольшие дальномеры (для пулеметчиков), сочетающие в себе дальномер и перископ. Достигается это либо включением перископа внизу перед окуляром (рис. 208), либо перископическими надставками над концевыми отражателями (рис. 209). Однако, до сих пор такие

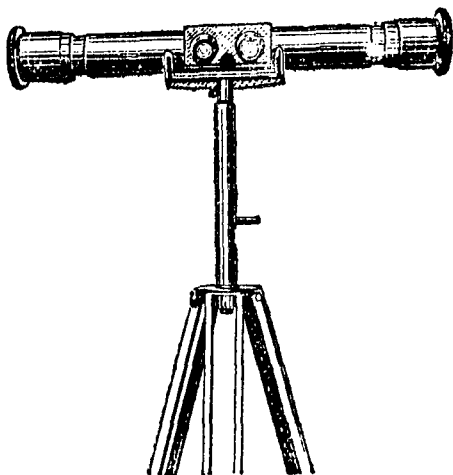


Рис. 206. Внешний вид 50-сантиметрового стереодальномера с постоянной шкалой.

перископические дальномеры распространения не получили вследствие несовершенства их оптики, большой сложности устройства и высокой стоимости.

Несмотря на сравнительно большую точность современных оптических дальномеров, они все же и в этом отношении да-

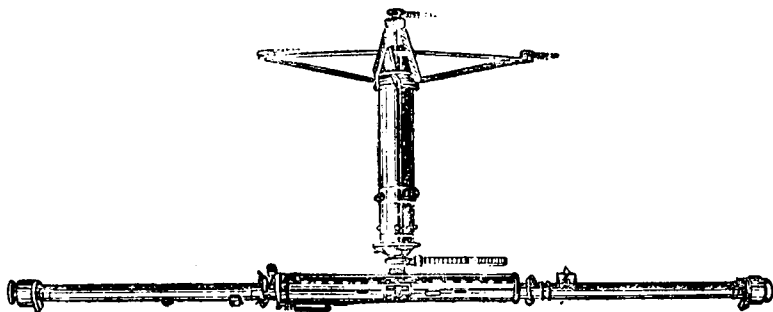


Рис. 207. Внешний вид 4-метрового стереодальномера с подвижной меткой.

леко не удовлетворяют требованиям, предъявляемым к ним войсками. Если на небольших и средних дальностях (до 4—5 км) точность дальномеров удовлетворительна, то дальше они дают

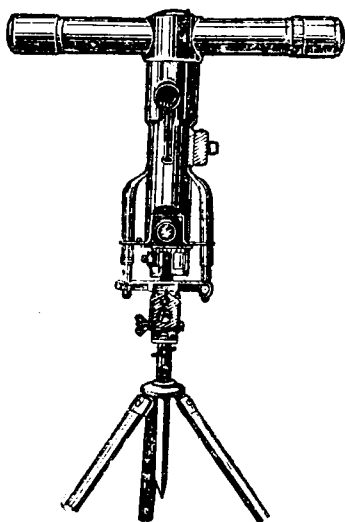


Рис. 208. Перископический дальномер с опущенным окуляром.

уже существенные ошибки. Точность всех дальномеров зависит прежде всего от величины их базы, поэтому сейчас изготавливают оптические дальномеры с базой не только в 10, но даже в 30 м (рис. 210). Однако, даже из рисунка ясно, что такие дальномеры могут найти себе применение лишь в условиях стационарной (неподвижной) установки, например в береговой обороне или для противовоздушной обороны тыла страны (больших городов).

Попытки создать более точные дальномеры при небольшой базе (до 2 м) привели к устройству сложных комбинированных дальномеров, в которых используется принцип совмещения, и стереоскопии. Получается дальномер типа стереоинверт или стерео-

коинцидент. В таком дальномере каждый глаз видит два изображения — одно прямое, а другое — перевернутое (смещенное), и в то же время вся местность видна стереоскопически, что уточняет совмещение полученных изображений. Дальномеры эти еще мало испытаны; есть основания ожидать

от них большей точности, но зато они имеют больший вес (две трубы вместо одной). Таким образом, и этот способ уве-

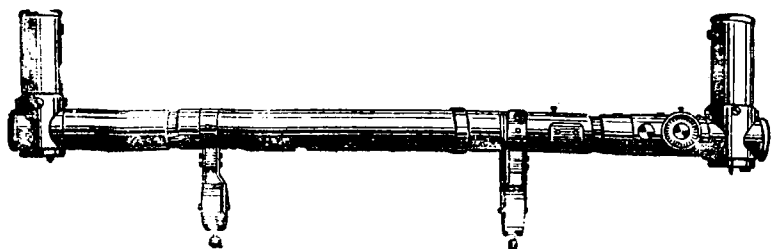


Рис. 209. Перископический дальномер с поднятыми объективными окошками.

личения точности связан с уменьшением подвижности дальномеров и доступности их войскам.

Дальномеры вообще дороги, сложны, громоздки и по условиям боевой обстановки далеко не всегда могут быть при-

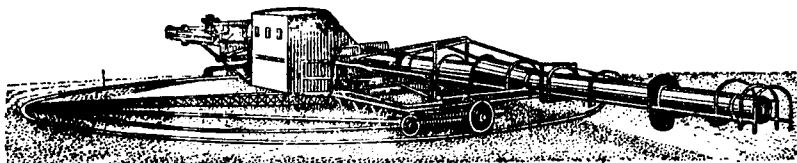


Рис. 210. Дальномер с базой в 30 м.

менены. Поэтому в войсках пользуются еще и другими, более простыми приборами и приемами определения дальности.

В частности, измерять расстояния (иногда с достаточной точностью) позволяет особая сетка с делениями¹⁾, имеющаяся во всех военных биноклях, стереотрубах, оптических перископах и других зрительных трубах (рис. 211), а также перекрестие в оптических ружейных прицелах (рис. 166). Здесь принцип измерения основан также на решении треугольника, но базой в нем является уже не длина прибора, а какая-либо известная заранее величина (размер) предмета, до которого измеряют расстояние (рис. 212). Сетка же в приборе или расстояние между нитями перекрестия при-

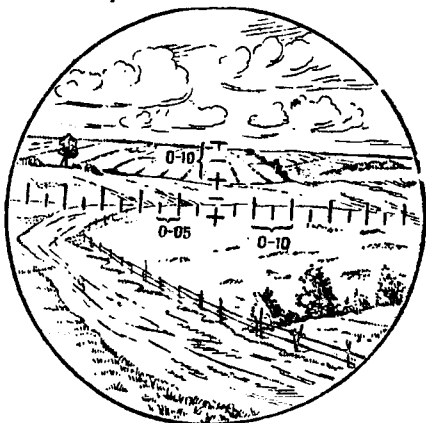


Рис. 211. Сетка с делениями для измерения углов.

¹⁾ Основное назначение ее — измерение углов при целеуказании и стрельбе.

цела позволяют измерить угол, под которым видна эта база, т. е. определить так называемый параллакс базы.

При этом углы измеряют обычно не в градусах и минутах, а в делениях угломера или, иначе, — в „тысячных“, т. е. эта единица измерения углов подобрана так, что она соответствует дуге, равной 0,001 радиуса.

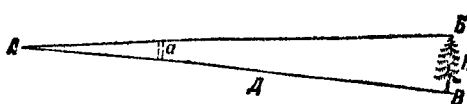


Рис. 212. Определение дальности D по известной высоте предмета H и углу зрения a на предмет.

Нетрудно понять, что от угловых величин в тысячных можно простым расчетом быстро пе-

рейти к линейным величинам. Если известно расстояние, т. е. радиус, то по углу можно узнать размеры предмета; и обратно, можно определить расстояние (радиус), если известны размеры предмета.

Подобным приемом нередко приходится пользоваться в бою для определения расстояний, так как он, во всяком случае, более точен, чем определение расстояния на-глаз.

48. Оптический обман лучше прочного щита

Чтобы укрыться от пуль и снарядов в бою, есть два пути: защитить себя от поражения устройством прочного щита из бетона, стали, бревен, камня и земли или сделаться невидимым врагу (спрятаться, обмануть врага). То и другое одинаково находит применение на войне. При всякой к тому возможности войска строят окопы, убежища, щели или используют в качестве щита местные предметы (канаву, бугорок, ствол дерева, дом, забор).

Кроме того, войскам всегда необходимо по возможности скрыть себя, вводя противника в обман. Как бы прочно ни было убежище и как бы хорош ни был окоп или щит, но если они отчетливо видны противнику, то всегда найдутся средства, с помощью которых любое сооружение может быть разрушено.

В силу всего этого мы и написали в заголовке нашего очерка, что оптический обман лучше прочного щита и, можно добавить, нужен даже самому прочному щиту. Если противник не видит и не знает точно, где наши войска, где тот или иной город или важный объект ПВО, то он не может причинить им большого вреда.

Каким же путем можно сделаться невидимым и обмануть врага? Способов таких очень много, и почти все они основаны на зрительных обманах, т. е. на использовании недостатков нашего зрения. Мы здесь не перечислим и сотой доли тех приемов, с помощью которых войска могут ввести в заблуждение врага, и остановимся лишь на главнейших принципах маскировки, интересных с точки зрения физики.

Известно, например, что видимость всех тел зависит прежде всего от яркости их освещения. Устранив освещение, можно тем самым сделать объект невидимым. Поэтому так важно применение и значение светомаскировки (затемнения) и в системе ПВО, и в войсках на фронте. Другой распространенный в войсках прием устранения или уменьшения яркости освещения — это использование тени. В тени можно спрятаться и от наземного, и от воздушного врага (рис. 213).

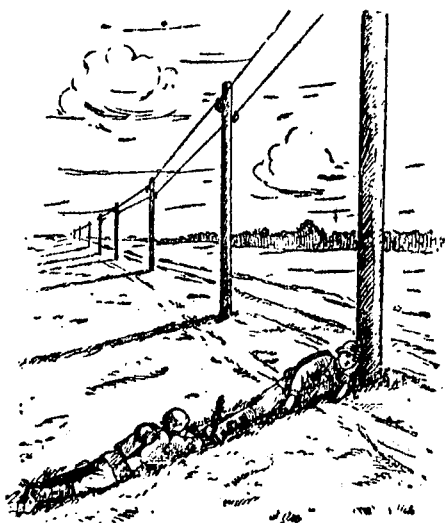


Рис. 213. Маскировка тенью.

Однако, тень не всегда помогает прятаться. Для этого нужна тень, которая прикрывает не только того, кто прячется (то, что прячут), но и тень самого прячущегося (того, что прячут). Иначе тень при наблюдении с самолета является демаскирующим, т. е. помогающим обнаружить, признаком.

В чем здесь дело, нетрудно понять, если взглянуть на различные фигуры, как они видны сверху в солнечный день (рис. 214). Сам объект (пехотинец, всадник, танк) иной раз

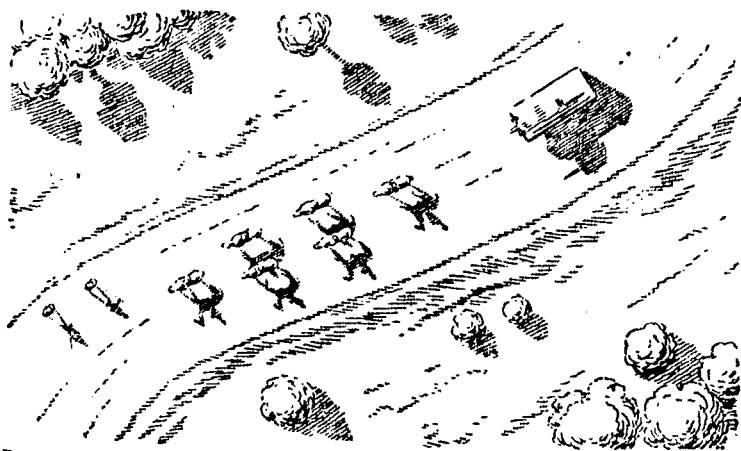


Рис. 214. Тени, демаскирующие предметы на аэрофотоснимке.

не был бы вовсе виден, и во всяком случае его трудно было бы опознать, но благодаря тени все сразу становится ясным. Бороться с демаскировкой тенью проще всего путем ее унич-

тожения; для этой цели человеку можно лечь на землю, а другие объекты укрыть в тени других предметов. Иногда можно исказить вид тени, покрыв, например, повозку брезентом, пару лошадей — одной попоной и т. п.

Громадное значение для степени видимости предметов играет окружающий их фон, причем тут одинаково важны и яркость освещения фона, и его цвет. Так, например,



Рис. 215. Использование фона в целях маскировки. Слева — верное, справа — неверное (фон выдает наблюдателя).

звезды и Луна не видны простым глазом днем только потому, что яркое небо делает их невидимыми. В большую зрительную трубу те же звезды и Луна видны и днем, так как труба является как бы козырьком для глаза, защищая его от действия на сетчатку ярко освещенного неба. Тот же примерно смысл имеет и прикрытие глаз козырьком фуражки или рукой, но здесь мы защищаем глаза, главным образом, от раздражающего действия солнца. На ярко освещенном фоне невидимы лишь яркие предметы, темные же тела, наоборот, резко выделяются. Поэтому блестящий штык менее заметен на фоне неба, чем на темном фоне, а человек, наоборот, на фоне неба виден отчетливо (рис. 215).

Этим же объясняется незаметность зажженной лампы, костра и спички днем и яркая видимость их издали ночью.

Таково же и действие окраски фона. Если цвет фона близок к цвету предмета, то предмет виден плохо, и его можно не заметить вовсе. Если же цвета резко отличаются друг от друга, то предмет виден ясно. Так как на войне нередко возможна произвольная окраска важных для сокрытия предметов, то в войсках и в тылу применяют специальные приемы краскомаскировки. Прежде всего бойцов оде-



Рис. 216. Наблюдатели в зимних маскахалатах.

вают в одежду „защитного“ цвета, т. е. цвета, наименее видного на фоне зелени и земли. Зимой разведчики надевают белые халаты, чтобы сделаться невидимыми на фоне снега (рис. 216), а летом—маскостюмы или пестрые халаты, скрывающие их на летнем фоне местности (рис. 217, 218). Чтобы скрыть



Рис. 217. Маскировка бойцов маскостюмами с вплетенной в них травой.

орудие, окоп или стрелков, покрывают их полотнищами, окрашенными в цвет окружающей местности, или сеткой, в которую вплетают траву (если кругом луг), колосья ржи (если кругом рожь).

Краскомаскировкой пользуются также с целью обмануть врага. Если только прикрыть настоящий окоп, противник,

естественно, не поверит, что здесь нет войск, которые обязательно выдадут себя стрельбой, шумом и т. п. Надо еще



Рис. 218. Камуфлированные маскхалат и масккостюм.

уверить противника в наличии окопов там, где их нет на самом деле. Для этого распыляют краску цвета земли где-либо в стороне от окопов (рис. 219). С самолета или с высокого наблюдательного пункта окрашенная так полоса будет казаться окопом. Подобно этому, можно окраской мостовых и сооружений города (объекта ПВО) исказить их вид, вводя противника в заблуждение, дезориентируя его.

Можно также скрыть истинный вид и размеры предмета, причудливо окрасив его произвольной формы пятнами. Такую окраску называют камуфля-

жем (рис. 218, 220 и 221). Камуфлированный танк или самолет настолько теряют свою форму, что издала трудно, а иногда и совсем невозможно разобрать, что это такое.

Однако, не нужно забывать, что маскировка — дело сложное и иногда при неумелом ее применении вместо пользы может принести вред. Для примера возьмем способ покрытия маскируемого предмета тканью. Если ткань гладкая и неудачно окрашена, то сверху она будет видна отчетливо, так как окружающая земля рассеивает свет, а гладкая ткань будет отражать свет.

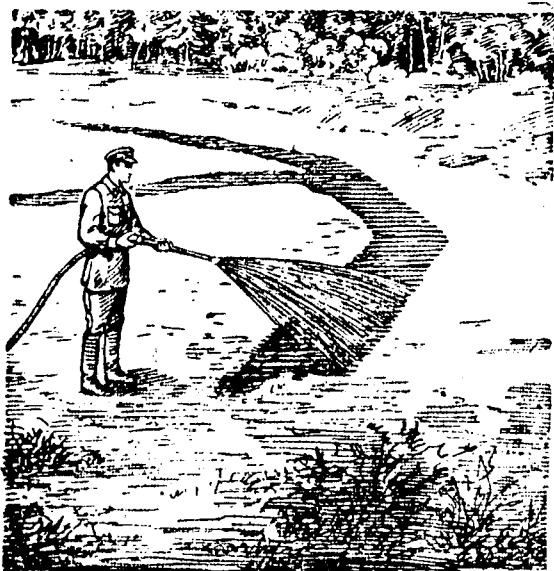


Рис. 219. Имитация окопа.

Чтобы легче было разоблачать маскировочные сбманы противника, оптика, вызвавшая их, сама же дает и средства против них. Лучше всего обнаруживает маскировку фотогра-

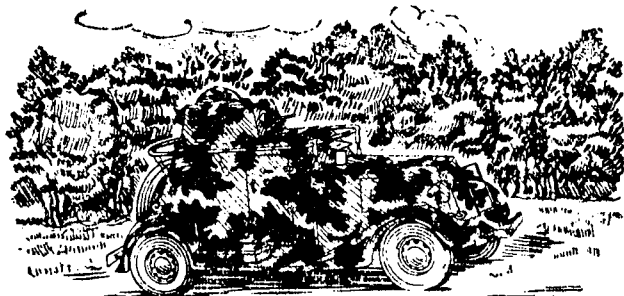


Рис. 220. Камуфлированный броневомобиль.

фия. То, что глазом заметить иной раз невозможно, на фотоснимке видно отчетливо. Отчасти с целью такого разоблачения придумали даже особые фотокамеры (рис. 222 и 223),

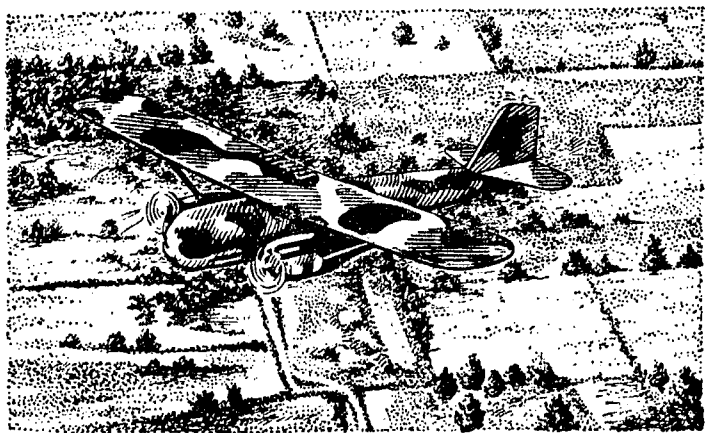


Рис. 221. Камуфлированный самолет на фоне земной поверхности.

или приспособляют фотоаппарат к биноклю или к стереотрубе (рис. 224 и 225), чтобы делать перспективные снимки местности на большие расстояния. Но чаще всего маскировку разоблачают снимками с самолетов; поэтому особенно тщательно маскироваться нужно сверху.

В настоящее время маскировка составляет одну из существенных отраслей военного дела, и ее применяют во всех случаях боевой деятельности и охраны тыла. Приведенные здесь примеры могут служить доказательством того, что полное понимание приемов маскировки и сознательное, умелое использование их требуют хорошего знания физики вообще и учения о свете в частности.

Фотография и в особенности аэрофотография имеют сейчас громадное значение на войне не только как средство разоблачения маскировки, но и как точный и быстрый способ

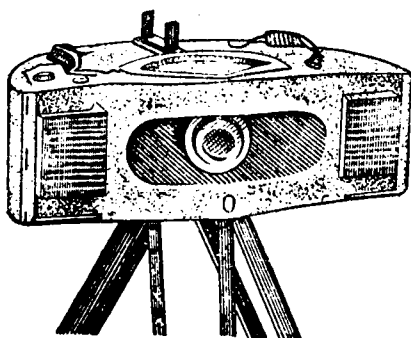


Рис. 222. Панорамная фотокамера.

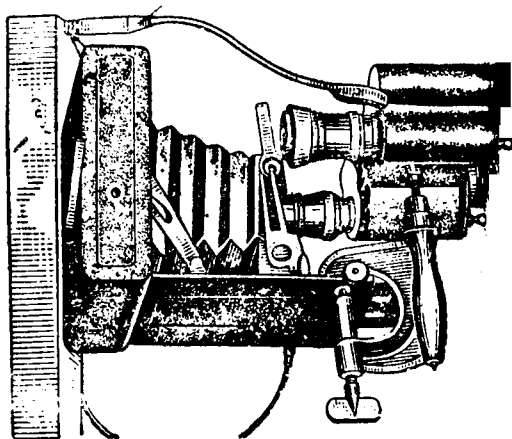


Рис. 224. Фотобинокль для перспективной съемки местности.

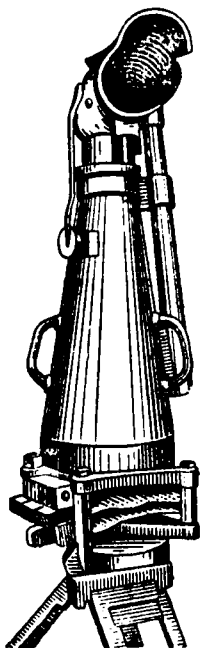


Рис. 223. Перископическая фотокамера.

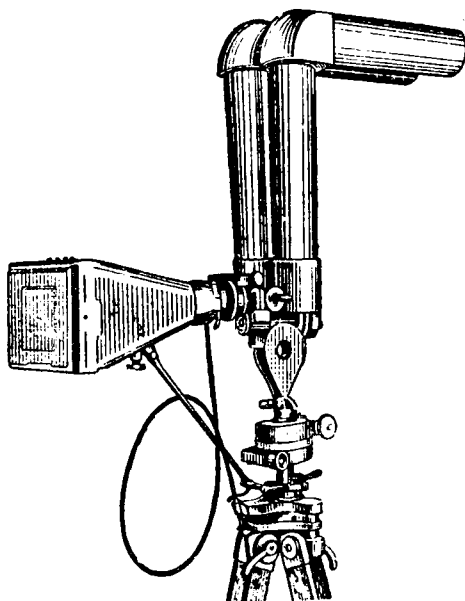


Рис. 225. Фотостереотруба.

составления карт, планов, схем, панорам местности и т. п. Специальные телеобъективы позволяют и с самолета, и с земли производить съемку на расстоянии в несколько километров, а новейшие методы использования инфракрасных лучей,

наименее поглощаемых воздухом, позволяют делать фотографии (на особых, конечно, пластинках, чувствительных к этим лучам) на расстоянии сотен километров, сквозь облака, в туман и даже ночью (очерк 64).

Фотография ныне является мощным средством войсковой разведки, позволяя летчику представлять документ, подтверждающий его наблюдения, и раскрывать такие подробности, которые он мог не заметить в полете.

Артиллеристам фотография помогает как при работе их совместно с авиацией (стрельба с помощью летчика-наблюдателя), так и на земле, облегчая точное указание места целей. Чтобы облегчить возможность съемки на земле из передовых окопов, имеются специальные перископические фотокамеры (рис. 223).

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК

49. Элемент, который заряжают водой

Гальванический элемент, как простейший источник электрического тока, в мирной жизни применяется, главным образом, в сигнальных приборах (электрический звонок, различные нумераторы и т. п.), а также в маленьких карманных фонарях. Для передачи же сигналов или разговора на расстоянии (телеграф и телефон) пользуются током от динамомашинок или от аккумуляторов.

Совсем не то на войне. В условиях походной и боевой жизни в передовой полосе мелким подразделениям войск возить с собой громоздкие машины и двигатели к ним, или тяжелые и неудобные аккумуляторы было бы затруднительно. Поэтому для телефона, а часто и для телеграфа, на войне пользуются в качестве источников тока элементами. Элементы эти, однако, не совсем простые. В мирной жизни мы привыкли видеть элементы Лекланше или Даниэля собранными в стеклянных сосудах с налитой в них жидкостью. Такие элементы стоят обычно где-либо на полке, и трогают их лишь в случае порчи, т. е. 1—2 раза в год. Представьте себе, что случилось бы с этими элементами, если их постоянно возить в тряских повозках по плохим дорогам, а иногда и без дорог. Банки мигем бы разбились, а жидкость даже из уцелевших

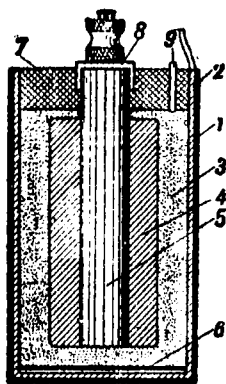


Рис. 226. Схема сухого элемента. 1 и 6 — парафинированный картон; 2 — цинковая коробка; 3 — пористое вещество, пропитанное электролитом; 4 — деполаризатор (агломерат); 5 — уголь; 7 — смолка; 8 — медный колпачок; 9 — трубочка для выхода газов.

ших банок быстро расплескалась. Очевидно, для военных целей нужны иные элементы, не боящиеся подвижной боевой жизни войск. Такие элементы известны давно и носят название сухих элементов.

Сухие элементы (рис. 226) имеют такие основные отличия от всем известных элементов Лекланше: 1) вместо стеклянной

банки все части элемента собираются в цинковой коробке, которая одновременно служит одним из электродов (цинк); 2) вместо наполняющей элемент жидкости (электролит) помещается пористое тело (древесные опилки, гипс), пропитанное жидкостью; 3) сухой элемент закрыт со всех сторон (сверху его заливают смолой).

Благодаря такому устройству сухие элементы можно переворачивать, класть на бок, подвергать тряске, и при всем том они сохраняют свои свойства, продолжая служить источниками тока.

Однако, сухой элемент имеет существенный недостаток — он негоден для длительного хранения и не выносит сырости. Если бы элементы прямо с завода поступали в войска и ставились там на работу, все было бы хорошо. Но стоит им полежать несколько месяцев на складе или в войсковой части, как они начинают расходоваться, не работая. Во-первых, несмотря на герметическую закупорку, часть жидкости все же испаряется, высыхает. Во-вторых, цинковая коробка разъедается жидкостью. И, в-третьих, концы электродов, прикасаясь к стенкам ящика (особенно в случаях сырости), образуют цепь, благодаря чему элемент расходуется.

Поэтому сухие элементы употребляются в войсках редко, их можно встретить в карманных электрических фонарях и в мирном обиходе.

В войсках же чаще всего пользуются водоналивными элементами (рис. 227), которые отличаются от сухих тем, что при изготовлении их наполняют смесью сухих опилок с сухими солями (нашатырь, сулема). Нужная же для растворения солей вода наливается в элемент перед самым его употреблением на месте работы, т. е. в войсках.

Пока вода не налита в элемент, он не заряжен, а значит, не может ни работать, ни расходоваться. Вот и получается, что элемент заряжают... водой.

По устройству водоналивной элемент отличается от сухого наличием у него двух стеклянных трубок (рис. 227): одной для наливания воды (она доходит почти до дна элемента) и другой для выхода воздуха при зарядке и для выхода газов при работе элемента.

Для зарядки элемента надо постепенно вливать в него чистую (лучше кипяченую) воду при температуре 15—20°.

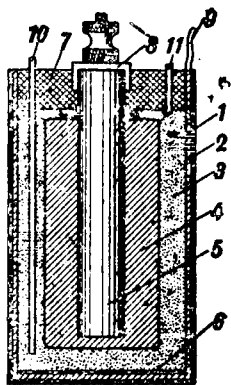


Рис. 227. Схема водоналивного элемента. 1 и 6 — парафинированный картон; 2 — цинковая коробка; 3 — пористое вещество, смешанное с солями; 4 — агломерат; 5 — уголь; 7 — смола; 8 — медный колпачок; 9 — вывод от цинка; 10 и 11 — трубочки для доливания воды и выхода газов.

Водоналивные элементы дают электродвижущую силу 1,45—1,50 вольта и имеют внутреннее сопротивление около 0,2 ома. Полезная емкость их равна 12 ампер-часам. Иногда их делают двойными, т. е. в одной коробке собирают два последовательно соединенных элемента. Тогда, очевидно, электродвижущая сила такой батареи будет равна 2,9—3,0 вольта.

Водоналивной элемент удобен для хранения, он может лежать в сухом помещении годами, не теряя своих свойств. Однако, при хранении в сырости он впитывает в себя влагу из воздуха и заряжается, превращаясь тем самым в сухой элемент со всеми его недостатками.

Недостатком этого элемента является также необходимость заблаговременной (за 12 часов) его зарядки. На войне иной раз и этого малого промежутка времени не бывает. Поэтому в войсках употребляют еще сухоналивные элементы, устройство которых во всем подобно водоналивным, за исключением нужных для электролита солей: их не смешивают с опилками заранее (на заводе), а в виде готовой „активной жидкости“ прикладывают в склянках (флаконах) на каждые два элемента. Очевидно, сухоналивной элемент никак не может испортиться при хранении и в этом отношении является наилучшим; зато перевозка стеклянных флаконов с жидкостью неудобна, и поэтому эти элементы не находят себе широкого применения в войсках.

Основным для войск является пока все же водоналивной элемент, который следует лишь тщательно оберегать от сырости,— и тогда он полностью удовлетворяет войска.

50. Как изолируют провода на войне

Телеграфные и телефонные провода в мирной жизни изолируются от столбов стеклянными или фарфоровыми изоляторами. Сами же провода представляют собой обыкновенную железную или медную проволоку. Когда есть время и возможность, войска также пользуются постоянными линиями на столбах с изоляторами. Но такая возможность представляется редко, так как подвижность войск заставляет их постоянно перемещать свои линии связи. А в мелких подразделениях войск, в передовой полосе, линия на столбах обычно не может применяться также по соображениям маскировки.

На войне телеграфные линии чаще всего прокладывают на специальных легких шестах (рис. 228), телефонные же провода кладут прямо на землю или подвешивают на местных предметах (дома, деревья, столбы) или на любых шестах и вехах (рис. 229). Естественно, что при таком устройстве линий надо особо позаботиться об изоляции проводов. Кроме того, военный провод должен быть прочным, гибким и легким.

Все это приводит к такому устройству „полевого“ телеграфного или телефонного „кабеля“. Вместо целой проволоки проводником в кабеле служит жила — пучок скрученных тон-

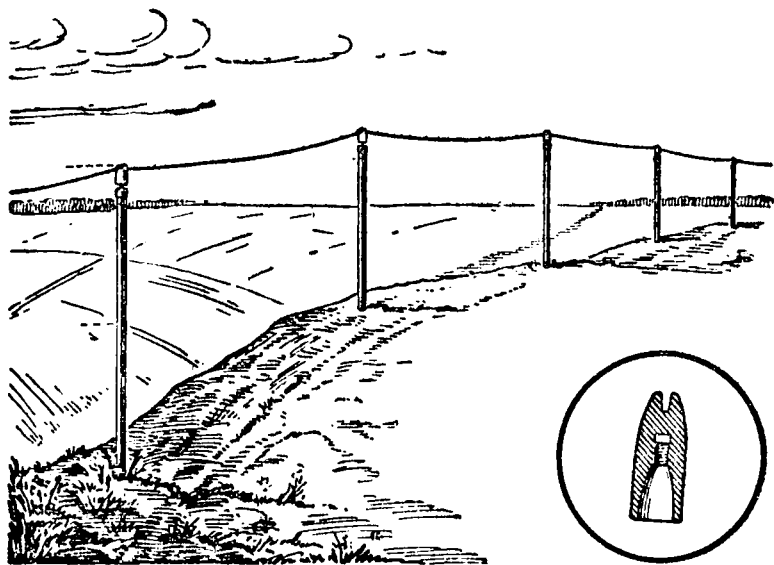


Рис. 228. Шестовая телеграфная линия на эбонитовых изоляторах.

ких стальных дуженых и медных проволочек (рис. 230). В телефонном кабеле обычно бывает либо 6 стальных и 1 медная

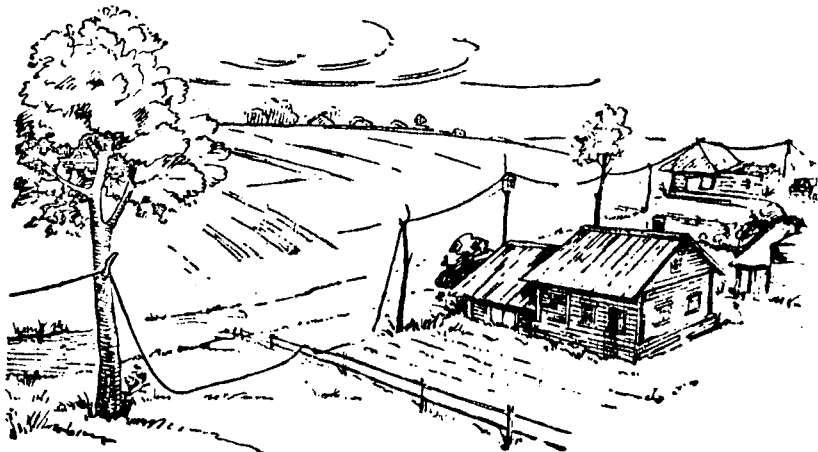


Рис. 229. Полевая телефонная линия на вехах и местных предметах.

проволочка (все диаметром 0,23 мм), либо 2 стальных и 1 медная (0,41 мм каждая). Медная проволочка служит для уменьшения сопротивления кабеля (вспомните хорошую проводи-

мость меди), а стальные проволоочки нужны для прочности и гибкости его. Один километр такого кабеля имеет сопротивление около 250—300 ом и весит около 7 кг. Сверху жила

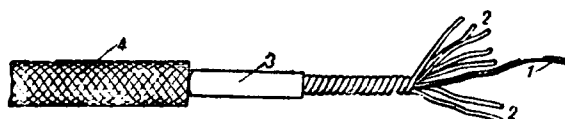


Рис. 230. Полевой телефонный кабель. 1 — медная проволоочка; 2 — стальные проволоочки; 3 — изоляция (резина); 4 — оплетка.

покрыта слоем изоляции (рис. 230) из вулканизированной резины, т. е. резины с примесью серы (это обеспечивает лучшую сохранность изоляции при переменах темпера-

туры). А чтобы эта изоляция быстро не изнашивалась и не могла быть повреждена при прокладке линии, сверху ее покрывают оплеткой из льняных или хлопчатобумажных ниток. Наконец, чтобы предохранить оплетку от гниения и улучшить общую изоляцию кабеля, оплетка пропитывается составом из озокерита (горный воск) и древесного дегтя ($10\frac{1}{0}$).

Таким путем проводник (жила) хорошо изолирован по всей своей длине и не боится соприкосновения с землей и даже с водой.

Очевидно, что целостность изоляции кабеля играет громадную роль при передаче по телефону и телеграфу, так как при неисправной изоляции ток легко может уйти в землю. Особенно важно это для телеграфа, который требует более сильного тока и аппараты которого очень чувствительны ко всякой утечке тока; поэтому телеграфный кабель изолируют еще прочнее, чем телефонный. Даже „облегченный“ телеграфный кабель имеет два слоя резины и толстую оплетку. Но и этого мало. На войне нередко приходится прокладывать кабель по дну реки, если она шире 150 м, или зарывать в землю, чтобы кабель не перебили снаряды противника. В таких случаях употребляют речной бронированный кабель (рис. 231), который имеет жилу в 7 медных проволок, тройную каучуковую изоляцию, слой прорези-

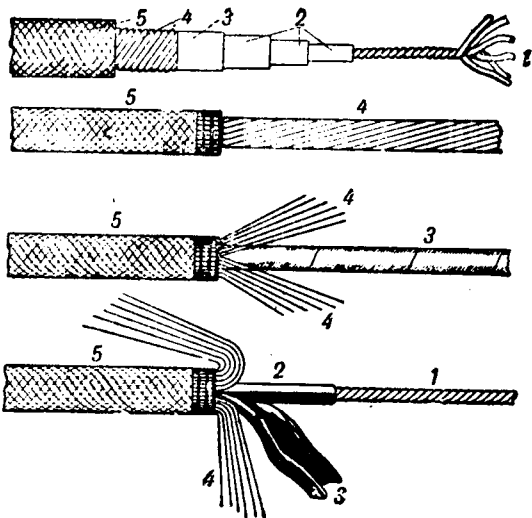


Рис. 231. Речной бронированный кабель. 1 — медные проволоочки; 2 — каучуковая изоляция; 3 — прорезиненная лента; 4 — броня из железных проволок; 5 — оплетка.

нной резины и толстую оплетку. Но и этого мало. На войне нередко приходится прокладывать кабель по дну реки, если она шире 150 м, или зарывать в землю, чтобы кабель не перебили снаряды противника. В таких случаях употребляют речной бронированный кабель (рис. 231), который имеет жилу в 7 медных проволок, тройную каучуковую изоляцию, слой прорези-

ненной ленты и „броню“ из 32—36 железных проволок (оплетка обычная, но толстая).

На войне телеграфная и телефонная связь имеет очень большое значение. Без связи войсками нельзя управлять, а без управления нельзя дружно действовать. Поэтому охрана исправности линий связи — дело чрезвычайно важное. Охрану несут войска, но к той же цели привлекается и местное население. Каждый, кто хочет помочь Красной Армии на войне, должен всячески заботиться об охране телеграфных и телефонных линий.

51. Хороший ли проводник земля?

Известно, что телеграф и телефон работают обычно при одной линии проводов; вместо другого провода цепь замыкают через землю, пользуясь ее проводимостью. Для этого концы проводов присоединяются к медным листам, зарытым в землю.

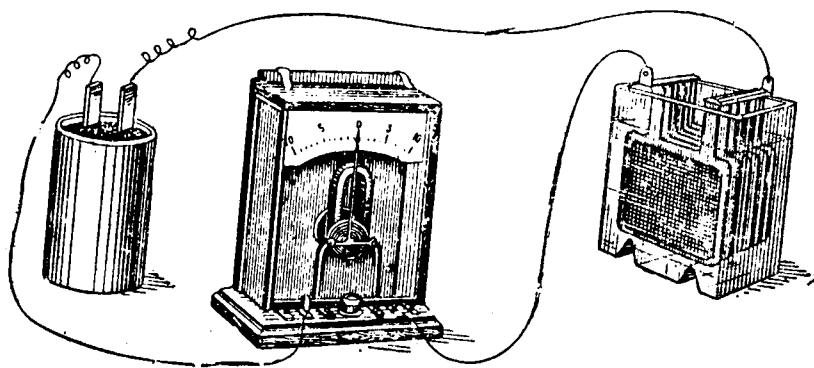


Рис. 232. Опыт испытания электропроводности земли.

Обычно считают, что земля — хороший проводник, а следовательно, можно и даже выгодно заменять ею второй провод (обратный). Так как вопрос о проводимости земли имеет особое значение на войне и, в частности, для полевых телефонных и телеграфных линий, разберем его подробнее.

Прежде всего сделаем такой опыт. Возьмем стакан, наполненный сухим песком или сухой землей, взятой с поверхности почвы. Опустим в стакан с землей две медные пластинки (рис. 232), соединенные с полюсами аккумулятора. Кроме того, включим в цепь гальванометр или любой прибор, показывающий присутствие тока (электрический звонок, лампочка на 3 вольта и т. п.). Если земля — хороший проводник, то, очевидно, в нашем опыте цепь должна быть замкнута, и гальванометр должен показать наличие тока в цепи (стрелка отклонится). В действительности этого не случится.

Сухая земля для тока напряжением в несколько вольт (такие токи называют часто слабыми) является не только плохим проводником, но даже изолятором.

Теперь возьмем раствор поваренной соли в воде и смочим им землю в стакане. Цепь тотчас замкнется, что и покажет отклонение стрелки гальванометра. Следовательно, влажная земля благодаря присутствию в ней раствора солей (или кислот) является хорошим проводником тока.

Теперь должно быть понятным, почему заземления проводов делают на известной глубине, где земля всегда влажная. Специальные опыты показали, что выгоднее всего зарывать заземление на глубине около 2,5 м, и в этом случае, если заземление имеет форму стержня, сопротивление току в том месте, где стержень соприкасается с землей, оказывается равным 50—60 ом. Поэтому в мирной жизни заземления делают в виде больших листов, имеющих значительную поверхность соприкосновения с землей и вследствие этого небольшое сопротивление току.

Само собой разумеется, что очень большое значение имеют состояние и род почвы. В сырых и низких местах земля неплохо проводит ток и вблизи поверхности (удельное сопротивление садовой земли равно 4000 оми-сантиметров, а растительного перегноя — 1000 ом см), в горах же при скалистом грунте на любой глубине земля является очень плохим проводником (удельное сопротивление не менее 20 000 ом см) или даже изолятором. После дождя земля лучше проводит ток, в засуху — много хуже.

После всего сказанного может возникнуть сомнение в выгодности замены второго провода землей, так как всякому должно быть ясно, что во всех случаях земля является значительно худшим проводником, чем металл. Однако, это было бы поспешное и неверное заключение. Надо вспомнить, что сопротивление току зависит не только от материала проводника, но и от толщины его. Провода всегда имеют незначительную толщину (диаметр несколько миллиметров), по земле же ток может распространяться свободно, так как здесь проводник имеет громадное (неограниченное) поперечное сечение. Между двумя заземлениями образуется как бы разветвление тока (рис. 233), причем около заземления ток проходит по небольшому поперечному сечению слоя земли, удаляясь же от заземления, он захватывает все большую и большую толщу земли. В результате получается, что заметное сопротивление току оказывают места соприкосновения заземлений, остальной же путь ток по земле проходит почти без всякого сопротивления. Поэтому в конечном итоге, в особенности при больших расстояниях, земля в качестве проводника выгоднее, чем любой металлический провод.

Теперь посмотрим, как все это отражается на работе телеграфа и телефона на войне. Подвижные телеграфные и теле-

фонные станции, естественно, не могут возить с собой большие листы для заземления, тем более что обычно нет времени для закапывания их в землю. Для заземления в войсках употребляют простые стержни (рис. 234) из оцинкованного железа, длиной: для телефонов — 22 см и для телеграфа — 55 см. Стержни не закапывают, а просто втыкают в землю. При такой

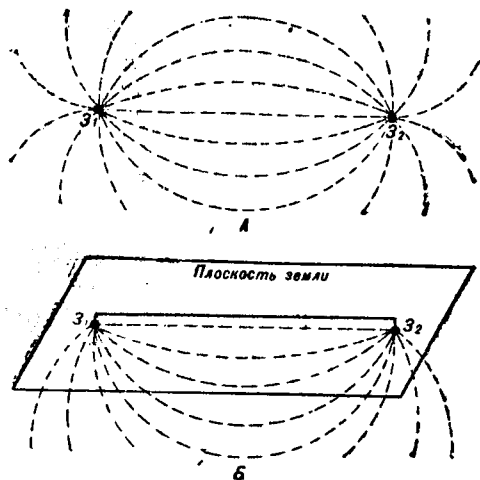


Рис. 233. Распространение токов в земле. А — в плане; Б — в профиле; Z_1 — Z_2 — заземления.

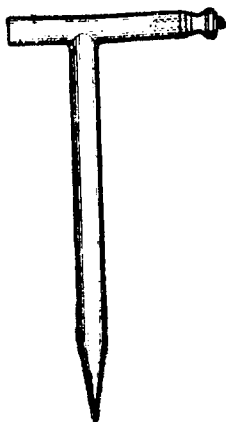


Рис. 234. Стержень для заземления.

глубине заземления сопротивление в месте соприкосновения с почвой получается около 250—300 ом; нет смысла делать стержни из меди: выигрыш в сопротивлении получился бы сравнительно ничтожный.

Из всего сказанного ясно, что при такой глубине заземления состояние почвы приобретает особое значение. Даже непродолжительное отсутствие дождей делает почву на глубине в 20 см почти совсем сухой и, значит, почти непроводником. В таких случаях для исправного действия телефона приходится искусственно увлажнять землю вокруг заземления. Стержень приходится поливать, подобно растениям, которые гибнут без влаги.

Особенно хороший результат получается, если пропитывать землю вокруг стержня раствором поваренной соли. Опыты показали, что таким путем можно добиться уменьшения сопротивления земли на 80—85%, что в свою очередь улучшает слышимость по телефону и дальность действия его.

52. Телефон без звонка

Во всех обычных телефонных аппаратах вызовом служит звонок. Применяются аппараты с вызовом звонком (так называемые индукторные) и в войсках, особенно в тылу. Однако,

такие аппараты на войне не всегда удобны, так как требуют хорошей, исправной изоляции линии, а этого трудно достигнуть при прокладке проводов по земле и местным предметам.

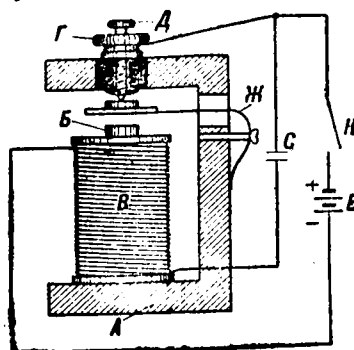


Рис. 235. Схема зуммера. А — железная рама; Б — сердечник; В — катушка; Г — контргайка; Д — контактный винт; Е — батарея элементов; Ж — пружина с якорем; С — конденсатор (тушит искры); К — кнопка вызывателя.

мент замыкания цепи кнопкой вызывателя, которая обычно помещается в ящике аппарата (рис. 236), ток идет от полюса батареи в катушку, затем в раму, по стальной пружине в контактный винт и обратно в батарею. Под влиянием тока сердечник катушки намагничивается и притягивает к себе конец пружины (якорь), который отходит от контактного винта, и благодаря этому цепь размыкается. При размыкании цепи сердечник катушки размагничивается, пружина возвращается силой упругости в первоначальное положение, т. е. прижимается к контактному винту, что вновь замыкает цепь. Таким образом, пружина колеблется между сердечником и винтом все время, пока нажата кнопка вызывателя. Колебания пружины вызывают звук (гудение, писк), высота которого зависит, главным образом, от расстояния между концом контактного винта и сердечником катушки. Зуммер включен в разговорную схему телефонного аппарата, и поэтому перерывы тока вызывают

Кроме того, индукторный вызыватель и звонок занимают много места и утяжеляют аппарат. Поэтому в частях войск чаще применяют телефоны с фониическим вызовом вместо звонка. Телефоны эти гудят или пищат. Звук получается не очень сильный, слышный лишь вблизи аппарата, но на войне это не очень важно, так как дежурный телефонист всегда должен быть у аппарата, а в бою всегда должен держать трубку около уха. Фониический вызыватель очень прост по устройству: для посылки вызова служит прерыватель тока — зуммер¹⁾ (рис. 235), принимается же вызов телефоном.

Действие зуммера схоже с действием электрического звонка. В мо-

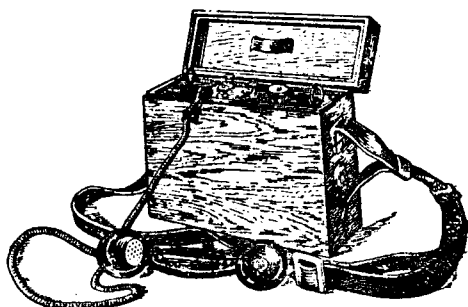


Рис. 236. Полевой телефонный аппарат УНА-Ф (образца 1931 г.).

¹⁾ От немецкого слова „зуммен“ — жужжать, гудеть.

колебания мембраны телефона, которая также издаст звук, подобный звуку зуммера. Фонический вызыватель удобен еще и тем, что позволяет легко комбинировать различные условные вызовы аппаратов — длинными и короткими гудками (точка и тире) — и даже осуществить передачу зуммером по азбуке Морзе в случае порчи микрофона.

Кроме этого основного отличия полевых телефонных аппаратов от обычных городских, есть и еще ряд отличий, понять которые нетрудно из рис. 236 и 237.

В полевом телефонном аппарате ток получается от батареи элементов, расход тока надо всячески сокращать, а в то же

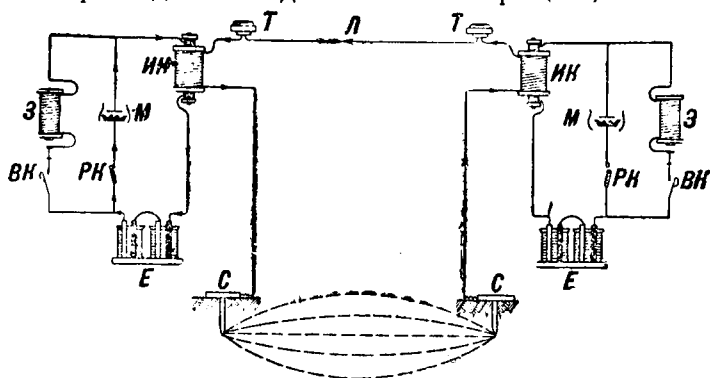


Рис. 237. Упрощенная схема полевого аппарата с фоническим вызовом. Т — телефон; М — микрофон; ВК — вызывная кнопка; РК — разговорный клапан; С — заземленный стержень; Л — линия (провод); З — зуммер; ИК — индукционная катушка; Е — батарея элементов. Слева — говорят; справа — слушают.

время в аппарате нет рычага, на котором обычно висит трубка телефона. Поэтому здесь в самой трубке сделан разговорный клапан (рис. 236). Батарея элементов включается в цепь микрофона только при нажатии этого клапана, вследствие чего разговор передавать можно, только нажав клапан. Слушать же в телефон можно и не нажимая клапана, так как в этом случае ток идет от передающего аппарата и своя батарея не нужна. На практике лучше держать клапан нажатым во все время разговора, т. е. когда говоришь и когда слушаешь, так как иначе легко ошибиться, и передача будет все время перебиваться или получаться с оборванными окончаниями фраз и слов (клапан отпущен раньше времени). Лишь при длительном приеме телефонограмм или распоряжений не следует нажимать клапана, так как слышимость при этом лучше и батарея элементов напрасно не расходуется.

В наших стандартных телефонных аппаратах УНА-И и УНА-Ф¹⁾ есть еще отличие, заключающееся в том, что их внутренние части защищены от действия отравляющих веществ.

¹⁾ Сокращенные обозначения означают: УНА — унифицированный аппарат, И — индукторный, а Ф — фонический.

53. Электрический шпион

На войне всегда очень важно знать, что делает противник, каковы его намерения, каковы численность и состав войск, какое настроение у бойцов и командиров. Издавна известны два способа получить эти сведения: войсковая разведка и агентурная разведка. Разведку производят командиры и бойцы (конница, пехота, артиллерия),двигающиеся впереди своих частей, занимающие наблюдательные пункты и стремящиеся увидеть и узнать обо всем, что делается у противника. Очевидно, что войсковая разведка может видеть лишь то, что находится в передовой полосе противника. Поэтому необходимы и агенты (шпионы), т. е. люди, тайно проникающие в тыл или находящиеся там постоянно, собирающие все нужные сведения и доставляющие их своим войскам.

С появлением на войне самолетов разведку возложили и на них: частью они дополняют войсковую разведку, частью же заменяют и дополняют работу агентов. Самолеты — отличные разведчики; недаром авиацию называют часто „глазами армии“. Но самолет все же не может собрать многих важных сведений. Летчик многое видит, но ничего не слышит. Редко удастся услышать нужные сведения и войсковой разведке. В этом отношении до первой империалистической войны 1914—1918 г. агентурная разведка оставалась единственным и незаменимым средством. И лишь в период этой войны появляется новый вид разведки — „электрический шпион“, т. е. перехватывание телефонных переговоров.

Только тогда, когда все армии познакомились с этим новым средством разведки, понятным стало многое, что в первые годы войны казалось чудом или объяснялось в войсках наличием шпионов везде и всюду.

Представьте себе, что, сидя в окопе, вы видите, как бойцы противника в недалеком тылу, но за пределом дальности действия винтовки и пулемета, спокойно работают над укреплением позиции. Естественно, вы тотчас подойдете к телефону и попросите артиллеристов прогнать нахального врага. Через несколько минут вы слышите выстрелы своей батареи и свист снарядов, пролетевших над вашей головой. И каково же будет ваше удивление, когда при взгляде на место работ противника вы не найдете на нем ни души... Снаряды артиллерии разорвутся, но не смогут поразить работающих, успевших спрятаться в прочное убежище. Но тотчас после разрывов противник будет продолжать свою работу. Вы снова будете просить артиллеристов о помощи, а работающие раньше падения снарядов снова спрячутся от них. Разве вам не придет мысль о „колдовстве“?

Или предположим еще: вы командир полка и лично получили по телефону секретное приказание начальника, о котором никто, кроме вас и этого начальника, не знает,— приказание

о смене вашего полка другим. А через полчаса бойцы противника кричат из окопов „прощайте“ и насмеваются над неведением ваших бойцов о скорой смене их. Вам невольно придет в голову мысль о чуде или о том, что ваш начальник — шпион противника.

Все эти случаи не выдуманы, а действительно имели место в период мировой войны 1914—1918 гг. и объяснялись они,

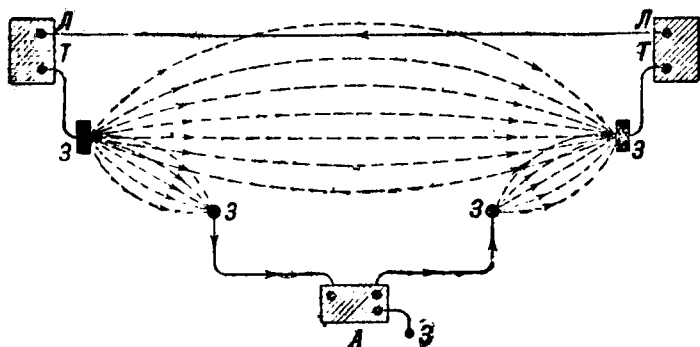


Рис. 238. Схема перехватывания телефонных переговоров через землю (план). Т — телефонный аппарат; Л — линия (провод); З — заземление; А — аппарат перехватывающей станции.

конечно, не чудесами и не шпионами-начальниками, а перехватыванием телефонных переговоров.

Выше мы говорили уже о распространении токов в земле (рис. 233) между заземлениями телефонных аппаратов. Поэтому нам остается лишь объяснить, как эти токи попадают в аппарат противника. Простейший способ этого показан на рис. 238 и 239.

Ночью, под покровом темноты, разведчики втыкают в землю железные стержни или просто зарывают оголенные

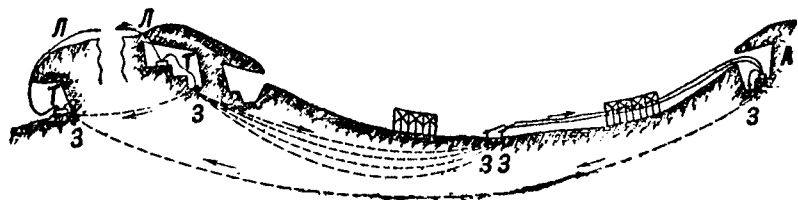


Рис. 239. Схема перехватывания телефонных переговоров через землю (профиль). Т — телефонный аппарат; Л — линия (провод); З — заземление; А — аппарат перехватывающей станции.

концы проводов где-либо вблизи окопов противника. В мировую войну 1914—1918 гг. были даже попытки забрасывать заземления с помощью бомбометов, выбрасывающих специальный снаряд, за которым тянулся телефонный провод. От этих заземлений провода идут в окопы или даже в ближай-

ший тыл (рис. 239), где их включают в специальный аппарат для подслушивания. Аппарат заземлен, и, таким образом, парой заземлений его могут служить любые из двух стержней у окопов или один из этих стержней и заземление аппарата. Аппарат этот, конечно, не простой телефон, так как перехваченные токи очень слабы и не могут заставить колебаться мембрану телефона. Необходимо их предварительно усилить. Такое усиление достигается включением в схему телефона общеизвестных теперь катодных (электронных) ламп, нашедших себе широкое применение в радиотехнике. Усилители позволяют телефону принимать токи, в тысячу раз более слабые, нежели обычные токи, поэтому достаточно малейшего ответвления тока в заземлении аппарата, чтобы можно было отчетливо слышать весь разговор по телефону.

Вполне понятно, что как только войска узнали о возможности таким путем подслушивать разговоры по телефону, они первым делом отказались от земли в качестве проводника.

Все телефонные линии в передовой полосе шириной до 5 км теперь делают двухпроводными без заземлений или с заземлением за пределами этой полосы.

Однако, и это не всегда помогает. При наличии мощных усилителей можно перехватить разговор по телефону, даже не имеющему заземления. Тут уже пользуются индукцией в параллельных проводах.

Известно, что если два провода расположены параллельно друг другу и по одному из них проходит переменный ток, то в другом возбуждаются индукционные токи противоположного направления. Так, например, если два телефонных провода идут параллельно друг другу, то разговор по одной из линий всегда слышен и на другой линии, но, конечно, гораздо хуже (индукционные токи слабее возбуждающих их токов) и чем дальше провода друг от друга, тем слабее индукционные токи. Большое значение имеет также параллельность проводов: при небольших углах между проводниками ток индуктируется (хотя и слабее, чем при полной параллельности); при значительных же углах, близких к 90° , индукции вовсе не получается.

Чтобы перехватить разговор этим способом, на земле вблизи окопов противника располагают прямоугольную рамку из изолированного проводника, длинная сторона которой равна 50—200 м (рис. 240). Концы рамки соединяются с аппаратом для подслушивания. При расстоянии от телефонной линии до одной из сторон рамки в 2 км разговор по телефону достаточно отчетливо слышен в аппарате для подслушивания. При меньших расстояниях от подслушиваемых линий (до 100 м) возможен прием индукционных токов и не на длинную рамку, а на заземленный конец проводника, расположенного параллельно телефонной линии.

Однако, если провода телефона идут параллельно и очень близко друг к другу, то оба они будут индуцировать токи

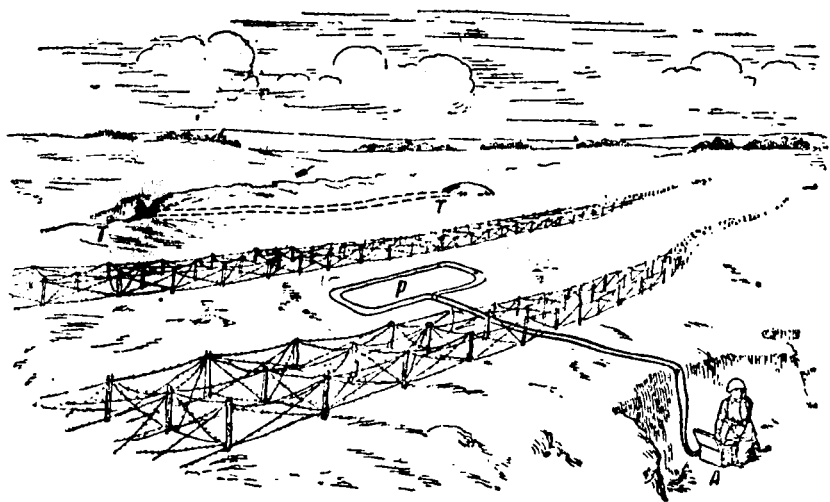


Рис. 240. Схема перехватывания телефонных переговоров по индукции. Т — телефонный аппарат; А — аппарат перехватывающей станции; Р — рамка из проводника.

в проводах подслушивательного аппарата (рис. 241), но токи разных направлений, так как в любой момент в двух

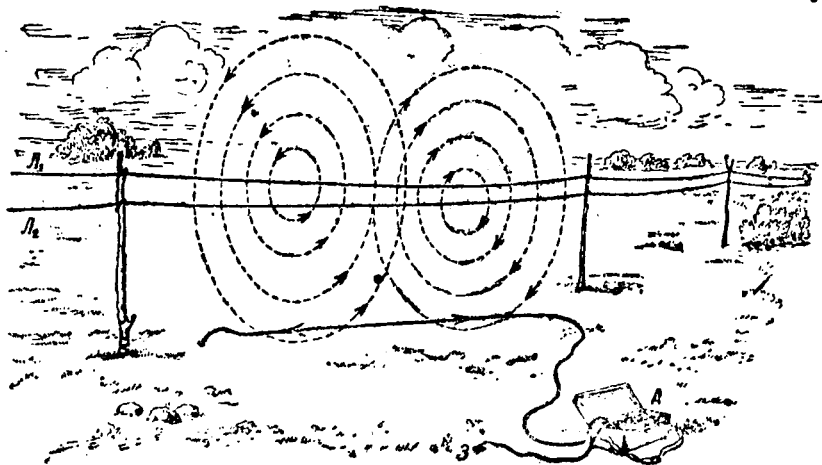


Рис. 241. Взаимная индукция в близко расположенных проводах телефона. L_1 и L_2 — линия телефона; А — аппарат перехватывающей станции; З — заземление.

проводах телефона (прямом и обратном) токи всегда противоположны по направлению. Очевидно, что противоположно направленные индукционные токи взаимно уничтожаются, и перехватить их не удастся.

Отсюда следует, что с этим способом перехватывания телефонных переговоров можно бороться сближением проводов двухпроводной телефонной линии. Еще лучше раз навсегда скрутить два провода в один общий шнур, что и делают теперь на практике, снабжая таким „двужильным кабелем“ все телефоны подразделений и частей войск (роты, батальоны, эскадроны, батареи и полки). Двужильный кабель не индуцирует токов в параллельных ему линиях, даже если они расположены рядом.

Однако, указанных здесь мер борьбы с перехватыванием телефонных переговоров недостаточно. Стоит лишь порваться где-либо изоляции кабеля, как получится утечка тока в землю и станет возможным улавливание этого тока противником. Может также не оказаться в нужный момент достаточного количества двужильного кабеля или вообще кабеля достаточной длины для прокладки двух линий между аппаратами. Поэтому существуют обязательные правила пользования телефонной связью в передовой полосе (до 5 км). Правила эти:

- 1) не допускать линий, параллельных фронту, ближе чем на 0,5 км от передовых своих частей;
- 2) следить, чтобы вблизи наших войск не было никаких чужих заземлений и неизвестных проводов;
- 3) не вести по телефону никаких секретных разговоров, не называть частей войск, вызывать станции только по их условным номерам или названиям;
- 4) с помощью своих подслушивательных станций тщательно следить за работой своей телефонной сети, немедленно устраняя замеченные недочеты, допускающие перехватывание переговоров.

Существуют и специальные технические средства (приспособления) для борьбы с перехватыванием телефонных переговоров, но пока еще они слишком сложны и неудобны и поэтому не находят себе широкого применения. К этим средствам относится, например, так называемая звуковая завеса. Устраивают ее с помощью зуммера, от которого переменный ток посылается в заземленную линию, параллельную фронту. В этом случае перехватывающие станции на данном участке будут принимать прежде всего и сильнее всего токи от этой зуммерной линии, которые и заглушают все остальные, более слабые токи, доходящие от телефонов фронтальной полосы.

Есть попытки связать способ такой зуммерной звуковой завесы с каждым телефонным аппаратом. Для этого к обычной схеме телефонного аппарата добавляют катушку, средняя точка которой заземлена через специальный зуммер. Кроме того, в схему включен реостат с подвижным контактом (движком). В начале разговора по телефону (при нажатии разговорного клапана) в цепь батареи автоматически включается зуммер, звук которого благодаря катушке в своем телефоне не слышен. Создаваемая же зуммером звуковая завеса мешает про-

тивнику подслушать переговоры по телефону, причем ток на создание этой завесы расходуется лишь во время разговора, тогда как при постоянной звуковой завесе, описанной выше, ток расходуется непрерывно.

Есть еще более сложный способ, обеспечивающий телефонный разговор от перехватывания, но мы рассмотрим его позднее, по аналогии с такими же средствами борьбы с подслушиванием радиопередач (очерк 62).

Очевидно, что распространение токов в земле можно использовать не только для перехватывания чужих переговоров по телефону, но и для установления связи со своими войсками.

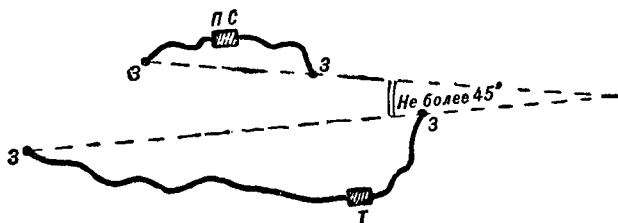


Рис. 242. Схема телеграфирования через землю. *П С* — передающая станция; *Т* — приемная станция (телефон); *З* — заземление.

Для этого в первую мировую империалистическую войну применяли так называемый телеграф через землю.

Действие такого телеграфа понять нетрудно. На передающей станции имеется обычный телефонный фониический аппарат или даже еще более простой прибор из зуммера (очерк 52), индукционной катушки, батареи и телеграфного ключа. Аппарат этот заземляют кольями или пластинами, причем проводник тщательно изолируют, а расстояние между заземлениями берут не менее 50 м. На приемной станции ставят аппарат для перехватывания телефонных переговоров, заземленных так же тщательно изолированным проводником с расстоянием между заземлениями 100—200 м. Линии заземлений располагают по возможности параллельно друг другу (рис. 242). Дальность передачи получается 2—4 км и зависит, главным образом, от свойств грунта.

Передача производится по индукции и токами, распространяющимися между заземлениями (рис. 239), и состоит в посылке коротких и длинных сигналов (точка и тире) зуммером. Принимаются сигналы на слух в телефон.

Совершенно очевидно, что телеграфную передачу через землю очень легко перехватить противнику, — она всегда будет известна ему, — поэтому передавали либо сложным шифром, либо такие приказания, которые не могли составить секрета, так как все равно выполнение их не могло ускользнуть от внимания противника, например: приказание в передовой полке открыть огонь, перейти в атаку, отходить и т. п. Основ-

ное достоинство этого средства связи — его простота и отсутствие длинной линии проводов, так часто перебиваемых в бою снарядами противника. Однако, с появлением радиосвязи телеграф через землю естественно уступил место этому более совершенному средству.

54. Микрофоны — разведчики

Микрофон¹⁾ — это прибор, воспринимающий слабые звуки и позволяющий передавать эти звуки с помощью электроэнергии на значительные расстояния. Естественно, что этот прибор находит себе широкое применение в войсках, являясь неперенной составной частью всех телефонных аппаратов и передаточных радио-телефонных станций. Уже в 1914—1918 гг. были случаи применения микрофонов для подслушивания разговоров в окопах противника, т. е. в качестве разведчиков. Для этого микрофоны, соединенные проводами со станцией подслушивания, подобной описанной в предыдущем очерке, просто подбрасывали к окопам противника (рис. 243).

В телефонных аппаратах и радиоаппаратах, а также в качестве простого разведчика-подслушивателя разговоров применяется общеизвестный угольный микрофон.

Угольный микрофон (рис. 244) представляет собой в сущности реостат, т. е. прибор для изменения силы тока

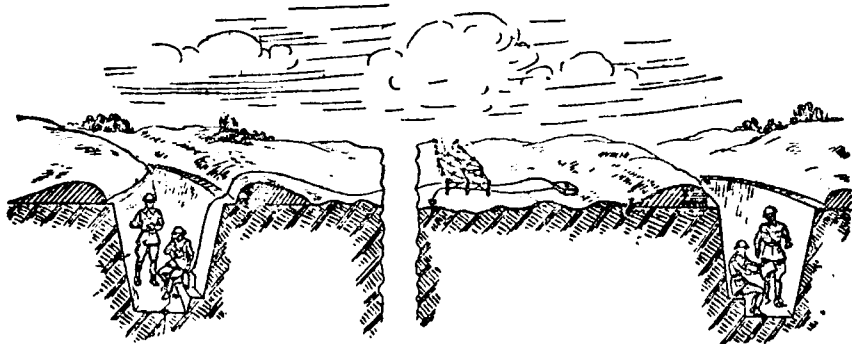


Рис. 243. Перехватывание разговоров с помощью подброшенного микрофона.

(в зависимости от звуковых колебаний) путем изменения сопротивления току угольных зерен. Угольный микрофон — отличный, весьма чувствительный прибор, но он имеет один крупный недостаток, особенно сильно сказывающийся на войне. Недостаток этот — непостоянство сопротивления микрофона и легкая порча его под влиянием сырости.

Дело в том, что угольные зерна легко впитывают в себя влагу из воздуха, а влажный уголь гораздо лучше проводит ток, чем сухой. При большой влажности угольных зерен и в

¹⁾ От греческих слов „микро“ — малый и „фоне“ — звук.

случаях намокания их (под дождем, в росу и т. д.) микрофон совсем перестает работать, так как становится хорошим проводником тока, на который звуковые колебания не оказывают уже никакого влияния. В телефонных аппаратах и радиопередатчиках с этим злом не так трудно бороться, защищая микрофоны от всяких осадков и быстро заменяя капсюль микрофона (рис. 244) другим, запасным.

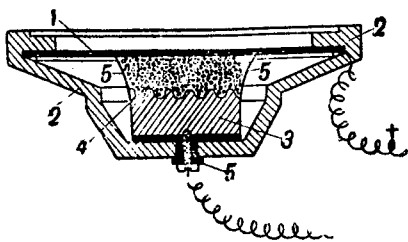


Рис. 244. Капсюль обыкновенного угольного микрофона. 1 — мембрана; 2 — коробка; 3 — угольная колодка; 4 — угольный порошок (зерна); 5 — изолирующие прокладки.

Когда же мы хотим использовать микрофон в качестве разведчика, этот его недостаток становится весьма существенным и трудно преодолимым. Взять хотя бы случай подбрасывания микрофона к окопам противника. Очевидно, в сырую погоду этот способ разведки окажется неприменимым. В обычном своем виде не подходит угольный микрофон и для звуковой разведки артиллерии — для звукометрии (очерк 35), с помощью которой производят запись выстрелов артиллерийских орудий противника и определяют, где они находятся.

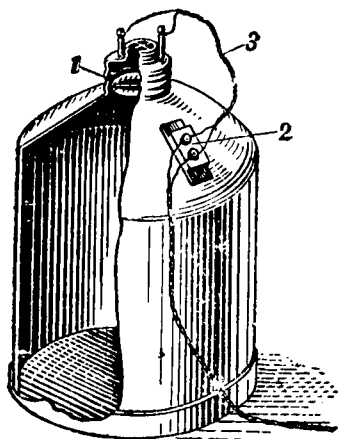


Рис. 245. Тепловой микрофон (инфракрасный) в манометрическом сосуде звукоприемника. 1 — тепловой микрофон; 2 — затжимы; 3 — шнур.

Как известно, для звуков выстрелов орудий характерно сопровождающее их резкое изменение давления воздуха. Такие звуки лучше всего воспринимаются с помощью так называемого манометрического сосуда (рис. 245), т. е. заполненного воздухом сосуда (бака), сообщающегося с внешним воздухом через узкую горловину. Очевидно, что обычный микрофон не может реагировать на изменения давления воздуха в манометрическом сосуде. Вставленный в горловину сосуда микрофон закрывает ее, и на мембрану его разность давления не окажет никакого

влияния. Поэтому в звукометрии долгое время господствовали микрофоны другого типа, называемые в отличие от угольных тепловыми. Тепловой микрофон — это тоже реостат, изменяющий силу тока в цепи благодаря изменению сопротивления прибора. Но здесь сопротивление изменяется вследствие различной проводимости металлов при различной температуре. Известно,

что чем выше температура металлического проводника, тем большее сопротивление оказывает он току. Этим и воспользовались для устройства теплового микрофона (рис. 245), главной частью которого является очень тонкая (например, диаметром в 7 микрон) платиновая проволочка (их может быть несколько), все время накаливаемая током от аккумуляторов.

Если воздух около теплового микрофона неподвижен, то сопротивление накаленной проволочки остается неизменным и весьма значительным. Если же воздух колеблется, образуя сгущения и разрежения, то проволочка оказывается последовательно то в сгущенной, то в разреженной атмосфере. По законам физики при этом изменяется теплоотдача проволочки, она охлаждается тем больше, чем плотнее окружающий ее воздух. А коль скоро меняется температура проволочки, значит, изменяется и сопротивление ее току. В результате звуковая волна, проходя через тепловой микрофон, изменяет сопротивление его, а значит, и силу тока в цепи, что позволяет с помощью специальных приборов записать на особой подвижной ленте момент прихода волны к микрофону и характер колебаний воздуха, сопровождающих эту звуковую волну.

Понятно, что тепловой микрофон легко поместить в горловину манометрического сосуда (рис. 245), и он при этом отлично будет реагировать на изменения давления. Действительно, когда звуковая волна достигает манометрического сосуда звукоприемника, через горловину его, в которой находится тепловой микрофон, происходит выравнивание давления воздуха, т. е. колебательное движение воздуха то в сосуд, то из сосуда наружу; вокруг микрофона создается течение воздуха — слабый ветерок. Тепловой микрофон реагирует на это, так как проволочка, естественно, охлаждается в момент смены окружающего ее воздуха. Охлаждение же проволочки тотчас сказывается на изменении силы тока в цепи. При этом тепловой микрофон совершенно не боится сырости и даже выпадения осадков, вследствие чего звукоприемник, снабженный таким микрофоном, можно располагать вдали от людей, не заботясь об особых мерах укрытия его и о смене микрофона.

Однако, у теплового микрофона есть и недостаток: изменения силы тока, которые происходят в цепи микрофона, далеко не точно отражают характер колебаний воздуха, т. е. структуру воспринимаемых микрофоном звуковых волн. Уплотненная и разреженная части звуковой волны, проходя около накаленных проволочек, всегда охлаждают их и, следовательно, вызывают усиление тока. Поэтому естественно стремление применить в звукометрии другие типы микрофонов, позволяющие точнее учитывать характер воспринимаемых ими колебаний воздуха. Такие микрофоны сейчас уже известны — это так называемые динамические микрофоны, или

электродинамические звукоприемники. Наиболее удобной формой такого звукоприемника, применяемого на станции звуковой разведки артиллерии, является маленькая металлическая турбинка (рис. 246), к оси которой прикреплена рамка из проводника, расположенная между полюсами магнита. Когда поток воздуха, вызванный нарушением равенства давлений в баке звукоприемника и в окружающем его воздухе, устремляется через горловину бака, турбинка начинает вращаться. Вместе с ней вращается и рамка, пересекая при этом магнитные силовые линии. В проводнике рамки возникает ток, позволяющий после соответствующего усиления его зарегистрировать начало звуковой волны и ее характер. Здесь уже движения воздуха в бак (уплотненная часть волны) и из бака (разреженная часть волны) дают токи разного направления, так как изменяется направление вращения турбинки и рамки. Следовательно, характер звуковой волны этот вид звукоприемника отражает точнее, чем тепловой микрофон.

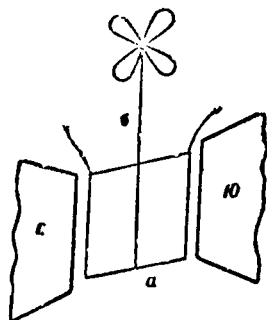


Рис. 246. Электродинамический звукоприемник.

Оказывается, и угольный микрофон можно заставить вполне удовлетворительно работать в качестве звукоприемника звукометрической станции. Для этого его мембрану (рис. 247)

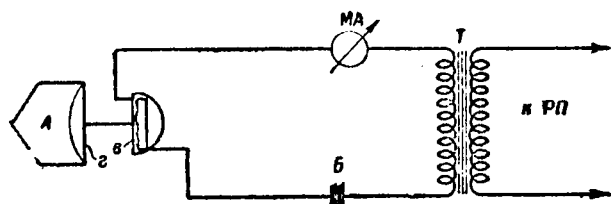


Рис. 247. Угольный микрофон со стержнем. А — изометрический бак с мембраной г; в — мембрана угольного микрофона; Б — батарея аккумуляторов; МА — миллиамперметр; Т — трансформатор; к РП — регистрирующему прибору.

соединяют тонким металлическим стержнем с мембраной бака. Это помогает регистрировать все колебания последней, вызванные звуковыми волнами выстрелов из орудий.

В настоящее время в звукометрии чаще применяют звукоприемники электродинамические или с угольным микрофоном.

Только применение микрофонов в аппаратах для звуковой разведки взамен барометрических звукоприемников (очерк 35) позволило удалять звукоприемники от записывающего (регистрирующего) аппарата. Выше, разъясняя принцип звукометрии, мы указывали уже, что определение расстояний до звучащих целей требует по крайней мере двух пар звукоприемников, а для увеличения точности надо брать три пары. Очевидно, для решения нашей задачи данные от каждого из этих звукоприемников должны с большой точностью где-то отме-

чаться и сопоставляться. Вот тут-то и сказывается преимущество электрического звукоприемника-микрофона, провод от которого нетрудно проложить к центральной звукометрической станции, несмотря на разбросанность звукоприемников на значительном участке местности. При барометрических звукоприемниках это было бы весьма трудно выполнить, так как потребовало бы сложного устройства, превращающего механическое движение барометрических коробок в электрические токи.

Остается кратко рассказать об устройстве в целом современной звукометрической станции. Принципиальная схема такой станции показана на рис. 248. Концы каждого микрофона соединены проводами с регистрирующим прибором, который

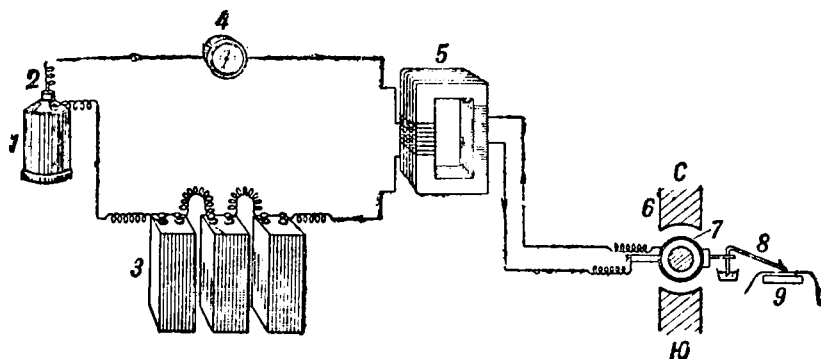


Рис. 248. Принципиальная схема звукометрической станции. 1 — звукоприемник; 2 — микрофон; 3 — источник тока; 4 — гальванометр; 5 — трансформатор; 6 — магнит; 7 — катушка; 8 — перо; 9 — лента.

состоит из трансформатора, катушек, вращающихся между полюсами сильных электромагнитов (питаются особой батареей), и пишущего механизма. Концы катушек соединены с трансформатором, и поэтому до изменения силы или направления тока в цепи микрофонов (до появления тока в электродинамическом звукоприемнике) в катушках тока нет, и они неподвижны. Когда же до микрофонов доходят звуковые волны и сопротивление их изменяется или появляется ток, тогда и во вторичных обмотках трансформатора, а значит, и в катушках, появляются токи, под влиянием которых катушки поворачиваются в ту или иную сторону, на тот или иной угол, в зависимости от направления и силы тока в их проводах. При этом скрепленные с катушками перья чертят на движущейся с помощью часового механизма бумажной ленте кривые, соответствующие характеру принятых звукоприемниками волн. В регистрирующем приборе имеется обычно всего 6 таких катушек с перьями для 6 звукоприемников (3 пары) и, кроме того, есть седьмая катушка, соединенная с камертоном, — ее задача отмечать на ленте прошедшие доли секунды (по 0,02 секунды между звуками).

В результате действия всех катушек с перьями на ленте прибора при работе станции получается 6 кривых (рис. 249), положения которых и дают возможность точно вычислить разность времен прихода звуковой волны к каждому из двух звукоприемников пары, что, как мы знаем, достаточно для определения места стреляющего орудия.

Вся звукометрическая станция размещается и перевозится на обычном полоторатонном грузовике.

Имеются также звукометрические станции, в которых кривые вычерчиваются не перьями на бумажной ленте, а лучами света на фотопленке, но ввиду сложности устройства таких станций останавливаться на них мы не будем, так как принцип звукометрии и в этом случае остается тем же.

Звуковая разведка играет ныне не малую роль на войне, оказывая большую помощь своей артиллерии в труднейшей ее задаче — в борьбе с артиллерией противника.

Очень существенна также звуковая разведка при решении задачи борьбы с воздушным врагом (очерк 37). Оказывается, и здесь микрофон с успехом может быть использован в качестве надежного и точного разведчика. Так, например, на рис. 250 показан звукоулавливатель, в котором звук от вражеского самолета воспринимается не рупорами, как в большинстве современных звукоулавливателей, а группами микрофонов. Суть дела от этого, конечно, не изменяется. Поворачивая группы микрофонов, заменяющие рупоры и подобно им псзво-

ляющие усилить слабые звуки, слухачи у прибора без труда определяют направление на источник звука, т. е. на самолет, по принципу бинаурального метода (очерк 37).

Можно также поместить микрофон в фокус вогнутого акустического зеркала (рис. 251). Такой электроакустический подслушиватель позволяет определить приближение самолета быстрее, чем в том случае, когда в фокусе зеркала помещен рупор (рис. 131).

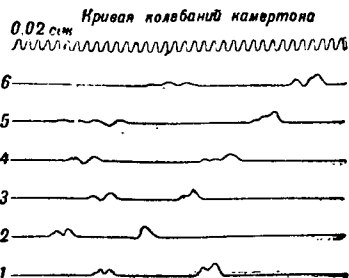


Рис. 249. Запись на ленте звукометрической станции.

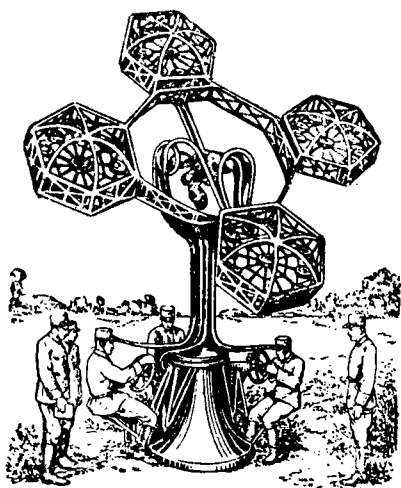


Рис. 250. Микрофонный звукоулавливатель-пеленгатор "телеситиметр Перрена".

Но в обоих этих случаях микрофоны лишь заменяют рупоры, разведчиком же по существу остается человек-слухач, поворачивающий прибор до тех пор, пока ему не покажется, что звук слышен лучше всего и источник его находится

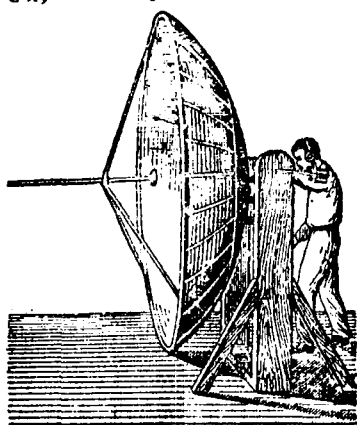


Рис. 251. Электроакустический подслушиватель.

прямо перед ним. Метод разведки, таким образом, остается субъективным, зависящим от индивидуальных свойств слухача. Однако, микрофоны позволяют построить и объективный прибор для звукоулавливания, в котором роль человека сведена к минимуму, а точность получается наибольшей.

Вместо рупоров или каких-либо других звукоприемников основной частью электроакустического пеленгатора (рис. 252) являются микрофоны, расположенные на шести кругах, образующих в целом сферу, вследствие чего эту часть прибора и называют сфероскопом.

Микрофоны здесь — динамические (рис. 253). Звуковые колебания в них преобразуются в электрические благодаря колебаниям очень тонкого (около 3 микрон) проводника

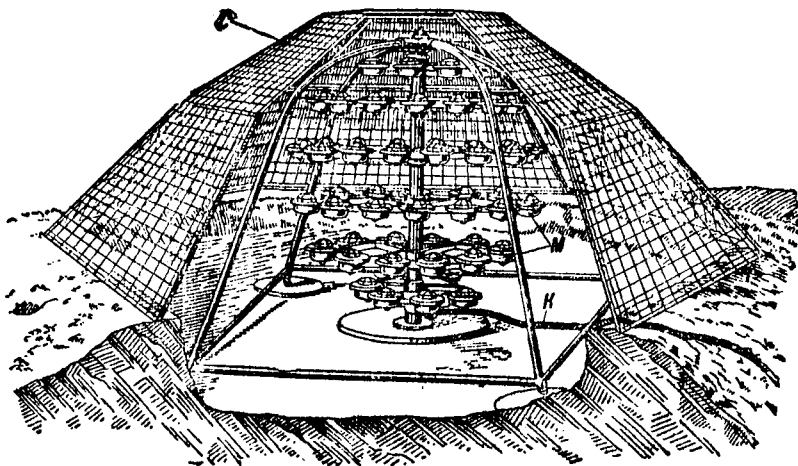


Рис. 252. Электроакустический пеленгатор (основная его часть — сфероскоп).
М — микрофон; К — кабель; С — сетка.

(в виде гофрированной ленточки) между полюсами сильного электромагнита. Колеблясь, ленточка пересекает магнитные силовые линии, и в цепи ее появляется ток, который, пройдя усилители и попадая в телефон, преобразуется снова в звук.

Второй главной частью прибора является так называемый компенсатор в виде сферы с изолированными друг от друга контактами, по которым скользят подвижные щетки (по числу микрофонов сфероскопа).

Чтобы понять действие этого звукоулавливателя, разберем упрощенные схемы работы сначала двух, а затем четырех его микрофонов, расположенных в различных местах сфероскопа.

Положим, что два каких-либо микрофона соединены в общую цепь, в которую включен также телефон или гальванометр (рис. 254). Если звуковая волна подойдет к этой паре

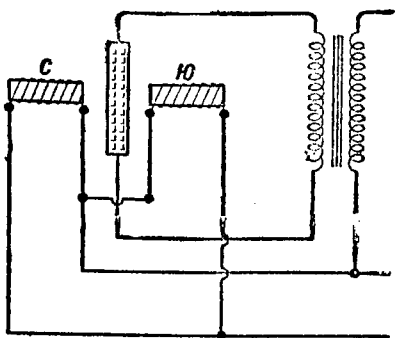


Рис. 253. Схема динамического микрофона.

микрофонов одновременно, то звук в телефоне (или отклонение стрелки гальванометра) будет не сильным, так как до телефона ток будет доходить с разной фазой: колебания будут складываться так, что амплитуда (размах) их не увеличится, а даже, может быть, уменьшится. Чтобы добиться максимума звука, не перемещая микрофонов, надо, очевидно, как-то изменить фазу колебаний тока от микрофона, к которому звук приходит раньше. Это и осуществляется компенсатором, с помощью которого в цепь одного из микрофонов вводится некоторая емкость или самоиндукция или то и другое (рис. 254). Величина введенной емкости (самоиндукции) и является показателем того, насколько раньше воспринял звуковую волну один из микрофонов, иначе говоря, покажет, под каким углом пришла звуковая волна к данной паре микрофонов. Если микрофоны находятся на одном горизонтальном круге сфероскопа, то таким путем мы определим горизонтальное направление на источник звука (азимут). Чтобы определить и вертикальное направление (высоту), приходится взять еще пару микрофонов из разных кругов, но в одной вертикальной плоскости. Такая комбинация из четырех микрофонов (рис. 255) уже достаточна для определения направления на источник звука (летающий самолет). Но для точной работы в горизонтальной и в вертикальной плоскостях мало брать по два микрофона, надо иметь их по несколько штук, что и имеет место в сфероскопе.

Работающий у сфероскопа наблюдатель сначала грубо определяет направление, пользуясь микрофонами двух больших кругов, а затем с помощью компенсатора точно определяет угол на источник звука.

Как и во всех прочих звукоулавливателях, у этого прибора есть корректор (очерк 37), который здесь называют ортогномом.

Очевидно, в электроакустическом пеленгаторе субъективная роль человека весьма незначительна, вследствие чего и ошибка должна быть меньше. Однако, в описанном виде прибор сложен, дорог и все же не обеспечивает точности, заметно отличающей его от простых и дешевых рупорных звукоулавливателей. Поэтому он не нашел

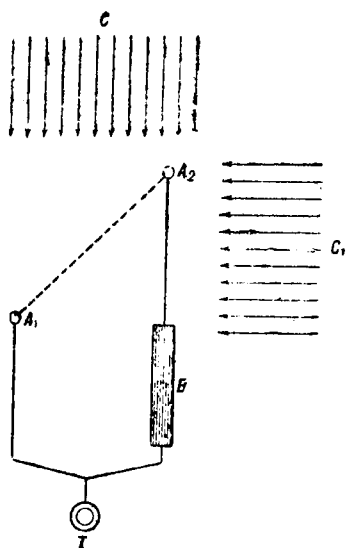


Рис. 254. Схема действия пары микрофонов сфероскопа. A_1 — A_2 —микрофоны; T —телефон; B —емкость (самоиндукция), вводимая компенсатором; C — C_1 —направление звуковых волн.

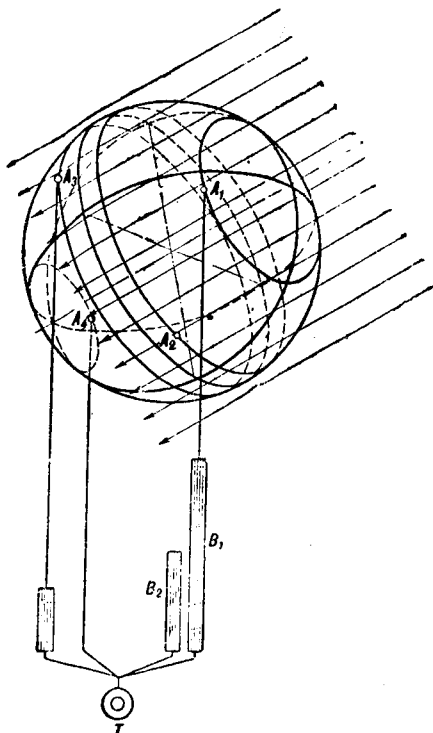


Рис. 255. Схема действия четырех микрофонов сфероскопа. A_1 — A_4 —микрофоны; T —телефон; B_1 — B_2 —емкости (самоиндукция), вводимые компенсатором; C —направление звуковых волн.

широкого применения в войсках, и работы по изысканию объективных звукоулавливателей продолжают.

Во всяком случае, микрофоны уже и сейчас находят себе широкое применение в различных приборах, помогающих войскам успешнее бороться с невидимыми, но звучащими целями.

55. Говорящие кости

Телефон — незаменимое средство связи. Телефон дает такие громадные преимущества, что в войсках отказываются от него лишь в тех случаях, когда применить его никак невозможно. В частности, у обычного телефона есть весьма существенный недостаток: плохо слышно и принимающему, и передающему, если хотя бы на одной из станций громко шумят вокруг теле-

фонного аппарата. Это и естественно, так как микрофон — прибор для восприятия слабых звуков; громкий шум вызывает такие резкие колебания мембраны микрофона, что речь передающего оказывается заглушенной, запутанной этим шумом. А так как микрофон связан с телефоном не только другого, но и своего аппарата, то и передающий слышит в телефоне окружающий шум и не может разобрать более слабую передачу речи с другой станции.

Между тем в новейших боевых машинах — танках и самолетах — шум моторов настолько силен, что даже рядом сидящие в них люди не могут переговариваться друг с другом. Очевидно, не поможет им и простой телефонный аппарат: шум мотора заглушит прием и передачу речи. А связь между людьми в танках и самолетах, конечно, необходима. О простейших средствах такой связи и о ее неудобствах мы уже говорили (очерк 36). Поэтому понятно стремление приспособить телефон к условиям, характерным для боевых машин, т. е. создать антишумовые телефонные аппараты.

Одним из видов таких аппаратов являются **остеофоны** и **ларингофоны**¹⁾, отличающиеся от обычных телефонных аппаратов микрофонами, воспринимающими колебания не воздуха, а костей лица или хрящей гортани. Поэтому мы и назвали наш очерк „Говорящие кости“. Принцип устройства их один и тот же, отличаются они только тем, что в первом используются колебания каких-либо лицевых костей, а во втором — гортани (рис. 256 и 257). Микрофоны этих приборов



Рис. 256. Остеофон.



Рис. 257. Ларингофон и его микрофон.

сходны между собой и по принципу действия мало чем отличаются от обычных микрофонов. В них также между чувствительной мембраной и угольной колодкой (рис. 244) находятся угольные зерна, сопротивление которых току зависит от степени давления на мембрану. Но эти микрофоны так рассчитаны, что обычные звуки, т. е. колебания воздуха любой

¹⁾ От латинских слов „ос“ — кость и „ларинкс“ — гортань.

силы, на мембрану не действуют: она не отзывается на них, оставаясь в покое. Вибрация же (колебания) костей лица и хрящей гортани, которая обязательно сопровождает речь человека, создает давление, достаточное, чтобы воздействовать на плотно прилегающую к ним мембрану прибора.

Но в телефон, соединенный с микрофоном ларингофона или остеофона, человек услышит речь значительно менее ясно, чем в обычный телефон. Нечувствительный к шуму и к слабым колебаниям вообще, микрофон этих приборов, естественно, грубо передает речь (отдельные слова и буквы передаются неясно, нечетко), и пользоваться им удобно лишь для коротких команд, но не для сложных переговоров.

Есть еще способ приспособить микрофон для передачи речи, изолированной от окружающих звуков. Антишумовой микрофон отличается от обычного только более толстой мембраной, защищенной эбонитовым толстым диском (декой) с мелкими капиллярными каналами. В этих-то отверстиях и заключается весь секрет антишумового микрофона. Каналы в деке расположены перпендикулярно к мембране, и если звуковые волны направлены вдоль них, они не препятствуют звукам действовать на мембрану. Но для любых звуковых волн, попадающих в отверстия под углом, капиллярные каналы представляют уже препятствие, тем большее, чем больше угол, под которым направлены волны. Поэтому и получается, что речь человека, говорящего точно против антишумового микрофона, передается громко и ясно, окружающие же звуки — глухо или вовсе не передаются (от прямых посторонних звуков микрофон закрывает голова передающего). Более толстая мембрана микрофона рассчитана на повышенный голос, что и бывает всегда, когда говорящий, благодаря шуму, не слышит себя.

Мало, однако, иметь микрофон, нечувствительный к шуму. Во всех описанных приборах важно еще изолировать уши

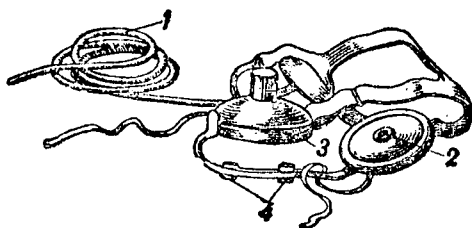


Рис. 258. Антишумовой телефон и остеофон. 1 — шнур; 2 и 3 — телефон; 4 — остеофон.

телефоны от внешних звуков. Для этого корпус телефона окружают пробковой оболочкой (пробка — очень дурной проводник звука), а между телефонной чашкой и головой поме-

переговаривающихся от тех же посторонних шумов. Это, конечно, гораздо проще и давно уже практикуется на центральных телефонных станциях, в радиобудках и т. п. Здесь надо лишь поплотнее прижать к голове чашки телефонов, которых, конечно, имеют не одну, а две (для обеих ушей), и изолировать

щают прокладки из губчатой резины или делают узким выходное отверстие телефона, которое вкладывается в слуховой проход уха; от посторонних звуков ухо изолируется резиновой тарелью (рис. 258). Наконец, иногда накладывают на голову шлем, в специальные карманы которого вкладывают телефоны, в свою очередь изолированные от звуков описанными выше приемами.

Как видим, ныне шум уже не является непреодолимым препятствием для использования проволочного или радиотелефона, а также для приема на слух сигналов радиотелеграфа. Мы, правда, говорили здесь только о проволочном телефоне, но очевидно, что все сказанное полностью относится и к радио, о котором речь еще будет впереди (очерк 61) и которое для самолетов и танков является основным, а иногда и единственным средством связи их друг с другом, с другими родами войск, с землей вообще (авиация).

Поэтому „антишумовые микротелефонные трубки“, под которыми можно понимать все описанные здесь приборы, несомненно, будут все больше распространяться в войсках.

56. Ручные магнитоэлектрические машинки

В мирной жизни электрический ток почти всегда получают с помощью динамомашинок, аккумуляторов и гальванических элементов.

На войне же нередко приходится прибегать и к простейшим магнитоэлектрическим машинкам, действующим от руки. Такие машинки применяют, например, в полевых индукторных телефонных аппаратах. Источником тока в вызывном приспособлении такого аппарата является маленькая магнитоэлектрическая машинка переменного тока, так называемый индуктор.

При вращении якоря индуктора (рис. 259) проводники его обмотки все время пересекают магнитные силовые линии поля магнитов, благодаря чему в обмотке индуцируется переменный ток, который по проводам доходит до другого (вызываемого) аппарата, где заставляет звонить специальный „индукторный“ звонок. Так как рукой можно сделать в среднем около трех-четырех оборотов в секунду, а передачу из системы зубчатых колес делают с отношением 1:5, то скорость вращения якоря бывает 15—20 об/сек.

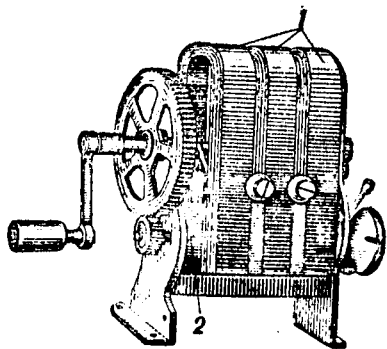


Рис. 259. Индуктор. 1 — магниты, 2 — якорь.

В линии получается ток напряжением около 50—60 вольт вследствие чего при индукторном вызове требуется особая тщательная и прочная изоляция проводов.

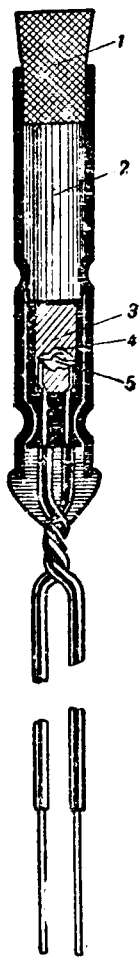


Рис. 260. Запал накаливания.
1 — пробка; 2 — трубка; 3 — взрывчат. смесь; 4 — пироксилиновая вата; 5 — проволочка.

Так же, как индуктор, устроена машинка для подрывания, с помощью которой на войне взрывают подземные мины, фугасы (очерк 58) и всевозможные заряды для разрушения мостов, дорог, домов и т. п. Подрывная машинка отличается от индуктора телефонного аппарата тем, что магниты ее — двойные (для большей силы магнитного поля), а система зубчатых колес имеет отношение 1:10, вследствие чего якорь вращается со скоростью до 40 об/сек.; в цепи с сопротивлением 60 ом получается ток напряжением около 40 вольт и силой в 0,7 ампера. Взрыв с помощью такой машинки получается от накаливания током тонкого проводника в „запале накаливания“ (рис. 260). Подобные же электрозапалы накаливания находят себе применение и в артиллерии, особенно в морской и в танковой, для воспламенения пороха боевого заряда. Называют их в этом случае гальваническими трубками, так как раньше ток для них брали от гальванических элементов.

Гальванические трубки действуют быстрее, чем обычные ударные приспособления орудий (это важно для танков), и позволяют производить выстрел из удаленного от орудия центрального поста (на корабле), достигая большей точности стрельбы орудий.

Ручные магнитоэлектрические машинки применяются на войне и для освещения. Конечно, не для постоянных сетей освещения, — для этого имеются специальные подвижные электростанции (очерк 60), — а для освещения дороги перед собой, листа бумаги, прибора, прицела и т. п. Проще сказать, они применяются для тех же целей, для которых обычно применяют карманные электрические фонарики. Основной недостаток этих последних общеизвестен, с ним отлично знакомы все пользующиеся фонариками в мирное время. Как часто случается, что в самый нужный момент батарейка сухих элементов, питающая лампочку фонаря, оказывается израсходованной. А запасной батарейки нет. На войне такой отказ в действии или отсутствие батареек может привести к очень печальным результатам, поэтому там обычный карманный электрический фонарик мало при-

годен. Выручает здесь совсем маленькая магнитоэлектрическая машинка, дающая ток напряжением от 2,5 до 3 вольт.

Одним из лучших образцов магнитоэлектрических карманных фонарей является фонарь завода „Электросила“ (рис. 261). В коробке его находится магнитоэлектрическая машинка с зубчатой передачей, связанной с кремальерой подвижного рычага. Нажимая на рычаг пальцами руки, опускают его вниз доотказа. Затем рычаг отпускают, и под действием пружины он поднимается в первоначальное положение. Нажиманием рычага приводится во вращение магнитоэлектрическая машинка, и, следовательно, создается ток, накаливающий нить в лампочке. На время бездействия фонаря рычаг его закрепляется специальной задвижкой (сбоку коробки) в опущенном состоянии.

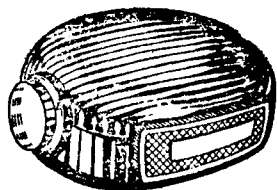


Рис. 261. Магнитоэлектрический фонарь с кремальерой.

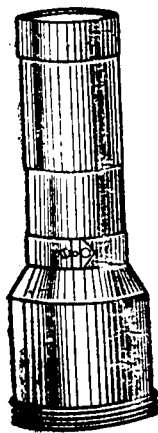


Рис. 262 Магнитоэлектрический фонарь с пружинным заводом.

При сгибании пальцев руки 150 раз в минуту (это предел для человека) постоянный магнит делает около 1500 об/мин., и в обмотках катушки возбуждается ток напряжением 3 вольта и силой 0,1 ампера, что дает силу света лампочки около 5 свечей. Дальность действия такого фонаря равна 1,5—2 м, вес его — около 200 г и размеры $86 \times 56 \times 31$ мм.

Бывают магнитоэлектрические фонари и с пружинным заводом (рис. 262). Перед употреблением вращают подвижную часть такого фонаря, чем заводят находящуюся в его коробке пружину, которая затем, освобождаясь в течение 2—3 минут, вращает магнитоэлектрическую машинку. Сила света такого фонаря доходит до 10 свечей.

Основное достоинство описанных фонарей очевидно: это — готовность их к действию всегда, вне зависимости от батареек или аккумуляторов. Кроме того, они имеют сравнительно небольшие размеры и вес.

Так как ночные действия войск приобретают все большее и большее значение, подобного типа фонари находят себе широкое применение во всех родах войск.

Известно, что электрический ток, проходя сквозь тело человека, действует на него в той или иной степени. Физиологическое действие тока прежде всего зависит от силы и напряжения его. Чтобы определить присутствие тока в цепи гальванического элемента (напряжение 1—1,5 вольт), недостаточно взяться за концы проводов, а нужно коснуться их языком, и то при этом почувствуется лишь слабое пощипывание и ощущение кислоты.

Ток в осветительной сети (напряжение 120 или 220 вольт) очень заметен уже при прикосновении пальцев к оголенным проводам или к внутренним частям патрона лампочки; мышцы руки при прохождении тока резко сокращаются, и человек обычно невольно отдергивает руку от проводов. Прикосновение же к трамвайным проводам (напряжение 500 вольт) или к основным магистралям электропередачи у людей, не изолированных от земли, обычно вызывает мгновенную смерть. Очень большое значение имеет при этом род тока: переменный ток переносится человеком гораздо хуже, чем постоянный. Лишь при очень высоком напряжении опаснее становится постоянный ток.

Считают, что опасным для человека является уже ток силой больше чем 0,03 ампера (30 миллиампер) и напряжением выше 250 вольт. Ток же в 0,08 ампера и больше при напряжении 500—700 вольт для человека становится смертельным, так как он вызывает паралич дыхательных органов и сердца, а иногда и разложение (электролиз) крови.

Однако, весь этот вопрос изучен еще мало, вследствие чего приведенные данные являются лишь средними и ориентировочными.

Сила тока зависит от напряжения и от сопротивления цепи (закон Ома); поэтому для определения, какой ток опасен для человека, необходимо знать сопротивление человеческого тела. Но, как показали опыты, сопротивление это весьма различно, а именно: от двух сотен ом до десятков тысяч ом. Зависит оно прежде всего от напряжения тока, а также от состояния поверхности кожи (сухая, влажная, чистая, загрязненная и т. д.); от нервного состояния человека (спокойное, возбужденное), от деятельности сердца (усиленная, возбужденная) и от ряда других причин. Кроме того, если ток должен проходить сквозь тело человека в землю, то большое значение для общего сопротивления цепи имеет состояние грунта (песок, глина, чернозем сухой, влажный и т. п.) и обувь человека (сапоги, валенки, калоши).

В силу этого и получается, что иной раз бывают случаи смерти от городского тока в 120 вольт, а иногда человек отделяется испугом при токе в 500 и более вольт. В пер-

вом случае расчет по формуле закона Ома показывает, что сопротивление тела человека было, видимо, не больше 1 500 ом. С другой стороны, безопасность тока в 500 вольт позволяет предполагать сопротивление тела человека в 20 000 ом. В среднем для случаев прохождения токов напряжением 400—700 вольт через тело человека и обычную кожаную обувь в землю сопротивление человеческого тела можно считать от 2 500 до 7 000 ом.

Изучение всех этих явлений и развитие электротехники, естественно, привели к попыткам применения электрического тока в качестве средства борьбы на войне, а именно для электризации проволочных заграждений.

Известно, что, обороняясь при всякой к тому возможности, войска устраивают различные искусственные препятствия и заграждения, которые затрудняют противнику возможность напасть врасплох, подойти к окопам или пройти вообще по данной местности. Наиболее распространенным и надежным противопехотным препятствием является проволочное заграждение. Чтобы усилить действие такого заграждения и сделать его еще более трудно проходимым для противника, и придумали пускать по проволоке заграждения электрический ток.

Колючую проволоку сбычного заграждения можно перерезать специальными ножницами, под ней можно проползти,

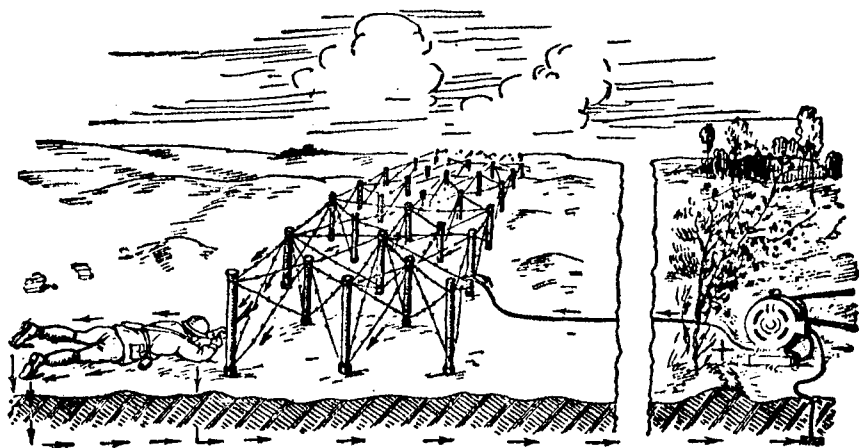


Рис. 263. Схема электризованного проволочного заграждения. Стрелки условно показывают направление тока в момент поражения бойца, коснувшегося проволоки.

перерубить ее топором вблизи кола и т. п. Проволока же, по которой идет ток, во всех этих случаях убьет бойцов, пытающихся ее преодолеть (рис. 263). Поэтому защитники окопов в последнем случае чувствуют себя гораздо спокойнее: внезапно подкрасться к ним невозможно. Правда, в бою

проволочные заграждения разрушают обычно разрывами артиллерийских снарядов или приминают танками, которые не боятся тока, но в обоих случаях проделанные в заграждениях проходы бывают заполнены обрывками и концами проволоки. Если по заграждениям пущен ток, то многие из этих концов останутся опасными для бойцов, и, прежде чем использовать проходы, придется их очищать. Все эти затруднения в преодолении электризованного заграждения очень выгодны обороняющимся, поэтому электризация проволочных сетей нередко применялась в первую мировую империалистическую войну, широко применялась белофиннами в борьбе их с Красной Армией на Карельском перешейке и, несомненно, найдет себе применение при всякой длительной задержке войск на одном месте.

Совершенно понятно, что ток в заграждении должен быть достаточной силы, напряжением от 500 до 2000 вольт, а кольца, на которых подвешена проволока, должны быть изолированы от земли. Последнее достигается обычно осмолкой нижних очищенных концов колец (их вываривают в каменноугольной смоле) или опусканием их в горячий асфальт.

Чтобы успешно бороться с проволочными заграждениями, прежде всего необходимо точно знать, наэлектризованы они или нет. Для этого применялись специальные приборы, но вполне пригоден и обыкновенный телефонный аппарат. Надо лишь заземлить оба провода от аппарата так, чтобы заземления находились друг от друга примерно в 100—200 м и одно из них было расположено возможно ближе к заграждению (метра на 3—10). Если в проволоках заграждения есть ток, то переменные токи будут распространяться и в земле. Эти токи, проходя через телефонный аппарат, создают в телефоне сильный характерный шум, изменяющийся с изменением напряжения тока в заграждении.

Часто можно обнаружить электризованное заграждение просто по ряду характерных для него признаков, например: изоляция колец, искры при случайном касании проволоки о траву, выжженная (опаленная) кругом трава и т. п.

Когда становится известным, что препятствие наэлектризовано, его тем или иным способом обезвреживают, делая проходным для своих войск. Мы отмечали уже, что чаще всего проволочные заграждения разрушают артиллерийским огнем или с помощью танков и что в случае электризации препятствия важно тщательно очистить проходы в нем от концов и обрывков проволоки. Выполняют это саперы в специальных костюмах (комбинезонах) из медной сетки (рис. 264).

Такой костюм предохраняет человека от поражения током, который, как известно, всегда идет по линии наименьшего сопротивления. Медная сетка имеет ничтожное сопротивление, тело же человека — очень большое. Поэтому весь ток от препятствия уходит в землю по сетке, не задевая человека.

Отчасти такую очистку проходов или полное обезвреживание препятствия могут выполнять и танки, если они „кошками“ (крюками) потянут проволоку за собой и таким образом порвут все линии, питающие препятствия током.

До известной степени обезвредить электризованное препятствие можно также путем заземления. Делается это следующим образом. Берут большую пластину, или лучше несколько таких пластин из листового железа, или бухты (мотки) голого железного провода и, присоединив к ним железную

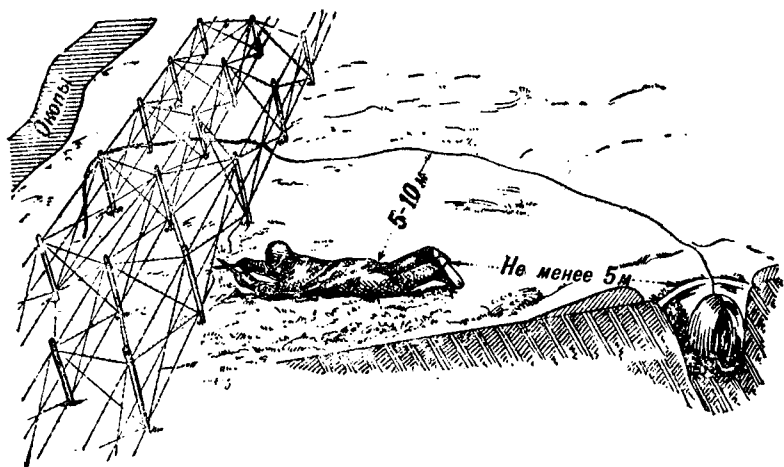


Рис. 264. Схема обезвреживания электризованного проволочного заграждения.

проволоку, погружают пластины в воду колодца, пруда, озера или вкапывают в сырую землю, а если земля сухая, то поливают яму и землю кругом раствором поваренной соли (вспомнить сказанное в очерке 51). Затем присоединяют провод от заземления к проволоке электризованного заграждения (рис. 264), набрасывая на него медную цепь. Присоединяющий проволоку человек надевает специальный костюм из медной сетки.

Чтобы проделать проход в электризованном заграждении после только что описанного его заземления, режут проволоки заграждения ножницами, приняв все меры изоляции (костюм из медной сетки).

Надо заметить, что даже при самом надежном заземлении электризованного препятствия, — если оно вполне исправно и питается мощным источником тока, — полностью обезвредить его нельзя, а в то же время работы по заземлению очень трудно замаскировать. Учитывая это, разрушать электризованные препятствия чаще всего будут, очевидно, с помощью танков или, при отсутствии их на данном участке, артиллерийским огнем.

Таким образом, и здесь, как повсюду, наука и техника помогают и нападающему, и защищающемуся от нападения. Электризованное проволоочное заграждение представляет собой грозное препятствие, но есть возможность и его преодолеть.

Отчасти поэтому на электризации проволочных заграждений ныне уже не останавливаются и пытаются разрешить сложную задачу электризации непосредственно земли, т. е., конечно, не всей земли, а отдельных ее полос или точек. Теоретически здесь все весьма просто. Если один полюс машины высокого напряжения (те же 500—2000 вольт, что и для проволоки) соединен с некоторыми изолированными полосами или точками земной поверхности (рис. 265), а другой — с землей вообще, то, очевидно, человек, коснувшийся этих

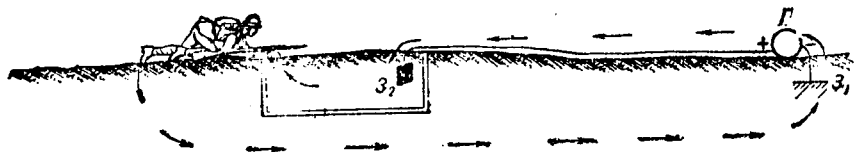


Рис. 265. Схема препятствия из электризованной земли. Z_1 — Z_3 —заземление; Г — генератор тока; стрелки условно показывают направление тока в момент поражения бойца, коснувшегося препятствия.

полос или точек, будет поражен током. При этом понятно, что определить издали, где именно электризована земля, нет никакой возможности; очень трудно и разрушить такое невидимое препятствие, состоящее из самой земли. Но отсюда же вытекает и трудность практически решить эту задачу, т. е. надежно изолировать электризованную землю от остальной. Очевидно, как бы тщательно мы ни выделяли отдельные точки и полосы земли, при напряжении до 2000 вольт утечка тока будет всегда весьма значительной, особенно в сырую погоду и при условии незаметности изоляции. Понятно, что изоляция тут потребует большой работы. Однако, средство это настолько заманчиво по своему эффекту, что во многих странах ведутся разработки и опыты по его применению. Поэтому средства разведки и разрушения таких полос электризованной земли надо иметь наготове.

58. Электричество в заграждениях на море и на суше

Подобно тому как на суше войска окружают свои окопы искусственными препятствиями и заграждениями, и на море выгодно преградить известные участки (проливы, заливы, бухты) для кораблей противника. Есть много способов таких заграждений. Мы здесь разберем лишь некоторые наиболее употребительные, связанные с применением электричества.

Весьма распространенными заграждениями на море являются заграждения из якорных гальваноударных мин. Эти мины имеют обычно форму шара с выступающими кол-

пачками (рис. 266). Тонкий стальной корпус мины имеет диаметр около 1 м; в нем помещается внизу прямоугольный ящик с сильным взрывчатым веществом (зарядная камера).

Вес заряда (тринитротолуол) составляет от 150 до 250 кг. Заряд неполностью заполняет корпус мины, для того чтобы

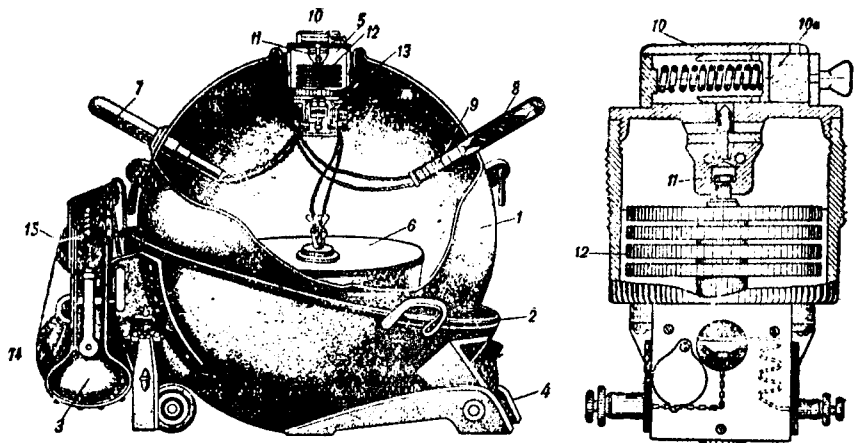


Рис 266. Гальваноударная мина. 1 — корпус мины; 2 — чашка якоря; 3 — автоматический механизм якоря; 4 — лапы; 5 — предохранительный прибор (справа показан крупно); 6 — зарядная камера; 7 — колпачок; 8 — стеклянная ампула с активной жидкостью; 9 — электроды (цинк и уголь); 10 — разъединитель; 10а — сахар; 11 — крючки разъединителя; 12 — гидростатический прибор; 13 — подвижной контакт; 14 — вьюшка с минрепом; 15 — груз.

она имела пловучесть и не тонула, а наоборот, натягивала бы трос (минреп) якоря.

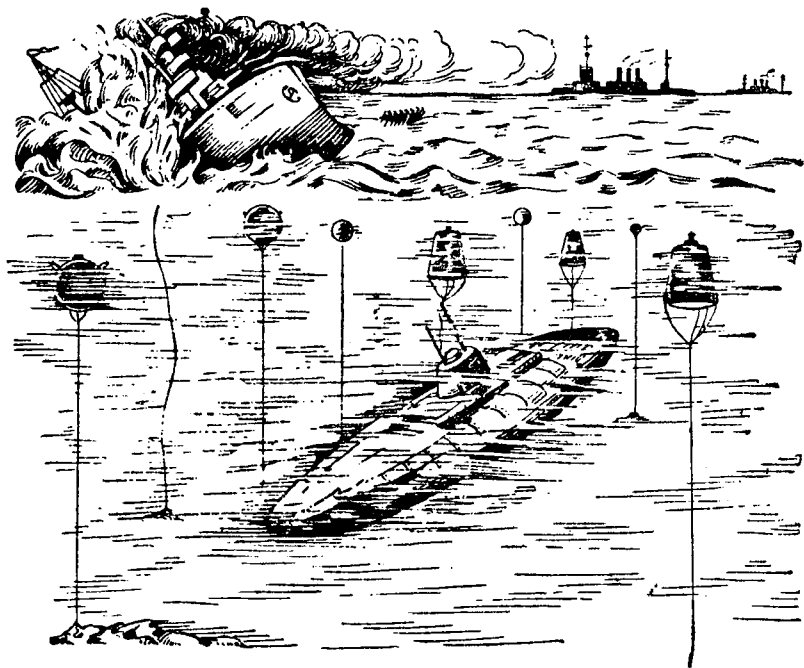
Выступающие из корпуса мины колпачки сделаны из свинца, чтобы их легко было согнуть при ударе, и имеют внутри стеклянные ампулы с „активной жидкостью“ и электроды из угля и цинка. Иначе говоря, в колпачках находятся гальванические элементы (батарейки) типа „наливных с активной жидкостью“ (очерк 49). Так как ток здесь нужен довольно сильный и на короткий срок, то применяют элементы типа Грене, активной жидкостью в которых служит, как известно, раствор серной кислоты и двуххромовокислого калия.

Пока колпачок цел, элементы не действуют, но стоит погнуть колпачок, как тотчас ампула разобьется, жидкость из нее выльется на электроды, и элементы дадут ток в цепи.

Цепь эта, однако, не замкнута до тех пор, пока мина не установлена на нужной глубине в море. Размыкает цепь предохранительный прибор весьма остроумного устройства. В верхней части прибора находится кусок обыкновенного сахара, который удерживает пружину с обоймой от продвижения в сторону (рис. 266). Когда мина попадет в воду, сахар растает (растворится), и пружина толкнет обойму, что в свою очередь освободит головку стержня гидростатического прибора.

Вода своим давлением сожмет диски, связанные со стержнем, на конце которого находится подвижной контакт. Стержень опустится вниз, а контакт замкнет цепь батареи — заряд. Внутри заряда находится известный уже нам запал накаливания (рис. 260), и поэтому, как только ток пройдет по цепи, произойдет взрыв.

Предохранительный прибор нужен для того, чтобы сделать мину безопасной в обращении при установке ее. Когда же мина стоит в воде (рис. 267), она вполне готова к действию, и стоит лишь кораблю слегка задеть за один из ее колпач-



Рас. 267. Подводное минное поле. Один из кораблей подорвался на mine; подводная лодка лавирует между минами.

ков, чтобы произошел взрыв, от которого корабль нередко гибнет, так как разрушается подводная его часть.

Такие мины действуют только при ударе, и, очевидно, для полного заграждения пролива или входа в бухту нужно очень большое их число. Поэтому придумали другие мины, действующие при приближении к ним корабля на расстояние до 30 м, — так называемые мины с антенной (рис. 263).

Антенна мины — это тонкие медные проволоки длиной до 30 м, удерживаемые буйками (поплазками) и идущие вверх и вниз. Прикосновение корабля к любой точке антенны вызывает взрыв мины. Источником энергии, вызывающей взрыв заряда в этих минах, является электрический ток, получаю-

щийся при взаимодействии меди антенны и стали корпус корабля (подводной лодки) в морской воде.

Чтобы понять, в чем тут дело, надо вспомнить, что морская вода содержит много солей и таким образом является как бы электролитом (активной жидкостью), в котором два разных металла, соприкасаясь, дают гальванический ток. Ток этот, конечно, очень слаб и непосредственно на взрыватель (на запал накаливания) подействовать не может, но этого и не нужно. Внутри

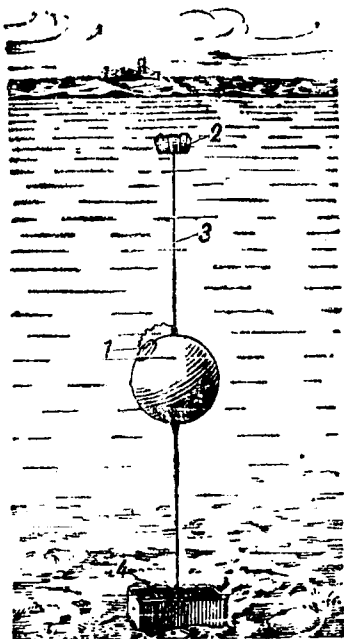


Рис. 268. Антенная мина. 1 — горловина и вводы антенного взрывателя; 2 — буюк антенны; 3 — антенна; 4 — груз.

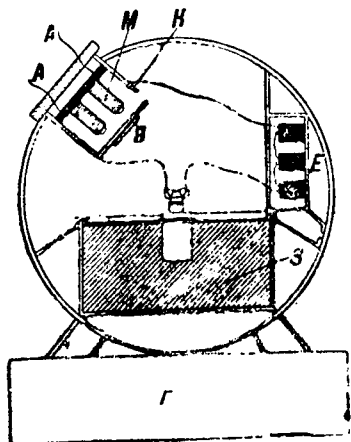


Рис. 269. Схема реле в антенной мине. М — электромагнит; Я — якорь; Е — батарея элементов; З — заряд; А — провод к антенне; Г — груз; К — контакт.

мины имеется готовая к действию батарея элементов, замыкание цепи которой должно вызвать взрыв. Поэтому ток от антенны необходим лишь для замыкания цепи батареи, что достижимо для самых слабых токов с помощью так называемых реле. В реле небольшой электромагнит с большим числом витков тонкой проволоки даже при очень слабом токе в обмотке притягивает к себе легкий якорь, который своим движением и замыкает цепь батареи (рис. 269).

Во время войны 1914—1918 гг. для борьбы с подводными лодками, а в современную войну для борьбы с любыми кораблями, широкое применение нашли себе еще магнитные мины (рис. 270). Корпус магнитной мины делается из немагнитного материала: меди, алюминия и др.; иногда для удешевления медным делается только каркас, на который накладывается бетон. Все части мины не имеют железа, стали и прочих материалов, влияющих на магнитную стрелку.

Основной частью взрывного приспособления мины является магнитная стрелка, которая до приближения корабля противника находится в спокойном состоянии, подчиняясь влиянию земного магнетизма и удерживающих ее слабых пружин. Когда же к mine подойдет корабль, имеющий железный корпус, стрелка под влиянием действия железной массы корабля изменит свое положение, один конец ее поднимется, преодолевая сопротивление пружины, и замкнет контакты цепи запала, в которую включена электрическая батарея. Электрический ток, пройдя по запалу, взорвет его и вызовет взрыв заряда мины.

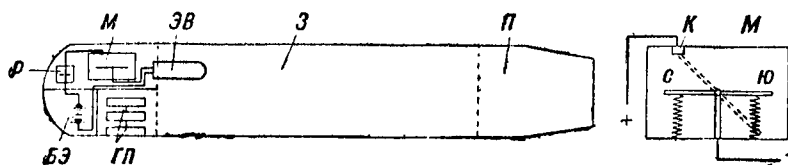


Рис. 270. Магнитная донная мина.

По такому именно принципу устроены германские донные магнитные мины, имеющие форму тупоносой сигары длиной 2,5 м и диаметром 0,6 м при общем весе 535 кг, из которых на долю взрывчатого вещества приходится 300 кг. Мина имеет особое гидравлическое устройство, придающее ей с помощью рычагов в головной части всегда строго горизонтальное положение на дне моря, какую бы форму ни имело это дно. В хвостовой части мины уложен парашют, который автоматически вытягивается и раскрывается при сбрасывании мины с самолета на высоте не менее 500 м и также автоматически отщепляется от мины при погружении ее в воду. Донная магнитная мина ставится на глубине не более 25 м, так как только в этом случае взрыв ее потопит находящийся над ней корабль.

Другим типом магнитных мин является гораздо более опасная всплывающая мина. Такие мины можно ставить на глубине до 120—150 м, так как в момент приближения к ним корабля они сами идут ему навстречу (всплывают) и взрываются лишь на глубине 12—15 м. Устройство этих мин во многом отличается от донных. Парашюта они не имеют и поэтому сбрасываются с самолета с высоты не более 50—60 м. Как только хвост мины погрузится в воду, последняя заполняет все свободное пространство в корпусе мины и тем самым делает ее в целом тяжелее воды. Так как вес мины лишь немного превышает вес вытесняемой ею воды, она погружается в воду медленно и плавно садится на дно, сохраняя всегда вертикальное положение головной частью вверх (центр тяжести мины находится ближе к ее хвосту).

Предохранительный гидростатический прибор, подобный прибору, имеющемуся в гальваноударной мине, на глубине в

20 м делает мину готовой к взрыву. Однако, она спокойно стоит на дне до тех пор, пока магнитное приспособление не заставит ее всплыть. Это магнитное приспособление ничем не отличается от описанного выше для донной магнитной мины, но полученный при замыкании электрогток идет не к запалу накаливания, а к пробке баллона со сжатым воздухом (рис. 271). Легкоплавкая пробка расплавляется, воздух выходит из баллона и выталкивает воду из корпуса мины. Выталкиваемая вода создает реактивную силу (см. очерк 21), достаточную, чтобы оторвать мину от дна, даже если она засосалась в ил. Одновременно, становясь легче, мина приобретает пловучесть (см. очерк 24) и быстро всплывает. Гидростатический взрыватель действует в момент, когда давление воды, постепенно уменьшающееся, достигает заданной величины, соответствующей глубине в 12—15 м.

В начале современной войны большое количество судов погибло от магнитных мин как донных, так и всплывающих. Дело в том, что обычные приемы вылавливания (траления) мин не пригодны для магнитных мин, лежащих на дне, других же приемов борьбы с магнитными минами в то время не знали. Однако, вскоре эти приемы были найдены, и ныне борьба с магнитными минами ведется вполне успешно. Для этого все корабли снабжаются теперь „противоминным поясом“ в виде медного кабеля, по которому пропускается электроток большой силы. Это создает мощное электромагнитное поле вокруг корабля, вызывающее взрыв магнитных мин до приближения к ним корабля на опасное для него расстояние. Далее, с помощью такого же пояса можно нейтрализовать (исказить) магнитное поле корабля настолько, что оно перестает действовать на магнитную стрелку мины. Можно также толкать перед кораблем плот с мощным электромагнитом, взрывающим мины перед кораблем. Наконец, можно оборудовать корабли миноискателями, принцип действия которых основан на измерении силы земного притяжения или на отражении радиоволн. В том и другом случае прибор показывает наличие металлической массы (мины) перед ним, что и позволяет принять соответствующие меры, например забросать опасный район глубинными бомбами, взрыв которых под водой вызывает взрыв любых мин в радиусе десятков метров.

Все описанные мины являются самодействующими, т. е. взрывающимися самостоятельно при ударе или приближении корабля. Такие мины одинаково опасны и для чужих, и для своих кораблей; преимущество последних заключается

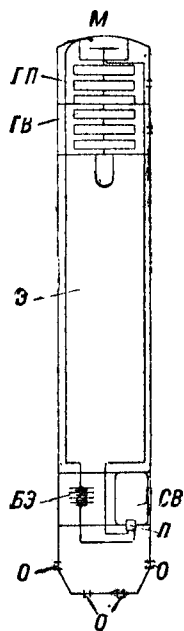


Рис. 271. Магнитная всплывающая мина.

лишь в знании мест (районов) расположения своих мин. У берегов же и внутри бухты ставят еще заграждения из станционных мин, каждая из которых соединена подводным кабелем со станцией на берегу. Станционные мины взрываются при замыкании тока на станции; при этом взрываются все мины нужного участка (группы), на которые разделено "минное поле".

Для борьбы с минными заграждениями во флоте имеются специальные корабли — тральщики, которые вылавливают и обезвреживают мины; кроме того, подводная часть боевых кораблей имеет такое устройство, которое обеспечивает их от потопления в случае разрушения отдельных, не очень больших участков дна или борта корабля.

Совершенно так же, как на море, устраивают минные поля и перед укрепленной позицией на суше (рис. 272), в особенности на участках возможной атаки танков. Подземные

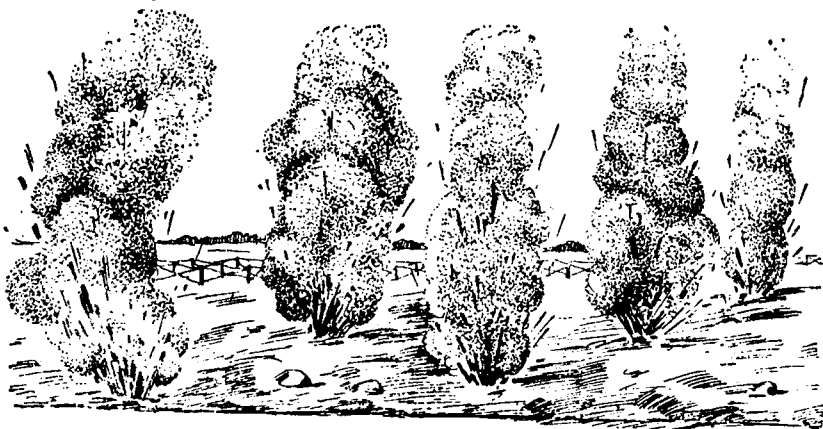


Рис. 272. Минное поле перед позицией (взрыв всех фугасов).

мины, или фугасы, устроены очень просто и также бывают станционными или самовзрывными (рис. 273).

Кроме подземных мин, на суше широко применяют переносные противотанковые самовзрывные мины (рис. 274), устанавливая их на дорогах и вероятных путях танков. Наконец, широко минируют также всевозможные заграждения (завалы на дорогах, засеки, проволочные сети и т. п.), чтобы затруднить быстрое устранение их.

Конечно, и против сухопутных мин существуют свои средства противодействия. Во-первых, их взрывают до подхода танков и войск артиллерийскими снарядами. Во-вторых, узнав, где находится минное поле, обходят его. Были и такие попытки предохранить танк от мины, как придача ему специального выдвинутого вперед катка, который взрывает мины на пути танка прежде, чем сам танк может быть поражен их взрывами.

Очень широко применяли всевозможные мины белофинны, отступая под давлением Красной Армии в 1939 г. Как правило, они минировали все дороги, мосты, оставшиеся целыми

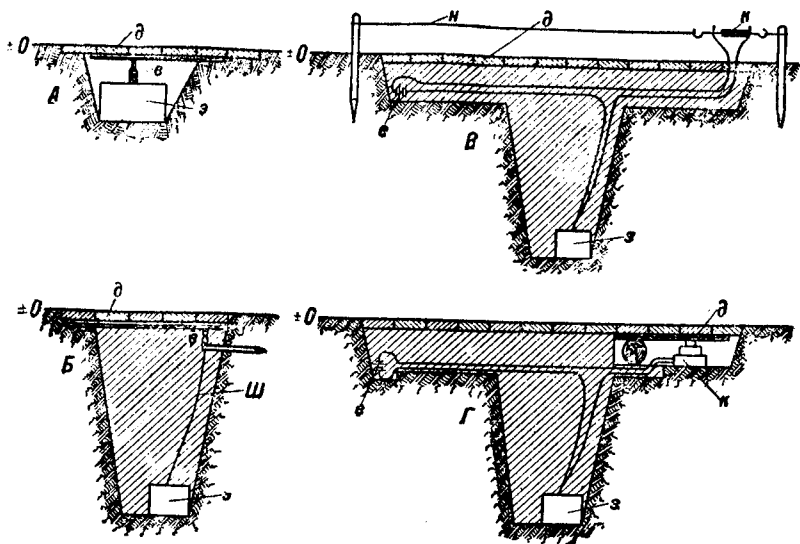


Рис. 273. Устройство самовзрывных фугасов. А — взрывается от нажатия доской на взрыватель; д — доска; в — взрыватель; з — заряд. Б — то же, но взрыватель укреплен на колу и соединен с зарядом быстро горящим шнуром Ш. В — взрывается электрозапалом при нажатии нити н, на которой укреплен замыкатель к; под досками находится батарея е. Г — то же, но замыкатель к в виде кнопки приводится в действие нажатием доской.

дома и даже отдельные умышленно оставленные предметы, например, лыжи, лопаты, ящики с консервами и т. п. Это потребовало очень большой и героической работы наших саперов, расчищавших пути Красной Армии и обезвреживавших десятки ловушек, подстроенных коварным врагом. Большую помощь в этом деле оказали советские ученые, очень быстро разработавшие отличные миноискатели (рис. 275), позволявшие саперам безотказно отыскивать все мины, спрятанные под землей и под снегом. Как показывает рисунок (с фотографии), принцип устройства миноискателя основан на взаимодействии электрических и магнитных полей. Как известно, при пересечении проводника магнитными силовыми линиями в проводнике возбуждается ток. Следовательно, в рамке миноискателя при приближении ее к железной

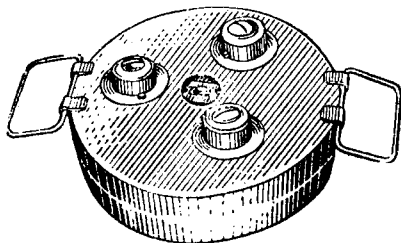


Рис. 274. Один из образцов переносной противотанковой мины.

или стальной массе должен возникнуть ток, что и обнаружится с помощью телефонов. Конечно, такой миноискатель подает сигнал и о спрятанном оружии или другой массе железа (стали), но вреда от этого не будет. Хуже то, что он не обнаруживает мины в деревянной или картонной упаковке, но основная масса переносных мин до сих пор имеет железные футляры и поэтому разыскивается легко.



Рис. 215. Миноискатели.

О значении мин в морской войне можно судить по следующим числам:

За время мировой войны 1914—1918 гг. от германских мин погибло 259 торговых кораблей, не считая мелких заградителей.

В 1918 году американцы решили для защиты от немецких подводных лодок перегордить минами все Северное море между Шотландией и Норвегией и до конца войны успели с этой целью поставить 70 000 антенных мин (всего их решено было установить 120 000).



Рис. 276. Торпеда. 1 — заряд с ударником и взрывателем; 2 — камера для смеси паров керосина и сжатого воздуха; 3 — машинное отделение; 4 — плавательное отделение; 5 — хвостовая часть с гребными винтами и рулями.

Общее число израсходованных за годы первой мировой войны мин не поддается учету, но во всяком случае оно превышает 150 000. Сотни кораблей погибли от мин и в современной войне.

Кроме неподвижных мин, на море широко применяются самодвижущиеся мины, или торпеды. Торпеда (рис. 276) имеет „удобообтекаемую“ форму (очерк 4), достигая длины

в 6 м, толщины в 55 см и веса более тонны (вес заряда до 240 кг тротила).

Торпеду выбрасывают с корабля или из подводной лодки с помощью специального аппарата (рис. 277) силой сжатого воздуха (или пороха), или с самолета (рис. 278), бросая ее, как всякую авиабомбу.

Погрузившись в воду, торпеда движется самостоятельно за счет энергии смеси паров керосина и сжатого воздуха, которая приводит в действие специальный двигатель, вращающий гребные винты,

Чтобы торпеда не ушла глубже, чем следует (обычно 3 м), она снабжена гидростатическим аппаратом. Идея этого аппарата основана на разнице давления на различной глубине:

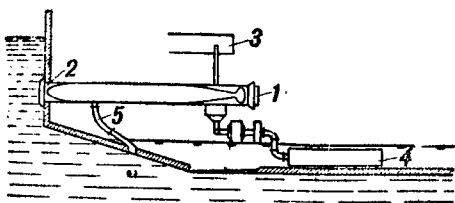


Рис. 277. Схема подводного торпедного аппарата. 1 — табель; 2 — крышка; 3 — бак с водой; 4 — баллон для сжатого воздуха; 5 — трубка для выпуска воды из аппарата. Перед выстрелом торпедный аппарат наполняется водой.

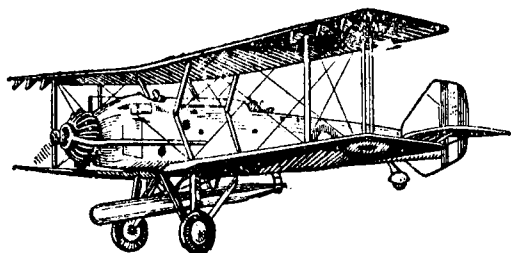


Рис. 278. Самолет-торпедоносец.

как только торпеда уходит глубже нормы, аппарат, испытывая большее давление, действует на руль глубины, заставляющий торпеду всплыть; то же самое происходит и при всплывании выше нормы: уменьшение давления воды тотчас воспринимается аппаратом, и руль глубины погружает торпеду.

Непрерывно вращающийся гироскоп (очерк 15), ось которого соединена с рулем направления, заставляет торпеду двигаться в заданном направлении. Скорость движения торпеды при небольших расстояниях (до 4 км) может дохо-

доть до 30 м/сек, т. е. до 108 км/час. При меньших же скоростях (до 50 км/час) дальность действия торпеды равна 18 км.

Когда торпеда доходит до борта корабля и ударяется в него, ударник торпеды натывается на капсюль гремучей ртути, вследствие чего происходит взрыв, обычно настолько разрушающий подводную часть корабля, что последний идет ко дну.

Но у описанной здесь торпеды есть немало и недочетов: двигаясь под водой, она оставляет на поверхности воды след (пузыри, пена от выходящих отработанных газов), что дает возможность атакуемому кораблю уклониться от торпеды; направление выпущенной торпеды изменить уже нельзя, а промахнувшись, она не взрывается, следовательно, расходует-ся напрасно.

Все это вызвало стремление усовершенствовать торпеду, и современная война показала, что эти усовершенствования придали торпедѣ новые ценные свойства.

Во-первых, появились торпеды с электродвигателями, которые дают меньшую скорость хода, но зато устраняют появление видимого следа.

Во-вторых, стали применять торпеды неконтактного действия, т. е. взрывающиеся не только при ударе, но и на заданной дистанции (с дистанционным взрывателем, см. очерк 1) или под влиянием магнитного поля корабля, подобно магнитной мине.

Наконец, появились весьма оригинальные „циркулирующие торпеды“, которые, пройдя заданную дистанцию, начинают двигаться по кривой в виде спирали, как бы сами разыскивая свою цель. Подобная циркулирующая магнитная торпеда почти наверняка достигает цели, так как опасное пространство для корабля становится равным площади круга диаметром не менее 100 м. Уклониться на такое расстояние от торпеды или допустить такую большую ошибку при выстреле торпедой почти невозможно.

Торпеда — очень сложная и дорогая машина, но зато и грозное оружие, от которого погибло и погибает очень много кораблей. Поэтому естественно, что существует много средств для защиты кораблей от торпед.

В частности, одним из таких средств являются специальные заградительные сети, которыми преграждают небольшие проливы или бухты. Любопытно, что для борьбы с такими сетями стали снабжать торпеды в их головной части особыми автоматическими ножницами, которые, наткнувшись на сеть, ее перерезают.

И здесь, как и всюду на войне, непрерывно идет борьба между средствами нападения и защиты. Новое средство нападения вызывает новые меры защиты, а новая защита порождает усовершенствование средств нападения.

59. Электропушка

Электричество все больше и больше проникает во все области жизни. Электрификация является важнейшей задачей реконструкции (переустройства) народного хозяйства и прежде всего — энергетической его базы, т. е. основных источников энергии. Мы видим, как постепенно все фабрики и заводы вместо получения энергии от тепловых машин перестраиваются на использование электрической энергии от мощных районных станций. И во всех случаях такой переход сопровождается громадной экономией топлива и лучшим его использованием.

Естественно, что и в области артиллерийской техники явились попытки использовать энергию электричества для замены ею энергии пороха, господствующей в артиллерии более пяти веков. Выше мы говорили уже о трудностях, стоящих на пути такой замены (очерк 31); однако возможно, что все эти трудности удастся преодолеть. Не раз уже в печати появлялись сведения об испытании электрических орудий во Франции, США и в других странах. Проверить эти сведения, а равно и узнать подробности подобных изобретений, конечно, нельзя, так как весь этот вопрос является военной тайной. Поэтому мы не имеем возможности рассказать здесь об устройстве конкретных электропушек, но можем познакомить лишь с некоторыми идеями, положенными в основу их изобретения.

Как известно, назначение пороха во всяком артиллерийском орудии заключается в сообщении снаряду большой начальной скорости на сравнительно коротком участке пути (в канале ствола орудия). Пороховые газы выталкивают из ствола снаряд, заставляя его лететь по определенному направлению.

Так как снаряд изготовляют из стали, естественно, что для придания ему скорости можно использовать и электромагнитные силы.

Для примера сделаем такой очень несложный опыт. Возьмем соленоид (рис. 279), т. е. катушку изолированного проводника, концы которого соединены через прерыватель с полюсами источника тока (батарея элементов или ток от динамо). Под соленоидом поставим железный стержень, как показано на рис. 279, и после этого замкнем цепь соленоида. Если сила тока будет достаточна, то стержень окажется втянутым внутрь катушки. Объясняется это тем, что вокруг соленоида образуется магнитное силовое поле (рис. 280), притягивающее железный стержень, пока возникшие у него по индукции полюсы не окажутся на равных расстояниях от полюсов соленоида. Втянутый в соленоид (катушку) стержень останется в нем до тех пор, пока по проводнику будет протекать ток. При размыкании же цепи стержень из чистого железа тотчас упадет.

Теперь нетрудно понять, что произойдет, если взять короткий железный стержень и длинную катушку (соленоид)

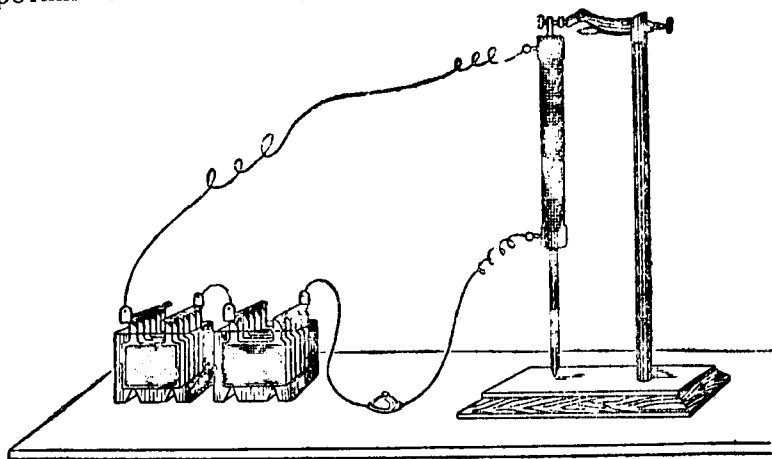


Рис. 279. Опыт вытягивания железного стержня в катушку (соленоид).

с большим числом витков и с медной или стеклянной трубкой в середине (рис. 281). Расположив катушку наклонно и поместив стержень у входа в катушку, замкнем сильный ток на несколько мгновений. При замыкании тока стержень быстро втянется в катушку, приобретая определенную скорость. В случае же выключения тока в тот момент, когда стержень дойдет до положения равновесия, он по инерции естественно будет продолжать дви-

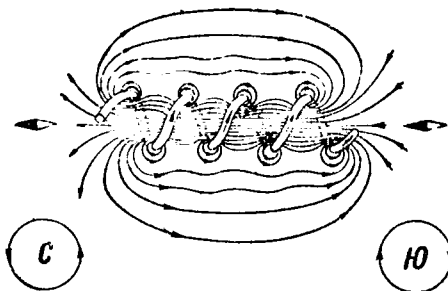


Рис. 280. Магнитное поле соленоида.

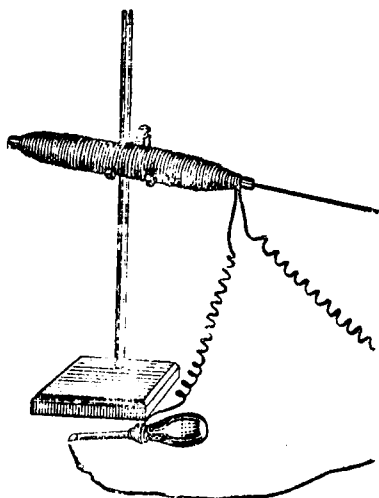


Рис. 281. Модель электропушки.

жение и вылетит из катушки по направлению ее оси. При надлежащем расчете силы тока в катушке, ее длины и веса стержня мы получим модель электропушки, способную бросать стержень (снаряд) на некоторое расстояние, зависящее от всех указанных данных и от угла наклона оси катушки к горизонту.

Заметим, что на практике опыт этот проделать нетрудно и он получается очень эффектным. Сделав установку, как показано на рис. 281, и простейший выключатель, лучше всего из деревянной дощечки с полоской меди или из двух ста-

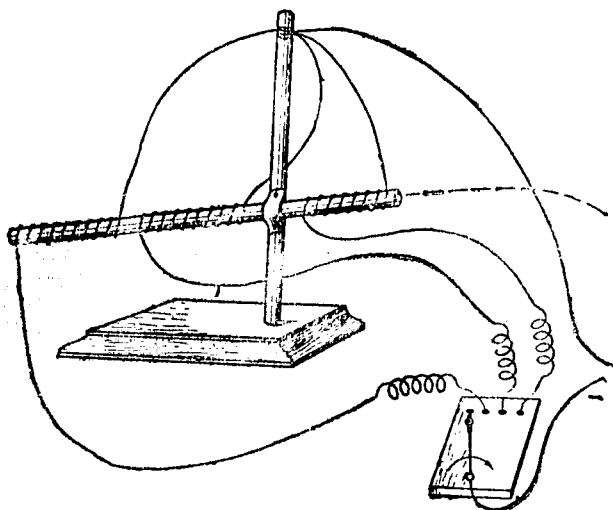


Рис. 282. Схема модели электропушки из трех соленоидов.

месок, можно, „чиркая“ контактом по нашему выключателю, как по коробке спичек, бросать куски гвоздей или спиц на 3—5 м.

Чтобы покончить с этой идеей, необходимо указать на возможность применения в электропушке не одной катушки (соленоида), а ряда катушек с последовательным включением в них тока (рис. 282). Когда снаряд дойдет до середины первой катушки, ток из нее переключится во вторую, это даст добавок к имеющейся скорости снаряда, так как он получит новый толчок, втягивающий его во вторую катушку. Во второй катушке произойдет то же самое, и снаряд перейдет в третью с еще большей скоростью. В итоге от большого числа катушек можно как будто получить огромную скорость. Беда лишь в том, что при этом понадобится очень длинный „ствол“ орудия, быть может, до сотни метров.

В последнем случае, когда в электропушке мы предположили ряд соленоидов, постепенно включаемых в цепь, вдоль ствола нашей пушки образуется как бы подвижное (бегущее) магнитное поле, увлекающее за собой снаряд.

Электротехника развивается и совершенствуется день ото дня. То, что казалось неосуществимым два-три года назад, проводится в дальнейшем иной раз в жизнь с большим успехом. Поэтому в области устройства электрических орудий возможны такие достижения, о которых сейчас можно лишь мечтать. Быть

может, уже в недалеком будущем окажется возможной стрельба из электрической пушки на сотни километров.

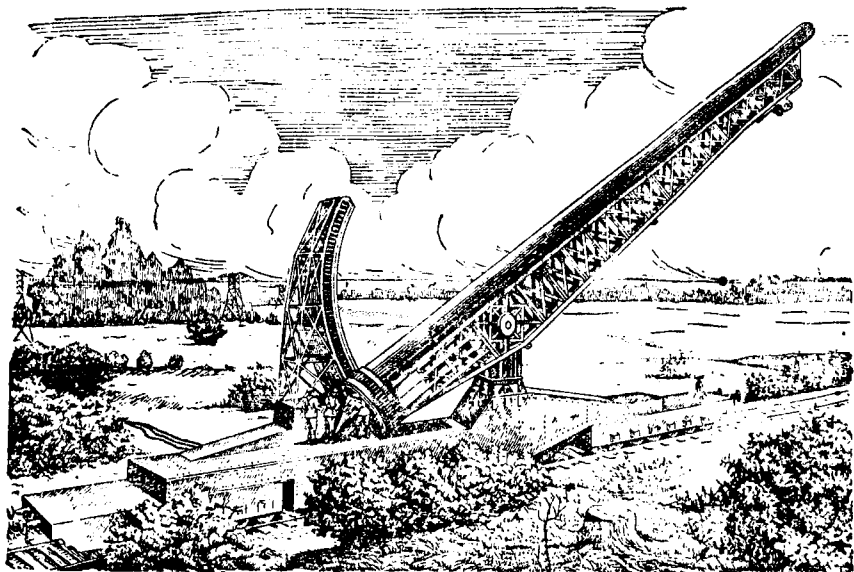


Рис. 283. Проект электропушки Фашон и Виллепле (рисунок по чертежу проекта).

Для примера на рис. 283 показан проект подобной электропушки, разработанный во Франции инженерами Фашон и Виллепле.

60. Электрификация войны

Если вам придется побывать на любой мощной гидроэлектростанции СССР из числа построенных во вторую или третью пятилетку, то вы с трудом разыщете там человека. Он находится в комнате управления, где перед ним на стене и на специальных пультах расположены десятки циферблатов, рубильников, рукояток и кнопок. Человек спокойно наблюдает за всеми этими приборами и лишь изредка поворачивает ту или иную рукоятку, нажимает ту или иную кнопку. А между тем он управляет энергией в сотни тысяч лошадиных сил, которая за десятки и сотни километров от станции, на фабриках и заводах, на улицах и в домах городов и колхозов двигает станки, машины, трамваи, троллейбусы, дает яркий свет, кипятит воду в чайниках, нагревает утюги и выполняет еще тысячу самых различных крупных и мелких дел. Таков один из эффектов электрификации народного хозяйства нашей страны.

Но если по этому пути идет развитие всего хозяйства, то почему бы не следовать за ним и армии? Почему бы не пред-

ставить себе артиллерийское орудие или десятки таких орудий вовсе без людей или с минимальным количеством людей около них? А где-то вдали, за несколько километров от орудий, управляющий или командир, расположенный в надежном укрытии, наблюдает за действиями противника и, поворачивая тот или иной рычаг, нажимая нужную кнопку прибора управления, посылает снаряды из орудий прямо в намеченную им цель. Почему бы и на войне широко не использовать электроэнергию для освещения, для нагревания, для выполнения различных работ, требовавших ранее десятков и сотен людей? Все эти вопросы не только законны, но, естественно, давно возникли, а в значительной своей части уже и решены.

Начнем с автоматического управления орудиями.

В особенности важно использовать такое управление для стрельбы из зенитных (рис. 284) и корабельных орудий, задачей которых является борьба с быстро движущимися целями. Самолеты и военные корабли двигаются очень быстро, поэтому быстро надо и прицеливаться в них.

Электрическое управление артиллерийскими орудиями в виде силовой синхронной¹⁾ передачи осуществляется с помощью так называемых сервомоторов. Каждый механизм орудия, требующий управления, имеет такой сервомотор, с помощью которого изменяют угол возвышения и направление орудия, устанавливают „дистанционную трубку“ (qчерк 1) снаряда на нужное деление, а иногда и заряжают орудие и производят выстрел.

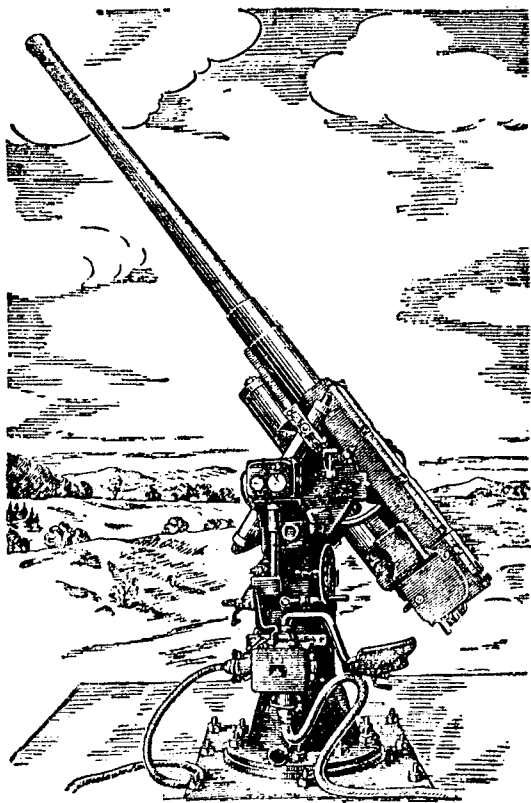


Рис. 284. Зенитная пушка.

¹⁾ От греческих слов „син“ — вместе и „хронос“ — время.

Сервомоторы всех механизмов орудий связаны проводами с центральным прибором управления огнем (рис. 285), который и посылает „электрические приказания“ в виде токов нужного направления и продолжительности.

Центральный прибор управления огнем позволяет командиру быстро и точно направить все орудия батареи (башен корабля) по своему желанию в любую точку пространства, причем орудия будут заряжены с расчетом стрельбы на заданное командиром расстояние и выстрелят все одновременно в тот момент, когда командир нажмет соответствующую кнопку.

Однако, силовая синхронная передача требует весьма сложного и громоздкого оборудования и большей мощности тока, поэтому применяют ее пока сравнительно редко, главным образом, для неподвижных установок орудий береговой артиллерии, главной артиллерии крупных кораблей и крупнокалиберной зенитной артиллерии. Чаще же ограничиваются устройством так называемой индексной синхронной передачи, при которой все данные, необходимые для наводки орудий в цель, непрерывно передаются от центрального прибора на специальные шкалы (циферблаты) орудий (рис. 286). В этом случае электроток нужен лишь для поворотов легких стрелок на циферблатах орудий, что, конечно, допускает гораздо более простое и легкое оборудование, чем при силовой синхронной передаче.

При этой системе передачи люди непрерывно совмещают две стрелки на циферблатах: одна из этих стрелок связана с прибором управления огнем и устанавливается им, а другая стрелка поворачивается только вместе с орудием. Совмещая

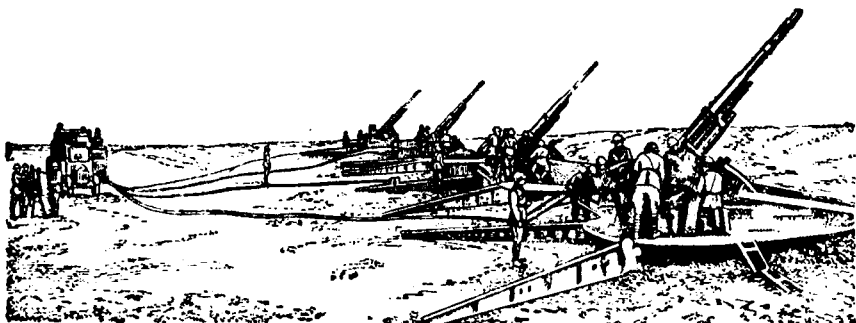


Рис. 285. Автоматическая батарея. Орудия электрически связаны с прибором управления артиллерийским зенитным огнем (ПУАЗО).

эти стрелки, люди тем самым непрерывно наводят орудия точно по указаниям центрального прибора.

Все описанные орудия имеют и обыкновенные приборы для наводки их в тех случаях, когда центральное управление испортится или применение его будет нецелесообразно.

Применение электрического тока для управления огнем артиллерии значительно увеличивает мощность артиллерии и 306

дает большую экономию в снарядах, позволяя меньшим числом их и в более короткий срок нанести поражение быстро движущимся целям.

В настоящее время центральные приборы управления огнем применяются только в корабельной, береговой и зенитной

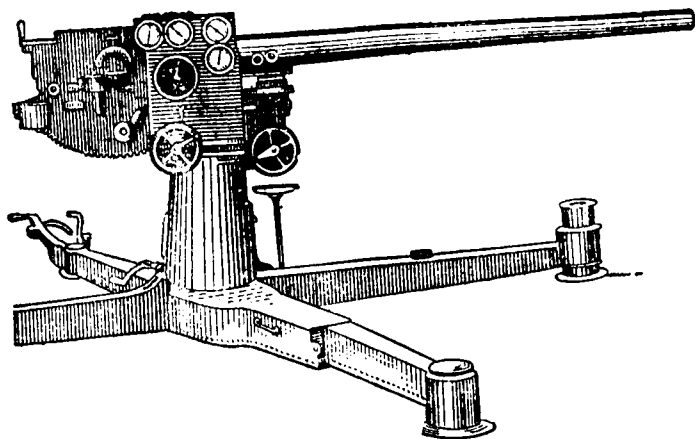


Рис. 286. Зенитная пушка завода „Бюфорс“.

артиллерии. Но трудности стрельбы по современным быстроходным танкам и создание универсальных наземно-зенитных пушек, т. е. таких орудий, которые успешно позволяют бороться и с наземными, и с воздушными целями, вызывают потребность в аналогичных приборах также и для противотанковых и универсальных орудий. Конечно, не отказались бы от таких приборов и все виды артиллерии, если бы только эти приборы не уменьшали ее подвижности. Задача эта пока не решена. Центральные приборы очень дороги, сложны и имеют большой вес, но над усовершенствованием их работают непрерывно, и распространение их в будущем, несомненно, значительно расширится.

Гораздо проще применить в войсках уже сейчас многие другие виды использования электроэнергии, нашедшие применение в народном хозяйстве. Чтобы судить о размахе использования электроэнергии в армии, достаточно вспомнить, что еще в первую мировую империалистическую войну в 1918 г. на фронте одной из армий примерно в 50 км насчитывали до 1 800 км воздушных электролиний, до 300 км подземных кабелей, около 4 подвижных электростанций мощностью в 35 киловатт, до 250 трансформаторных подстанций мощностью в 170 киловатт и более 700 электродвигателей общей мощностью около 4 000 киловатт.

Естественно, что в будущем все эти показатели окажутся далеко превзойденными.

Наибольшее употребление в армии на войне находят себе различные силовые электрические установки. Электромоторы приводят в движение: станки военных ремонтных мастерских, машины для бурения колодцев, различные насосы, механические пилы и другие инструменты (рис. 287), вентиля-



Рис. 287. Электроинструменты: дрель, пила, долото и рубанок.

торы убежищ и минных галлерей и т. д. С помощью же моторов возможна работа и более сложных машин: для дорожного строительства, для изготовления бетона, для рытья окопов и т. п. Здесь все зависит лишь от степени электрификации страны и от наличия специальных передвижных военных электростанций, которые бывают и в железнодорожных вагонах, и на автомобилях, и на конных повозках (рис. 288).

Большое значение будут иметь также все виды электрического освещения. Выше мы уже говорили о прожекторах (очерк 41) и значении их на войне. Понадобится освещение и в штабах, и в окопах, и в убежищах, и в жилых помещениях, причем известные всем выгоды электроосвещения (яркий безвредный для глаз свет, сравнительная безопасность в пожарном отношении, сохранение чистого воздуха) особенно сказываются в условиях позиционной войны. Достаточно отметить хотя бы важность сохранения чистого воздуха в газоубежищах или безопасность освещения на складах взрывчатых веществ.

Важно использовать электричество на войне также для нагревания воды, пищи, воздуха. Особенно нуждаются в этом госпитали и лазареты, для которых скорость и чистота при нагревании играют большую роль.

Наконец, нельзя забывать и о таких электрических приборах, как киноаппарат, позволяющий в любых условиях походной и фронтовой жизни развлекать и просвещать бойцов.

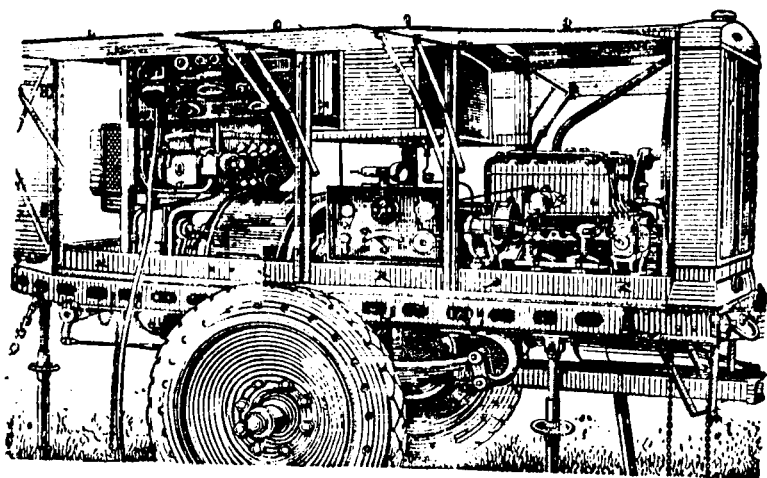


Рис. 288. Подвижная электростанция инженерных войск.

Словом, почти все виды мирного применения электричества находят себе место и на войне. Вот почему электрификация страны является одним из способов укрепления ее обороны.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ВОЛНЫ И ЛУЧИ

61. Радио — друг и предатель войск

Редко кто в наши дни не знает основ устройства и свойств радиотелеграфа и радиотелефона. Но знать основы — еще не значит полностью понять достоинства и недостатки этого величайшего достижения науки и техники XX века. А эти достоинства едва ли не лучше всего проявляются на войне, когда связь между войсками играет громадную роль и часто определяет собой победу или поражение в бою.

Радиотелеграф называют иначе телеграфом без проводов. Это и есть первое его достоинство. Провода на войне всегда являются помехой: они требуют немало времени для прокладки, а время на войне очень дорого; их не везде можно проложить (болота, озера, моря, местность, занятая противником, и т. п.), очень часто их рвут и в самый нужный момент перебивают осколками авиабомб, пулями и снарядами. Радио устанавливается в 10 — 30 минут, действует через горы, болота, озера и моря, независимо от того, заняты ли они нашими или вражескими войсками. Чтобы окончательно вывести из строя радио, нужно разбить станцию, что, конечно, много труднее, чем перебить где-либо длинный провод обычного телеграфа или телефона.

Современные радиостанции могут быть приспособлены для использования в любых условиях на войне. Они могут быть сделаны различными по мощности, весу и размерам. Их можно переносить, перевозить конной и механической тягой, устанавливать на любых боевых и транспортных машинах. Все это делает радиосвязь наиболее универсальным средством связи, приобретающим в армии все большее и большее значение. На рис. 289—293 лишь в незначительной степени отражено многообразие современных военных радиоустановок.

Слово „радио“ произошло от латинского слова „излучение“, так как радиостанция излучает энергию в виде электромагнитных волн. Подобно тому как вокруг брошенного в воду камня образуются волны на поверхности воды, так и вокруг антенны радиостанции возникают и распространяются во все стороны электромагнитные волны. Такое распространение

радиосигналов по всем направлениям также является одним из его достоинств. В частности, на войне это свойство позволяет держать связь по радио с подвижными воздушными и

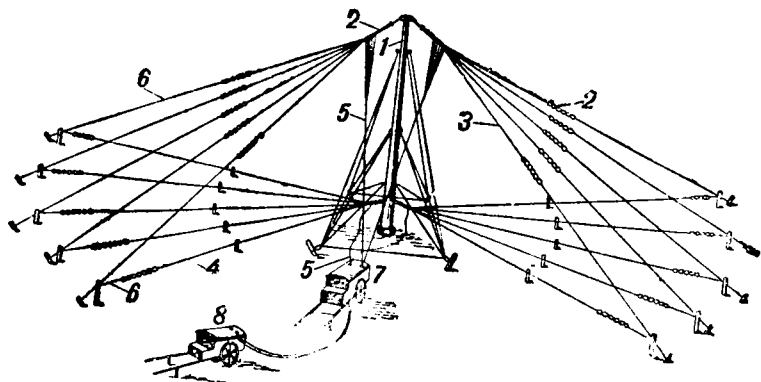


Рис. 289. Общая схема полевой радиостанции конной тяги. 1 — подставка; 2 — изоляторы; 3 — провода воздушной сети (линейная); 4 — провода противовеса; 5 — вводные провода; 6 — оттяжка; 7 — аппаратная двуколка; 8 — машинная двуколка.

морскими кораблями, с бронепоездами и танками, для которых радиосвязь является основным, а иногда и единственным надежным средством связи.

Однако, это же свойство радио является и важнейшим его недостатком для войск, так как все, что передается по радио,

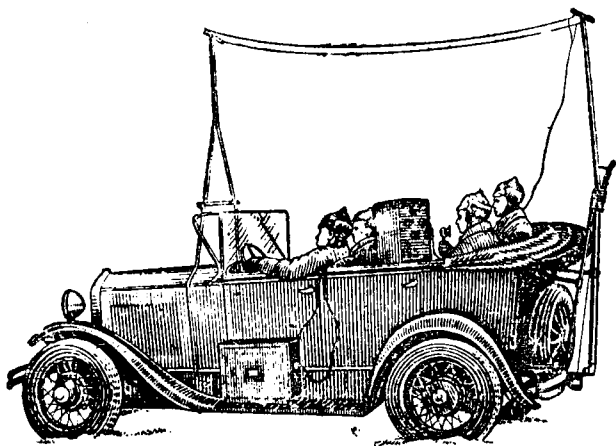


Рис. 290. Радиостанция на обычном легковом автомобиле.

может быть принято не только нашими станциями, но и станциями противника. А на войне почти все передачи являются секретными и ни в коем случае не должны быть известны врагу. Приходится поэтому все радиogramмы шифровать, т. е.

передавать не обычные слова, а условные знаки, понять которые может лишь тот, кто знает тайну шифра. Но зашифровка и расшифровка телеграмм требуют времени — это уже минус радиопередачи. Кроме того, как показал опыт, нет шифра, который нельзя было бы разгадать. Поэтому рано или поздно противник узнает содержание радиопередач.

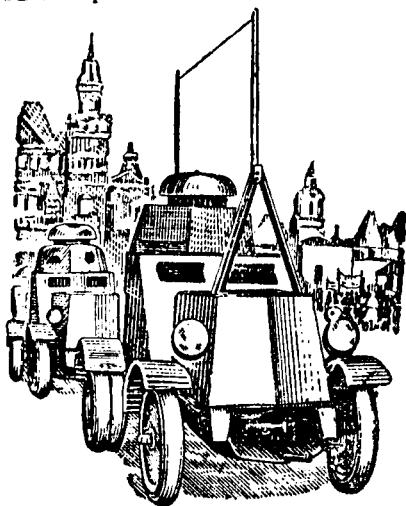


Рис. 291. Радиооборудованный броневомобиль Красной Армии (на параде).

Улавливая передачи по радио, противник может в точности определить, где стоят наши радиостанции, а значит, узнать и расположение наших войск. Такую радиоразведку выполняют пеленгаторные станции (рис. 294 и 295). Основным отличием этих станций является вращающаяся рамочная антенна. Такая антенна лучше всего воспринимает электромагнитные волны, распространяющиеся в направлении плоскости рамки, и почти не воспринимает волн,

перпендикулярных к этой плоскости. Вращая рамку, можно поэтому всегда установить направление, откуда принимаются



Рис. 292. Наша войсковая радиостанция.

волны, а две пеленгаторные станции позволяют засечкой определить и место, где эта излучающая станция находится.

Известно, что радиостанции настраиваются на определенную длину волны, чем обеспечивают возможность одновременной работы многих станций. Однако, большое значение имеет мощность передающих станций. Вблизи мощной станции очень трудно „отделиться“ от ее излучений: они могут мешать приему сигналов других станций, даже при значительной разнице в длине их волн. На войне это свойство дает возможность нарушать работу радиостанций противника как раз в самые важные моменты. Это тем более не трудно, что мешающая станция может настроиться в точности на нужную длину волны.

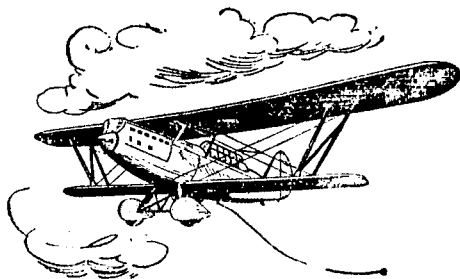


Рис. 293. Радио на самолете. Антенной служит проволока с грузом.

Мешают радиопередаче также и атмосферные разряды (особенно летом в дождь и зимой при выпадении инея),

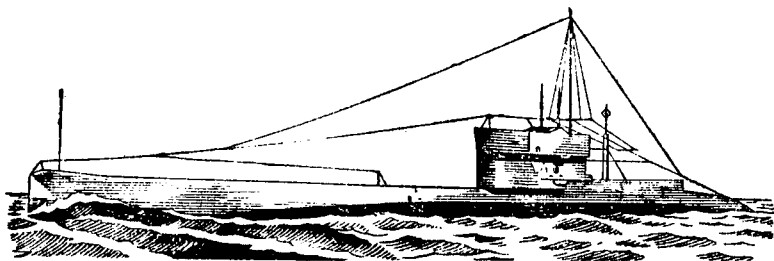


Рис. 294. Радиопеленгатор на подводной лодке.

которые при известной силе (например, в грозу) совсем выводят радио из строя, лишая его слова...

Таким образом, у радио есть много преимуществ, но немало и недостатков, с которыми необходимо считаться и по возможности бороться.

Самое важное, что надо всегда помнить на войне при пользовании радио, — это возможность перехвата передачи противником. Беспечность в этом отношении стоила армиям очень дорого: за нее платили проигранными сражениями и тысячами жизней.

Пользоваться радио в действующей армии следует, лишь приняв все меры, обеспечивающие от возможности перехвата передачи противником. „Открытые“ (незашифрованные) передачи допускаются только для боевых команд в артиллерии, в танковых частях и в авиации, когда она в воздухе.

Радио может оказывать войскам неоценимые услуги, являясь их верным другом, но при неумелом пользовании может принести непоправимый вред, превращаясь в коварного предателя.

Как показал опыт современной войны, очень большое значение имеет на войне не только радиосвязь в войсках, но и

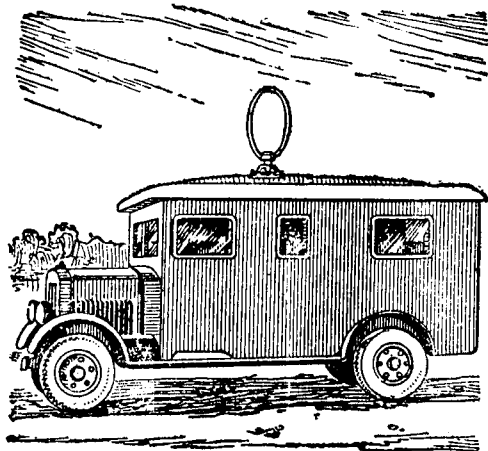


Рис. 295. Внешний вид автомобильной радиопеленгагорной станции.

радиопропаганда в армии, в тылу и во всей стране, а также связь по радио с агентами-шпионами. О размахе радиопропаганды можно судить хотя бы по тому, что лондонские радиовещательные станции ежедневно с начала войны передают свои сводки и специальные беседы на 16 языках, используя и средние, и короткие волны. Немецкие фашисты, стремясь своей гнусной и насквозь лживой пропагандой повлиять на моральное состояние борющихся с ними войск и

населения, высылают своих специалистов по радиопропаганде в передовую полосу военных действий, откуда они прямо с грузовиков ведут передачи, рассчитанные на прямой обман или внушение страха. Так, например, желая обмануть французское население и вызвать преждевременную паническую эвакуацию его из некоторых городов, что было выгодно только немцам, они два или три раза предупредили население о предстоящей бомбардировке городов и действительно бомбардировали эти города. В дальнейшем они уже пользовались радиопредупреждением о бомбежке для обмана и вызывали потоки беженцев на дорогах, не утруждая себя посылкой самолетов в тыл. Имея многочисленных предателей и шпионов в тылу французской армии, немцы часто заранее точно знали о перемещениях отдельных войсковых частей и, пользуясь громкоговорителями, поражали французских солдат своей осведомленностью. Французские солдаты, чувствуя себя окруженными предателями, деморализовались и не оказывали затем должного сопротивления противнику.

Для связи со шпионами радио используется весьма широко. Шпионы пользуются для этого маленькими коротковолновыми передатчиками, а организаторы шпионажа — многими обманными приемами. Например, случайно установили, что одна из фашистских широковещательных радиостанций ежедневно перед

началом музыкальных передач передавала какой-то странный шум, похожий на атмосферные разряды. Оказалось, что это передавались инструкции шпионам, записанные шифром на граммофонную пластинку, вращаемую со скоростью в 10 раз большей нормальной. Принимающие, знавшие этот секрет, в свою очередь записывали передачу на пластинку, а затем пускали ее с нормальной скоростью и расшифровывали передачу.

Само собою разумеется, что радио позволяет и странам, борющимся с фашистской Германией, открывать глаза всему трудовому народу Германии, разоблачая „арабские сказки“ Геббельса и фактами доказывая, где правда, за что воюет Гитлер и его банда.

Все это показывает, что не только на фронте для связи войск, но и в тылу для пропаганды радио играет большую роль и нужно уметь им пользоваться в своих интересах и успешно вести борьбу с радиопередачами противника.

62. Как борются с пороками радиопередачи

Основной порок радио состоит в неумении скрывать то, что ему доверяют. Над тем, как устранить этот порок, работают многие ученые и техники и кое-чего они уже добились.

Прежде всего нужно отметить прочно закрепленные успехи в применении для радиопередачи коротких и ультракоротких волн, т. е. волн соответственно от 10 до 150 м и менее 10 м. Коротковолновые станции можно приспособить для излучения энергии в одном лишь направлении. Такие станции направленной передачи называются прожекторными, так как идея их устройства весьма похожа на принцип прожектора.

В прожекторе основой является вогнутое зеркало (рефлектор), которое отражает лучи света от источника, направляя их почти параллельным пучком (очерк 41). В прожекторной радиостанции короткие волны, подобно лучам света, тоже отражаются от специального рефлектора из сети проводов (рис. 296 и 297) и образуют пучок, распространяющийся в одном лишь направлении. Кроме громадной экономии энергии, такой способ радиопередачи до известной степени предохраняет от перехватывания этой передачи другими станциями, расположенными вне пучка „лучей“ прожекторной радиостанции. Однако, этот способ предохраняет, конечно, только до известной степени, так как, во-первых, пучок „лучей“ здесь не такой узкий, как в случае световой передачи, а во-вторых, и здесь возможно, подобно подслушиванию телефонных переговоров (очерк 53), перехватывание энергии как бы по индукции, с последующим усилением полученного слабого приема. Во всяком случае, для строго секретных воен-

ных передач одно лишь применение направленной радиотелеграфии еще не разрешает задачи; остается также потребность в шифре.

Второй способ борьбы с перехватыванием радиопередач и заключается в усовершенствовании шифровального дела.

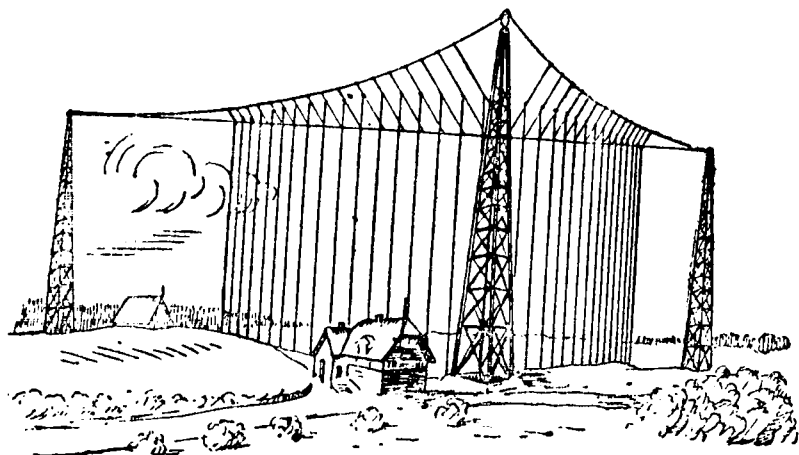


Рис. 296. Радиопрожекторная станция.

Раньше шифр вырабатывался на известный период времени и сообщался небольшому кругу лиц, которые и должны были

от руки зашифровывать и расшифровывать телеграммы. Кроме большой потери времени, это не позволяло часто менять шифр и делать его особенно сложным. Бывали также случаи, когда шифр попадал в руки врагу. Вот тут-то и понадобилась помощь техники, которая в настоящее время дала уже ряд отличных шифровальных машин. Такие машины автоматически по установленным ключам, число которых почти бесконечно, зашифровывают и расшифровывают от 60 до 300 букв в минуту. Разгадать шифр почти невозможно, для этого необходимо угадать, какой взят ключ, а их, повторяем, очень

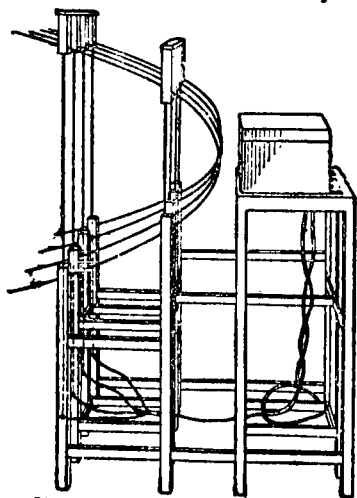


Рис. 297. Радиоприемник для ультракоротких (сантиметровых) волн.

много. Обращение с машиной очень простое, ключ всякий может запомнить в уме, и его можно менять как угодно часто.

Таким путем устраняется почти полностью возможность расшифровки противником радиопередачи.

Мало и этого. Существует третий способ борьбы с основным пороком радио — специальное устройство передающих и приемных станций, например, по „системе Стейджа“. Идея системы заключается в непрерывном изменении настройки радиостанций. Для этого и на передающей, и на приемной станциях имеются конденсаторы переменной емкости, зубчатая передача и часовой механизм (рис. 298). Соединенные с часовым механизмом пластины конденсатора могут вращаться

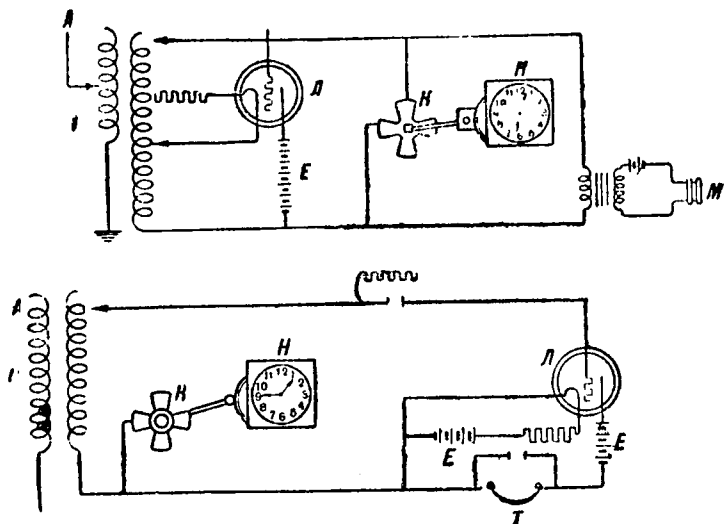


Рис. 298. Система Стейджа для секретной радиопередачи. 1 — передающая станция; 2 — приемная станция. А — антенна; Л — катодная лампа; К — конденсатор; Н — часовой механизм; Е — батарея элементов; Т — телефон; М — микрофон.

с любой скоростью и таким образом непрерывно и быстро изменять длину волны. Действие механизма на передающей и приемной станциях по сути дела ничем не отличается, и совершенно очевидно, что принять такую передачу может лишь станция, знающая секрет изменения настройки, т. е. имеющая такой же механизм и знающая скорость вращения дисков конденсатора (размеры и комбинации дисков также надо иметь в точности одинаковые).

Вместо часового механизма возможно применение других источников энергии, дающих переменную скорость, что еще больше затруднит перехватывание передачи. Важно лишь, чтобы системы на передающих и приемных станциях были в точности согласованы, и тогда подслушать передачу будет невозможно. Способ хорош тем, что, во-первых, вовсе устраняет надобность в шифровке, а во-вторых, допускает секретную передачу не только телеграмм, но и разговора, т. е. применять

его можно не только к радиотелеграфу, но и к радиотелефону. Выгоден он также тем, что позволяет одновременно переговариваться с любым числом станций, что недостижимо при направленной передаче.

Нечто подобное системе Стейджа может быть применено и в обычном проволочном телефоне для защиты переговоров от перехватывания их противником (очерк 53). Для этого оба аппарата имеют механизм, непрерывно „сдвигающий“ переменные токи от индукционной катушки, благодаря чему совершенно искажается передаваемая речь. На приемной станции такой же синхронно действующий механизм выправляет „сдвинутые“ токи, превращая их в обычные, передающие с помощью телефона ясно и отчетливо речь говорящего.

Все эти способы требуют еще дальнейших усовершенствований, но, надо думать, будут с успехом применены в военной радиотехнике и в телефонии.

63. Самолет без пилота

Радиотехника, несмотря на свою молодость (всего лишь около 45 лет), добилась громадных успехов не только в деле связи (телеграф и телефон), но и в совершенно неведомой раньше человеку области управления механизмами на расстоянии.

Радиотелемеханика — уже не мечта, а вполне проверенная реальная действительность. С помощью передачи радиосигналов в наши дни самолет может стать в полном смысле слова самолетом, т. е. может летать и выполнять сложные задачи сам, при полном отсутствии на нем людей. Пилот может находиться от такого самолета на десятки километров, в будке радиостанции, откуда он и будет управлять аппаратом в воздухе.

На первый взгляд такая задача кажется неразрешимой, так как по радио передаются обычно очень слабые сигналы, принимаемые лишь с помощью мощных усилителей. Как же такие слабые сигналы могут управлять рулями и моторами самолета? А тут еще масса случайных атмосферных влияний на самолет: порывы ветра, „воздушные ямы“ и т. п.

Однако, техника преодолела все эти препятствия, и управляемые по радио самолеты не раз летали уже над землей, проходя более сотни километров, выполняя сложные эволюции и благополучно спускаясь на свой аэродром.

Вот что рассказывала английская газета „Манчестер Гардиен“ об опытах с „телесамолетом“, показанным на авиационном празднике в Хендоне (Англия) в июне 1935 г.

„Самолет „Тайгер Мос“ с мотором „Джипси“ в 130 л. с. с воздушным охлаждением оборудован приборами телеуправления. Все управление самолетом сосредоточено на радиоустановке, находящейся на аэродроме. В зависимости от нажима определенного клавиша на контрольном щитке радио-

станции самолет делает развороты, набирает высоту, совершает посадку. Удаление самолета от контрольной установки может достигать до 16 км.

Контрольный аппарат, установленный на аэродроме, представляет собой небольшой шкафчик, в верхней части которого имеется семь клавиш. Сбоку каждого клавиша установлена маленькая контрольная лампочка. Остальная часть аппарата управления находится в одном из аэродромных зданий и внутри самолета, куда радиоволны передаются через антенну, установленную на крыше здания.

Руководитель испытаний, нажимая на тот или другой клавиш, заставляя самолет не только лететь в определенном направлении, но и делать развороты, набирать высоту. По „команде“ руководителя, выразившейся в нажатии одного из клавиш, самолет начал пикировать, и с такой скоростью, что если бы во-время не был нажат другой клавиш, то дело кончилось бы аварией.

Наконец, было отдано „приказание“ идти на посадку. Самолет с такой же послушностью, как и будучи управляем опытным летчиком, с 700 м пошел на снижение. Все остальное самолет проделал самостоятельно — постепенно снизился и совершил точную посадку на три точки“.

Газета заверяла, что, помимо указанных контрольных приборов, внутри самолета есть какие-то „секреты“, которые никому, кроме его конструкторов, пока не известны. Во всяком случае, управление самолетом так же легко, как и набор нужного номера на диске автоматического телефонного аппарата.

Газета сообщала, что на аэродроме в Фарнборо имелось уже несколько таких самолетов, составляющих специальный авиаотряд, и что в недалеком будущем будут возможны „воздушные налеты, когда огромные флоты летающих „роботов“ совершенно без людей будут совершать атаку, управляемые одним или двумя самолетами, следящими за ними на расстоянии нескольких миль и находящимися на гораздо большей высоте“.

Позднее все газеты сообщили, что английское правительство передало крупный заказ на автоматически управляемые самолеты, которые в виде специальной эскадрильи будут включены в состав военно-воздушного флота.

Из всего этого можно заключить, что телеуправление самолетом весьма просто для пользующихся им, но, очевидно, требует сложных механизмов на самом самолете.

Прежде всего необходимо, чтобы самолет автоматически поддерживал раз заданный ему режим полета, самостоятельно реагируя на внешние воздействия атмосферы, которых, конечно, нельзя учесть с земли.

Прибор, обеспечивающий такое автоматическое управление самолетом без перемены режима его полета, называют автопилотом и применяют не только при телеуправлении, но и на многих крупных или специальных самолетах. Например, с таким прибором американский летчик Пост (впоследствии погибший) перелетел в 1931 г. Атлантический океан и через два часа после посадки продолжал полет дальше, так как автопилот полностью сохранил силы летчика.

В настоящее время имеется уже немало вполне разработанных систем автопилотов. Не останавливаясь на подробностях

сложного их устройства, мы отметим лишь, что основой их являются гироскопы (очерк 15). Одна пара гироскопов связана с рулями глубины, другая пара гироскопов — с элеронами и третья — с рулем направления. Гироскопы укреплены в карданных подвесах, связанных с самолетом, и каждая пара гироскопов имеет указатель, скользящий по контактной рамке. При любом отклонении самолета от положения равновесия (задираание носа, наклон в сторону, поворот) оси гироскопа и связанная с ними контактная рамка остаются на месте, указатель же, связанный с корпусом самолета, следует за отклонением его и перемещается вдоль рамки, замыкая ту или иную цепь тока.

У каждого из рулей и у элеронов имеются свои вспомогательные сервомоторы, вращающие барабаны с тросами от рулей. В зависимости от угла отклонения указателя (а значит, и самолета) сервомоторы делают большее или меньшее число оборотов и, значит, больше или меньше поворачивают рули. В тот момент, когда сервомотор останавливается, он автоматически переключается на другой барабан с тросом, намотанным в обратном направлении. Поэтому рули каждый раз тем же сервомотором возвращаются в первоначальное положение.

Самолет, оборудованный автопилотом, летел бы все время в одном и том же направлении и на одной высоте.

Но мы хотим управлять полетом по радио, поэтому в дополнение к автопилоту нам нужны приспособления для такого управления. Одно из возможных решений этого вопроса мы и рассмотрим схематически.

Прежде всего очевидно, что, желая изменить полет самолета, надо устранить стабилизирующее действие на него гироскопа. Поэтому в момент приема радиосигнала самолетом цепь автопилота тотчас размыкается, и все сервомоторы переключаются на другую цепь тока (батарей аккумуляторов).

Электромагнитные волны, посланные с управляющей самолетом радиостанции, улавливаются обычной антенной и трансформируются в ток нужного характера в зависимости от посланной „команды“. Этот ток действует на одно из реле, например, 3 (рис. 299), замыкающее цепь батареи 4. Ток от батареи в свою очередь замыкает добавочное реле, включающее в цепь вращающийся контакт 5, который направляет ток в нужный сервомотор.

Имеется также отдельная цепь, управляющая двигателями самолета.

Реле управляющего механизма так рассчитаны, что в зависимости от частоты тока в антеннах передающей и приемной станций включается только одна нужная в данном случае цепь, и самолет либо поворачивает, либо снижается, либо сбрасывает бомбу (есть механизмы и для этой несложной операции).

Конечно, во всем этом деле есть немало препятствий, мешающих его развитию. Недочеты радио вообще свойственны и радиотелемеханике. Тут и мешающее действие других радиостанций и случайных атмосферных разрядов, и трудность комбинации различных команд, и другие помехи. Но, как всегда техника не без успеха борется с этими препятствиями, применяя, например, для управления особо длинные волны, вовсе не принятые в радиотелеграфе и радиотелефоне, устраивая специальные предохранители от атмосферного электричества, добываясь мгновенности подачи сигналов и т. п. Само собою разумеется, что управлять по радио можно не только самолетами, но и любыми другими подвижными машинами, в частности, боевыми кораблями, катерами (рис. 300), торпедами, мотоциклами (рис. 301), автомобилями, танками и т. п.

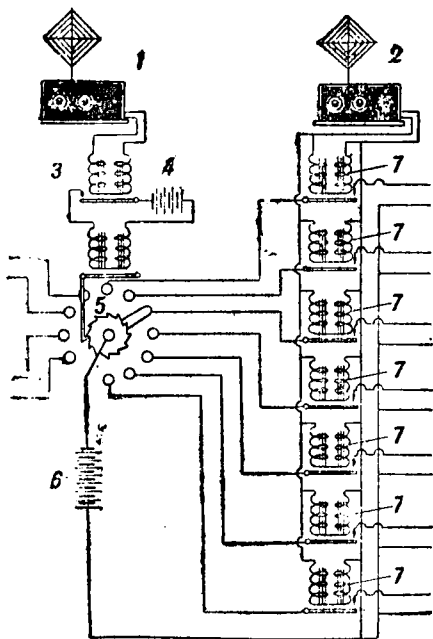


Рис. 299. Примерная схема приемного аппарата для управления по радио. 1 и 2 — антенны; 3 и 4 — реле; 5 — вращающийся контакт; 6 — батареи аккумуляторов.



Рис. 300. Управление по радио торпедным моторным катером. Лодка при полном отсутствии команды атакует корабль. Управляю движением лодки с самолета по радио.

Все работы в области применения телемеханики на войне, естественно, держатся в строжайшей тайне, но даже те сведения, которые известны из истории войны 1914 — 1918 гг., и новости, случайно проникающие в печать, показывают, что это новое средство борьбы продолжает интересовать военные круги и ученых многих стран, стремящихся найти удачное

решение задач, поставленных им боевой действительностью. Задачи эти далеко не простые — современная война показала, например, что практическое применение телеуправляемых самолетов еще далеко от осуществления, несмотря на вполне

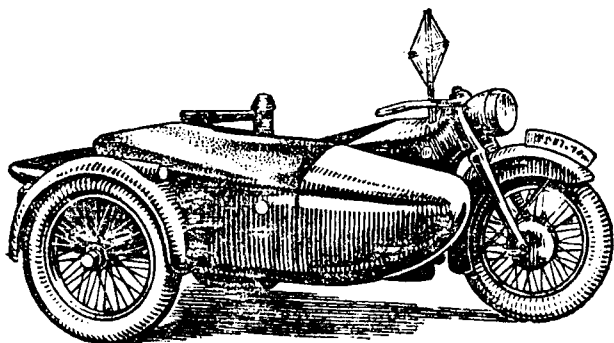


Рис. 301. Телеуправляемый мотоцикл.

удачные описанные выше опыты и наличие десятков телеуправляемых самолетов. Основной трудностью здесь, очевидно, является преодоление противодействия противника. Средства противовоздушной обороны стали ныне настолько эффективными, что к атакуемому объекту прорываются часто лишь одиночные самолеты, а иногда налет вовсе не удается. Совсем безнадежными стали попытки совершать налет одновременно (одним эшелоном) большой массой бомбардировщиков. Заградительный огонь зенитной артиллерии и действия истребителей в этом случае наносят такие большие потери нападающему, которые никак не окупаются результатами налета. Поэтому теперь налеты, особенно на тыловые объекты (большие города), совершаются почти исключительно ночью и глубоко эшелонированными порядками, т. е. многими эшелонами со всех сторон объекта, с включением в каждый эшелон небольшого числа самолетов, иногда даже одиночными самолетами, следующими друг за другом через неравные промежутки времени.

Вот и представим себе, как при этих условиях могут участвовать в налете телеуправляемые бомбардировщики. Очевидно, каждый эшелон таких самолетов потребует своего отдельного „командира“, управляющего ими по радио. И так как ночью видимость очень плохая, „командир“ должен будет находиться где-то совсем близко от управляемых самолетов. Огонь зенитной артиллерии, может быть, удастся еще преодолеть, искусно маневрируя всем эшелоном и уходя из опасной зоны вверх, вниз или в сторону. Борьба же с истребителями совсем невозможна для управляемых по радио самолетов: они окажутся беззащитными перед их ударами, так как и маневрировать, и стрелять в воздушном бою можно, только видя противника

непосредственно с ведущего бой самолета. Если ко всему этому добавить, что гибель или даже повреждение самолета „командира“ неизбежно ведет к гибели всех управляемых им дорогих телесамолетов, то очевидным становится нецелесообразность применения этих самолетов для налетов на тыловые объекты. Но и на фронте работа их окажется едва ли более удачной: невозможность самообороны их в воздухе требует абсолютного господства в воздухе авиации применяющей их стороны.

Также неосуществленными в современной войне оказались телетанки, автомобили, мотоциклы и корабли, по той же основной причине: невозможности успешного противодействия мощным средствам обороны противника.

Однако, телемеханика нашла себе практическое применение в морской войне в виде телеторпед и телеуправляемых торпедных катеров. Точных данных о них, естественно, нет, но наличие их на вооружении в Англии и в других странах было известно еще до войны, препятствий же к их применению, подобных описанным выше, не имеется.

Английская телеуправляемая торпеда Дэвиса оборудована, помимо двигателя, антенной, специальной радиоаппаратурой и гироскопическим „рулевым“. Кроме того, в головной части ее имеется 20-сантиметровая пушка, стреляющая гранатой весом в 130 кг. Находящийся в воздухе самолет отлично видит ход торпеды под водой и может направить ее по радио точно в атакуемый корабль. Выстреленная в нужный момент граната разрушает противоминную сеть, если она имеется вокруг корабля, или внешние противоминные отсеки корабля, обеспечивая этим успешное действие торпеды.

Подобно этому, маленькие телеуправляемые торпедные катеры могут выполнять простейшие задачи торпедных атак и сбрасывания глубинных бомб против подводных лодок. Такие катеры, развивающие скорость до 90 км/час, имелись во Франции (тип ТВ-10); они обладали способностью пересекать полным ходом канал Па-де-Кале и возвращаться обратно, не имея ни одного человека на борту. Несомненно, подобные катеры имеются и в других морских странах.

Таким образом, радиотелемеханика нашла уже себе применение на войне и, надо полагать, будет применяться еще шире. К этому надо быть готовым и тщательно изучать все, относящееся к радиотелемеханике. Здесь открыто обширное поле для изобретательства, где многое вполне доступно даже радиолюбителям.

64. Можно ли слышать луч света?

Мы уже знаем (очерки 40 и 41), что люди давно научились переговариваться посредством световых сигналов, посылая их с помощью гелиографа, прожектора, светосигнального аппа-

рата и даже простого фонаря. Но передача при помощи всех этих средств возможна лишь в ясную погоду, и притом только простейших сигналов — точек и тире. Из сигналов, правда, можно составлять слова, но это требует немало времени и имеет много других неудобств. Недаром лучшим средством связи справедливо считают телефон, позволяющий разговаривать так, что люди непосредственно слышат друг друга, как если бы они находились рядом. Но мы знаем уже, что и телефон (проводочный и радио) имеет крупный недостаток на войне — возможность перехвата противником переговоров (очерки 53 и 61). Естественно стремление разработать такой телефон, который нельзя было бы подслушать. Оказалось это вполне возможным благодаря изучению невидимых инфракрасных и ультрафиолетовых лучей и так называемого фотоэлектрического эффекта, причем разработки и изыскания в этой области привели к изобретению оптического телефона, годного для передачи речи не только невидимыми, но и обыкновенными лучами света.

Как известно, инфракрасные и ультрафиолетовые лучи — это лучи, находящиеся за краями видимой части спектра, т. е. лучи, которые непосредственно глазом воспринять быть не могут. Однако, это, конечно, не значит, что нельзя их использовать для связи на войне. Если нельзя воспринимать их непосредственно, то это не значит еще, что нет способов принять их специальным прибором, который сделает их видимыми или, с помощью электрического тока, слышимыми.

Такой прибор теперь уже имеется и носит название фотоэлемента (рис. 302 и 303).

Фотоэлементы бывают двух видов. Один из них основан на внешнем фотоэффекте. Если взять металлическую пластинку, соединить ее с электроскопом и направить на нее пучок лучей с малой длиной волны (ультрафиолетовых), то можно заметить, что электроскоп зарядится положительно. Если пластинка и электроскоп

вначале были заряжены отрицательно, то под действием лучей света подходящей длины волны они постепенно потеряют свой заряд. Все это говорит о том, что лучи света определенной длины волны способны вырывать из металлической пластинки электроны (элементарные отрицательные заряды). Зная это, нетрудно представить себе схему

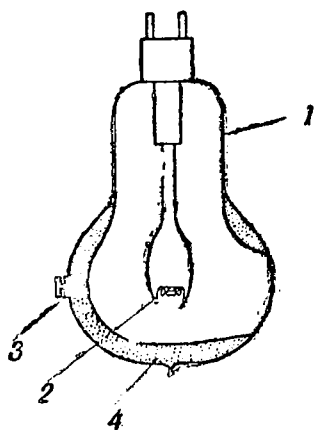


Рис. 302. Схема фотоэлемента с внешним фотоэффектом. 1 — стеклянный баллон; 2 — металлическая спираль (анод); 3 — контакт (катод); 4 — светочувствительный слой.

фотоэлемента, основанного на внешнем фотоэффекте. Внутреннюю поверхность стеклянного баллона покрывают слоем металла (для этого употребляются обычно щелочные металлы: калий, натрий, цезий, чувствительные ко всем частям спектра), и этот слой приводится в соприкосновение со впаянным в стенку баллона проводником; этот слой металла служит катодом фотоэлемента; кроме этого в баллон впаивают металлическую спираль, служащую анодом; из баллона удаляют воздух, добиваясь весьма высокого разрежения (вакуума), или наполняют баллон инертным газом. Схема включения фотоэлемента понятна из рис. 302. Если на катод фотоэлемента падает пучок света, то под его влиянием с катода срываются электроны, направляющиеся к аноду и тем самым замыкающие ток в цепи батареи. Гальванометр, включенный в ту же цепь, позволяет судить о силе тока. Ток, появляющийся под действием света, достаточен, чтобы привести в действие реле, связанное с другими механизмами.

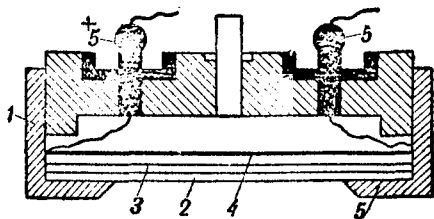


Рис. 303. Схема фотоэлемента с внутренним фотоэффектом. 1 — цоколь; 2 — слюда; 3 — светофильтр; 4 — чувствительный слой на стекле; 5 — вводные клеммы.

Суть действия фотоэлемента с внутренним фотоэффектом заключается в изменении электрического сопротивления пластинки селена при воздействии на нее видимых, инфракрасных или ультрафиолетовых лучей. Такое изменение сопротивления зависит от того, что под действием света внутри селеновой пластинки освобождаются электроны, которые и обуславливают уменьшение сопротивления пластинки. Это создает нужный эффект, а именно: обычное сопротивление фотоэлемента так велико, что тока в цепи нет, при освещении же его сопротивление резко уменьшается, и в цепи появляется ток. Остается лишь регистрировать появление токов и их продолжительность, чтобы принимать сигналы.

Суть действия фотоэлемента с внутренним фотоэффектом заключается в изменении электрического сопротивления пластинки селена при воздействии на нее видимых, инфракрасных или ультрафиолетовых лучей. Такое изменение сопротивления зависит от того, что под действием света внутри селеновой пластинки освобождаются электроны, которые и обуславливают уменьшение сопротивления пластинки. Это создает нужный эффект, а именно: обычное сопротивление фотоэлемента так велико, что тока в цепи нет, при освещении же его сопротивление резко уменьшается, и в цепи появляется ток. Остается лишь регистрировать появление токов и их продолжительность, чтобы принимать сигналы.

На путях использования ультрафиолетовых лучей пока еще стоят большие трудности, так как они очень сильно поглощаются воздухом и особенно туманом. В настоящее время для связи применяют инфракрасные лучи, достоинством которых является как раз обратное — отличное проникание не только через атмосферу, но и через туман.

В настоящее время известны такие чувствительные слои, на которых фотоэффект вызывается даже и инфракрасными лучами, несмотря на то, что они обладают большей длиной волны сравнительно с частями видимого спектра и отдельные порции (кванты) инфракрасного света имеют меньшую энергию, чем у видимых или ультрафиолетовых лучей.

Как же осуществляется передача с помощью инфракрасных лучей? Наиболее совершенный из известных приборов такого типа — оптический телефон, показанный на рис. 304 — 306.

Принципиальная схема этого телефона такова. Каждый аппарат оптического телефона является прямо-передатчиком,

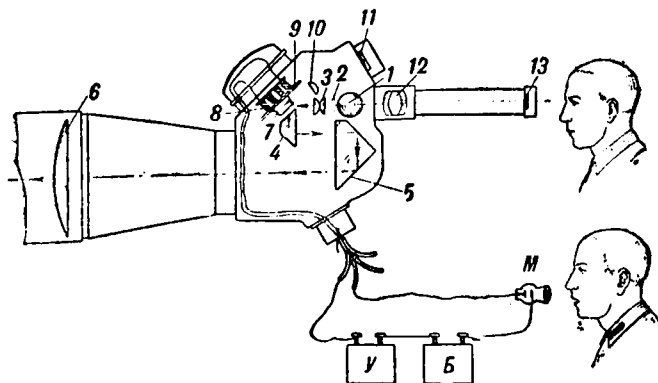


Рис. 304. Схема оптического телефона, работающего на передачу. 1 — источник света (электrolампа); 2 — рассеивающая линза или свегофильтр; 3 — конденсор; 4 и 5 — призмы, изменяющие ход лучей; 6 — главная линза; 7 — призмочка модулирующего приспособления; 8 — электромагнит; 9 — мембрана; 10 — линза, собирающая лучи на фотоэлемент 11; 12 — окуляр; 13 — диоптр визиера; М — микрофон; У — усилитель; Б — батарея элементов (аккумуляторов).

т. е. имеет все необходимое и для передачи, и для приема. Передающий (рис. 304) говорит перед обыкновенным микро-

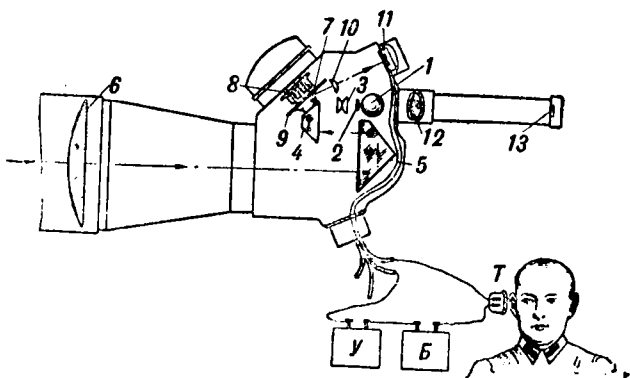


Рис. 305. Схема оптического телефона, работающего на прием. Т — телефон (прочие обозначения те же, что на рис. 304).

фоном, применяемым во всяком телефонном аппарате (очерк 54). Электрические токи от микрофона, усиленные специальным ламповым усилителем, попадают в электромагнитное устройство оптической части аппарата. Это устройство в сущно-

сти подобно обыкновенному телефону, т. е. состоит из электромагнитов и упругой металлической мембраны перед ними. Очевидно, что переменный ток от микрофона заставит мембрану колебаться в соответствии с характером передаваемой речи. Эти-то колебания мембраны и превращаются в приборе в переменный, изменяющийся (как говорят, модулированный) поток лучей, посылаемый на приемную станцию. Для этого к мембране прикреплена маленькая призмочка полного внутреннего отражения, почти прилегающая к одной из граней другой большой призмы. Лучи света от обыкновенной лампы накаливания через конденсор из двух полуплинз попадают на большую призму и отражаются от задней грани ее полностью либо частично, в зависимости от положения маленькой призмы. Когда эта последняя удалена от большой призмы, тогда, по закону полного внутреннего отражения, лучи полностью отражаются от ее грани. Когда же, наоборот, маленькая призма прижата вплотную к большой, почти все лучи проходят в маленькую призму и отражаются уже от ее граней в сторону. Лишь очень незначительная часть лучей отражается непосредственно от большой призмы и выходит из нее. Когда же маленькая призма прижата к большой, но не вполне плотно, тогда и количество отраженного большой призмой света будет неполным и тем меньшим, чем плотнее прижата маленькая призма. Таким образом и создается переменный (модулированный) поток лучей, который дальше с помощью еще одной большой призмы и линзы направляется очень узким пучком (около $0,3^\circ$) на приемную станцию. Между лампой и конденсором может быть в случае надобности помещена слабая рассеивающая линза для увеличения ширины посылаемого пучка лучей, когда положение приемной станции точно неизвестно и связь с ней лишь налаживается. Там же помещают светофильтр: красный, светлокрасный, темно-красный и специальный (окрашенный перекисью марганца) для перехода на передачу невидимыми инфракрасными лучами.



Рис. 36. Общий вид станции оптического телефона.

Рис. 36. Общий вид станции оптического телефона.

При работе на прием (рис. 305) пучок лучей проходит вначале обратный путь — через главную линзу и большие призмы. При приеме маленькая призма всегда плотно прижата к большой, и почти все лучи света входят в нее и отражаются от грани ее через линзу на фотоэлемент, который в зависимости от силы света, падающего на его чувствительный слой, изменяет силу тока в связанной с ним электрической цепи. Этот переменный ток, пройдя опять через усилитель, попадает в обыкновенный телефон, где и превращается в звуки речи.

Для наводки аппаратов друг на друга имеется окуляр, глядя в который, наводчик сквозь всю оптическую часть прибора видит другую станцию, как в трубке бинокля.

Таким образом, в оптическом телефоне имеет место следующая трансформация на передающей станции: звук речи передающего — электрический ток (микрофон) — поток лучей различной силы (оптическая часть прибора). Затем на приемной станции происходит обратный процесс: поток лучей — электрический ток (фотоэлемент) — звук речи (телефон). Как видим, аппарат действительно позволяет „слышать“ лучи света или, вернее, слышать с помощью лучей света.

Каждый такой аппарат (рис. 306) весит 39 кг. Оптический телефон дает возможность поддерживать телефонную связь на расстоянии до 8—10 км (в зависимости от погоды). Зуммером (очерк 52) сигналы могут передаваться на большее расстояние и в худших условиях видимости, а обычные световые сигналы по принципу светосигнальных аппаратов (очерк 41) передаются на 25—30 км. Иначе говоря, оптический телефон в то же время является и отличным светосигнальным аппаратом вообще.

Есть и еще более совершенная облегченная модель подобного телефона, рассчитанная на одновременную передачу и прием.

Те же инфракрасные лучи могут быть использованы с помощью гораздо более простых приборов, подобных простым светосигнальным аппаратам, для передачи коротких сигналов, что особенно важно на море, где туман часто мешает применению обычных оптических средств связи, а оптический телефон трудно использовать ввиду необходимости точной наводки его станции, что при движении кораблей и на волне, очевидно, невозможно.

Те же инфракрасные лучи позволяют ныне фотографировать сквозь туман и на расстояния, превышающие 50 км. Для этого применяются специальные фотопластинки, чувствительные к этим лучам, а фотоаппараты снабжаются соответствующими светофильтрами. Значение этого на войне, особенно для съемки с самолетов, чрезвычайно велико.

Наконец, инфракрасные лучи находят себе ныне применение и в прожекторном деле. Дело в том, что прожектор имеет весьма ограниченную дальность действия (до 9—12 км) и своим ярким лучом всегда демаскирует себя, а значит, отча-

сти и тот объект (пункт), который охраняют средства противоздушной обороны, или те войска или самолеты, которые пользуются им для освещения местности, занятой противником. Понятно, насколько выгоднее было бы освещать цели и местность невидимыми инфракрасными лучами, затем улавливать фотоэлементом отраженные лучи или фотографировать объект, освещенный этими лучами, и таким образом получать почти тот же эффект, что и при действии обыкновенного прожектора, но сохраняя полностью маскировку и получая значительно большую дальность действия.

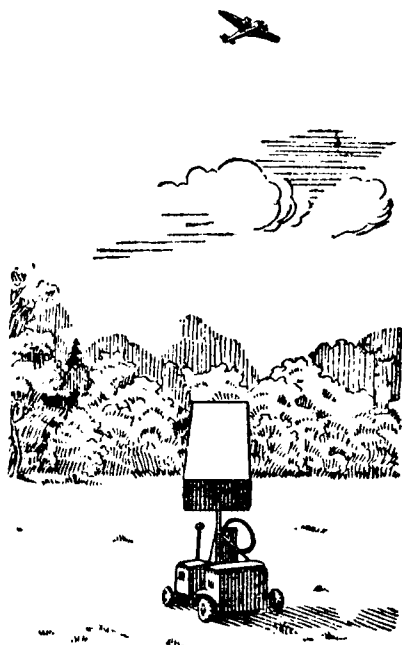


Рис. 307. Петоскоп.

Практически этот способ позволяет видеть с самолета ночью почти так же, как днем, и не только при ясном небе, но и при любой облачности и в туман, так как для инфракрасных лучей облака и туман не являются препятствием. Надо лишь оборудовать самолет прожектором со светофильтром, пропускающим только инфракрасные лучи, и приемным устройством, трансформирующим невидимые лучи в видимые. Последнее можно осуществить при помощи фотоэлементов или фотолюминесцирующих экранов.

По этому же принципу предложен ряд приборов ПВО, один из которых, „петоскоп“, показан на рис. 307. Прибор этот с помощью фотоэлементов регистрирует инфракрасные лучи, отраженные от корпуса и крыльев самолета, и сигнализирует о появлении самолетов на данном участке. Петоскоп заменяет, таким образом, звукоулавливатель и помогает отыскивать вражеские самолеты за облаками или в тумане. По сведениям прессы, петоскопы применяются в Англии в системе ПВО страны, помогая успешно бороться с фашистскими налетчиками.

65. Электрический глаз над полем боя

О том, как важно на войне видеть все, что делает противник, всю местность предстоящего боя, весь бой в целом, мы говорили в этой книге уже не раз (см. очерки 45 и 46). Мы уже знаем немало средств, помогающих командирам и бойцам наблюдать за полем боя издали, из-за укрытия, из

танка и т. п. Десятки оптических приборов применяются в войсках с этой целью. Но всего этого мало. Ни один из этих приборов и все они вместе взятые не дают все же возможности командирам и полководцам современных многомиллионных армий видеть по своему желанию в одно и то же время любой участок местности или боя. Если же командир сам будет находиться на самолете, то и в этом случае он увидит то, что окажется в поле зрения данного самолета. Это, правда, будет очень большой участок местности, но зато командиру очень трудно будет управлять войсками с самолета. Он окажется удобно связан с ними только по радио, а мы знаем, какие пороки таит в себе это средство связи в бою (очерк 61).

Всякому понятно, насколько удобнее было бы командиру в штабе перед своим столом, на котором расположены карты местности боевых действий, иметь небольшой экран и аппарат, позволяющий видеть на экране по своему выбору все то, что видно с десятков самолетов, летающих над полем боя. И видеть не мертвые схемы, не картинки (фотоснимки), заснятые несколько часов тому назад, а кинокартинку происходящих в данный момент действий. Совершенно так, как если бы глаза командира летали сами над полем боя и давали ему возможность, сидя за десятки километров, наблюдать все, что ему угодно и что видно сверху.

Можно подумать, что это осуществимо только в фантастических романах. Но такое мнение было бы грубой ошибкой. Совсем не так далеко то будущее, когда все рассказанное выше станет обычной реальной действительностью.

Кому не знаком теперь голос в эфире, который говорит: „Внимание! Показывает Москва...“ Не „говорит Москва“, а „показывает Москва“. И в любом пункте СССР и всей Европы тысячи людей смотрят на экранах своих приемников то, что происходит в телевизионном центре в Москве. Телевидение¹⁾ ныне уже не мечта, а реальная действительность.

Правда, передача неподвижным аппаратом изображений движущихся перед ним предметов — это далеко еще не то, что нужно для осуществления рассказанного выше о наблюдении за полем боя с подвижного самолета, но это уже первые практические шаги на пути к разрешению задачи.

Как же осуществляется в настоящее время телевидение? Основой почти всех аппаратов телевидения являются знакомый уже нам фотоэлемент (очерк 64) и особый диск Нипкова (рис. 308).

Фотоэлемент превращает лучи света в электрические колебания и обратно, а диск Нипкова разлагает (разбивает) изо-

1) От греческого слова „теле“ — далеко и латинского „визо“ — осматриваю, рассматриваю. Телевизия, или телевидение, — рассматривание (видение) изображений удаленных движущихся предметов с помощью электрических средств связи (проводочных и беспроводных).

бражения на отдельные точки для осуществления перелачи изображений на расстояние. Диск Нипкова — это круг с маленькими (например, в 1 мм^2) отверстиями, расположенными по спирали в определенном порядке (скажем, 30 отверстий на расстоянии 40 мм друг от друга).

Если сзади такого быстро вращающегося диска (например, 12,5 об/сек.) поместить освещенный предмет, то свет от него будет проходить только через отверстия, точка за точкой, как бы отдельными строчками, расположенными одна под другой. При этом светлые точки предмета дадут яркие точки, а темные — почти не пошлют света сквозь диск. Если теперь по другую сторону диска (рис. 309) поставить фотоэлемент, то светочувствительный слой его получит от каждой передаваемой точки опре-

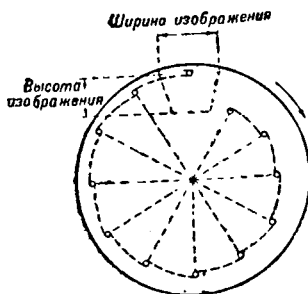


Рис. 303. Диск Нипкова.

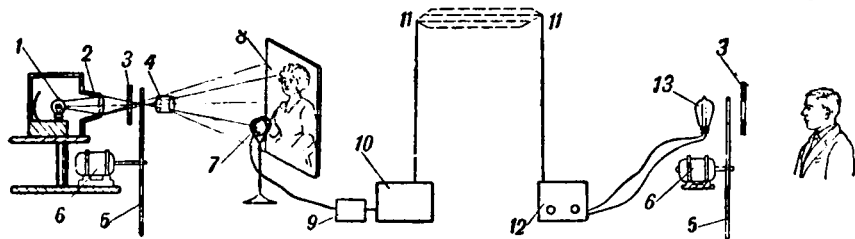


Рис. 309. Схема телевизора с диском Нипкова. 1 — источник света; 2 — линза; 3 — ограничивающая рамка; 4 — объектив; 5 — диск Нипкова; 6 — мотор; 7 — фотоэлемент; 8 — передаваемое изображение; 9 — усилитель фотоэток; 10 — передатчик; 11 — антенна; 12 — приемник; 13 — неоновая лампа.

деленное воздействие, изменяющее силу тока в цепи в зависимости от яркости данной точки. Полученные электрические колебания, усиленные ламповым усилителем, могут быть переданы дальше по проволоке или по радио на расстояние, соответствующее мощности установки.

В приемнике телевизора имеется особая неоновая лампа (электролампа, содержащая разреженный газ неон и дающая свет благодаря разряду электричества). Эта лампа, включенная в цепь, принимающая электрические колебания и расположенная позади такого же диска Нипкова, изменяет силу света в зависимости от силы тока. Вращающийся же диск складывает отдельные лучи от этой лампы в целое изображение предмета, находившегося перед диском в передатчике.

Глаз видит не отдельные точки (элементы изображения), а слитную картину вследствие своего свойства различать не более десяти изображений в секунду, — диск же Нипкова дает их не менее двадцати.

Диски на приемнике и передатчике должны вращаться синхронно, т. е. с одинаковой скоростью и при одинаковом положении их отверстий в каждый данный момент. Конечно, кроме упомянутых здесь важнейших частей телевизора, в нем имеются еще десятки деталей, отчасти показанных на рис. 309.

Кроме описанной здесь простейшей схемы, так называемого механического способа телевидения, есть проекты и осуществленные устройства телевизоров других систем: с колесом Вайлера (свет разбивается не отверстиями, а зеркалами, расположенными под разными углами к ободу колеса), использующих катодные лучи и др.

Наилучшим в настоящее время является катодное телевидение по методу Зворыкина. Главной частью его аппарата — иконоскопа (от греческого слова „икон“ — изображение) — является экран, сделанный примерно из трех миллионов мельчайших зерен фотоэлементов. Это является причиной особой сложности и высокой цены катодных телевизоров, имеющих поэтому малое распространение.

Мы кратко изложили здесь идею телевидения лишь для того, чтобы стала понятной полная возможность осуществления его на практике и применения на войне для наблюдения в штабах поля боя с наземных неподвижных (но поворачиваемых, конечно) передатчиков-телевизоров и с самолета. Интересно отметить, что телевидение возможно не только днем и в ясную солнечную погоду, но и ночью, в тумане и т. п. Для этого надо лишь освещать местность инфракрасными лучами и иметь чувствительный к ним фотоэлемент, что, как мы знаем, вполне возможно (очерк 64).

Вполне возможно телевидение и в глубинах моря. Для этого достаточно опустить с корабля водонепроницаемую камеру с сильным прожектором и телевизионным передатчиком. Изображение, полученное на экране телепередатчика, может быть рассматриваемо обычным способом на экране телеприемника на корабле или даже на берегу. Это, очевидно, может быть использовано для разведки под водой и поисков подводных лодок.

Таким образом, „электрический глаз“ на поле боя, под водой и над полем боя — дело вполне осуществимое.

66. „Лучи смерти“

Вскоре после окончания первой мировой империалистической войны 1914--1918 гг. весь мир облетело сенсационное известие об изобретении англичанином Метьюсом „лучей смерти“ (1923 г.). Помещались фотографии его установки, описывались демонстрации, при которых изобретатель убивал своими лучами мышей и останавливал моторы, делались выводы о несомненном применении этого нового грозного оружия на войне.

Вот как описывал эти опыты один английский журнал:

„На одном конце большой комнаты был установлен прибор в виде маленького прожектора, а на другом — небольшой работающий мотор. Прожектор наводился на мотор, который под действием невидимых лучей прожектора мгновенно начинал давать перебой, а затем и совершенно останавливался ввиду происходящего в магнето короткого замыкания тока. В другом опыте в маленькую чашку, укрепленную на обыкновенном лабораторном штативе, насыпали немного пороха. Метьюс направлял на чашку свой прожектор, и из невидимого луча его высккивало синее пламя, подобное молнии тропической грозы (рис. 310). В одно мгновение происходила вспышка пороха“.

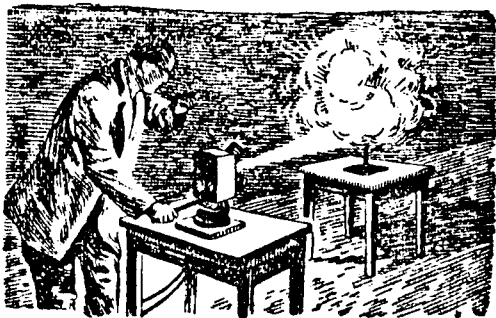


Рис. 310. Метьюс взрывает порох лучом.

В английских журналах тотчас появились фантастические проекты и более мощных установок Метьюса (рис. 311).

Затем посыпались опровержения и разъяснения, доказывающие, что все это — басни, и практически изобретение ничего не стоит, так как лучи Метьюса действуют всего лишь на несколько метров и способны убить мышь, но бессильны даже против кролика.

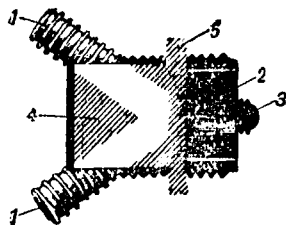


Рис. 311. Схема проекта прожектора Метьюса. 1 — генераторы лучей; 2 — главный ящик; 3 — электрический кабель; 4 — лучи „смерти“; 5 — изолатор.

Еще несколько позднее появился слух об изобретении немцами лучей, которые способны выводить из строя любой двигатель внутреннего сгорания, работающий с помощью „магнето“, т. е. практически почти любой самолет и автомобиль.

Рассказывали даже, что однажды в Берлине на четыре часа был остановлен автотранспорт. Ни один автомобиль не мог сдвинуться с места, несмотря на все усилия шоферов, пытавшихся обычными средствами привести моторы в действие.

Упорно ходили также слухи, что все иностранные самолеты, пролетавшие над каким-то районом Германии, непроизвольно снижались и вынуждены были садиться на расположенный поблизости аэродром, так как моторы их внезапно переставали работать. И опять вместе со слухами давались и разъяснения, призывавшие не верить всем этим сказкам.

В мае 1935 г. все газеты мира облетело сообщение об опытах в Италии известного изобретателя Маркони, будто бы демонстрировавшего новые лучи, безотказно останавливающие любые машины с двигателями внутреннего сгорания. В подтверждение этих слухов газеты приводили неоднократно

ные будто бы случаи неожиданных остановок автомобилей, следовавших по дороге между Римом и Остией. При этом все попытки шоферов привести моторы в действие оказывались сначала безуспешными, а через некоторое время моторы так же неожиданно начинали работать без всяких перебоев.

В результате всех этих соображений и слухов написан уже не один десяток фантастических романов о войне будущего и борьбе одиночек-изобретателей против всего мира.

Что же говорит подлинная наука о таких проектах и изобретениях? Можно ли действительно убивать людей лучами на значительном расстоянии или останавливать двигатели, расстраивая работу магнето. Начнем с самой идеи использования в качестве активного средства борьбы на войне разных лучей. Мы здесь остановимся лишь на электромагнитных лучах и электронных потоках.

Сама по себе идея поражения лучами заслуживает самого пристального внимания. Недаром разработкой этих вопросов занимаются во всем мире, и слухи, появившиеся и появляющиеся иногда в печати, отражают идеи и отдельные успехи, случайно ставшие достоянием гласности, ибо работы ведутся, конечно, тайно, и в случае действительных успехов мы узнаем о них лишь на полях войны.

На каких же путях все же следует ожидать здесь сюрпризов и наибольших возможностей? Разберем их по порядку.

Начнем с возможности поражения электронным потоком. Мощный электронный поток, обладающий большой скоростью, производит физиологическое действие на организм человека (подобно электрическому току, который, как известно, является потоком электронов по проводу), термическое, т. е. тепловое действие (может вызвать пожар, расплавление металлов и т. п.) и электрическое действие, нарушая работу различных электромеханизмов (например, магнето и т. п.). Задача состоит лишь в том, чтобы создать достаточно мощный поток электронов и послать его на большое расстояние. В настоящее время в трубках Кулиджа (с напряжением в 1,5 миллиона вольт) электронный поток проходит расстояние всего лишь в 1,5 м.

Трубка Кулиджа (рис. 312) подобна общеизвестной рентгеновской трубке и дает возможность получить мощный электронный поток сначала в вакууме (сильно разреженное пространство — почти пустота), а затем и в воздухе, куда выпускается этот поток электронов. Лишь когда удастся построить подобную трубку на 50 миллионов вольт (вероятно, это дело недалекого будущего), тогда дальность действия электронного потока в воздухе дойдет до величины, практически уже вполне достаточной, чтобы серьезно говорить о военном значении этого средства борьбы.

Однако, заметим сразу, что все подобные трубки, даже на 1,5 миллиона вольт, представляют собой чудеса техники;

они весьма сложны, громоздки и стоят колоссально дорого. Так что и по достижении практически значительного действия трубок надо будет еще немало поработать, чтобы оказалось возможным массовое применение их на войне, что только и имеет смысл, ибо несколько таких трубок, конечно, никак не повлияет на исход борьбы современных массовых армий.

Теперь рассмотрим так называемые „лучи смерти“ Метьюса. Его идея, как выяснилось позднее, заключалась в передаче электрической энергии по ионизированному слою воздуха. И, очевидно, он лишь в целях сенсации и получения больших

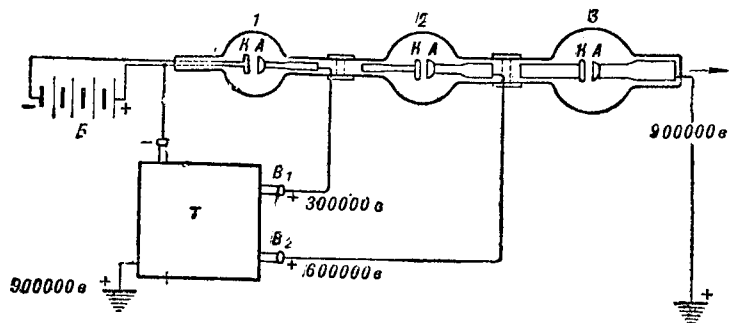


Рис. 312. Схема установки трубок Кулиджа на 900 000 вольт. А — анод; К — катод; Т — трансформатор; Б — батарея накала; 1, 2 и 3 — последовательно соединенные трубки.

субсидий от правительства (он получил около 250 000 рублей) умышленно обманывал всех, рисуя проекты своих таинственных „прожекторов“, действующих какими-то невидимыми „лучами“.

Явление ионизации воздуха (любого газа) заключается в том, что частицы газа под тем или иным влиянием (сильное нагревание, действие лучей света, радия, рентгеновых лучей и т. п.) распадаются на ионы, т. е. на частицы, противоположно заряженные (положительные и отрицательные). Ионизированный слой воздуха (газа) становится проводником, чем и объясняется исчезновение заряда электроскопа под действием лучей Рентгена (рис. 313).

Здесь ионизированный слой воздуха заменяет, по существу, обыкновенный металлический провод, и если к концам этого слоя приложена разность потенциалов, то по слою, как по проводу, пойдет ток. Очевидно, здесь мы уже не можем менять направления нашего потока энергии. Понятно, какие трудности отсюда вытекают для военных условий с разделением территории на „свою“ и „чужую“, где хозяйничает противник.

Что же касается теории, то здесь дело вполне верное. В лаборатории уже давно без всякого труда ионизируют слой воздуха с помощью лучей Рентгена, ультрафиолетовых лучей и ультракоротких радиоволн. Передают и ток по таким ионизированным слоям воздуха, причем установлено, что мощность

передаваемого тока зависит от степени ионизации (наличие так называемого „тока насыщения“). Значит, и здесь, как и в пробниках, разобранных выше, дело сводится лишь к мощности установки для ионизации воздуха и к расстоянию, на которое можно будет этим способом передавать ток.

Но так как, повторяем, военное значение этого способа невелико, то и работы в этой области ведутся не очень ин-

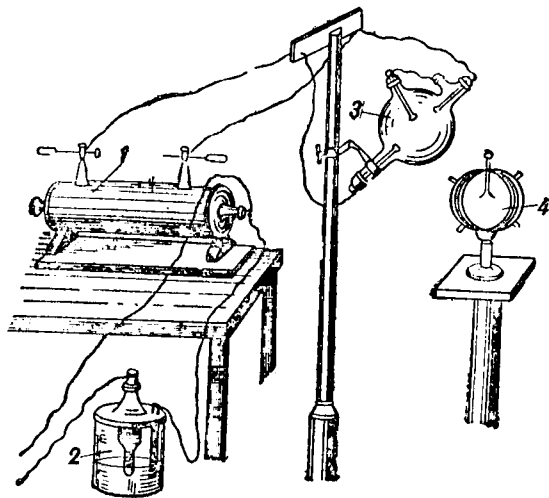


Рис. 313. Опыт ионизации воздуха. 1 — катушка Румкорфа; 2 — прерыватель; 3 — рентгенова трубка; 4 — электроскоп, листки которого спадаются тотчас же после начала действия рентгеновой трубки.

тенсивно, и ожидать здесь особенных военных сенсаций нет основания. Вполне возможно поражение всеми видами лучей, имеющих электромагнитную природу.

В последнее время в связи с изучением ультракоротких и сантиметровых радиоволн выяснилось, что они обладают поражающим действием: физиологическим (вызывают повышение температуры тела человека), термическим (нагревание металлов) и электриче-

ским (действие на электромеханизмы). Кроме того, эти волны сравнительно нетрудно направлять узким пучком (очерк 62), что очень важно, конечно, в случае применения их в качестве средства поражения. Теоретически выяснено, что для получения поражающего эффекта нужен передатчик мощностью в несколько тысяч киловатт, дающий волны длиной около 30 см. Это отнюдь не так просто, ибо с уменьшением длины волны все труднее и труднее увеличить мощность генератора. Однако, работы в этой области ведутся, и можно рассчитывать на успешность их в недалеком будущем.

Поражающим действием на людей обладают, как известно, и ультрафиолетовые лучи. Все знают, какие тяжелые ожоги можно получить, неосторожно греясь (загорая) на солнце: это является результатом действия на кожу, главным образом, ультрафиолетовых лучей, но некоторое действие оказывают и видимые лучи света. Эти же лучи при большой мощности их ослепляют человека. Но и здесь, как во всех прочих „лучах смерти“, достижения сегодняшнего дня далеки еще от практически нужного эффекта. Ультрафиолетовые лучи,

как мы не раз уже отмечали, очень сильно поглощаются воздухом, поэтому для поражения ими (и лучами света) нужны источники света мощностью порядка 10 миллиардов свечей.

Электромагнитные радиоволны обладают другого рода поражающим действием: они могут нарушить систему зажигания и таким образом остановить мотор, при быстро меняющемся магнитном поле нарушается зрение людей, можно ожидать воздействия их при известных условиях и на психику людей.

Все это показывает, что путей для использования лучистой энергии, как средства поражения, совсем не мало и теоретически многие из них вполне изучены. В ряде случаев известны уже и средства защиты. Так, от ослепления лучами надежно защищают соответствующие очки, а переход к дизелям в авиации и в танковых войсках устраняет возможность остановки двигателей электромагнитными волнами. Несомненно, и от других новых средств поражения наука найдет новые средства обороны. Надо лишь предвидеть и быть готовым ко всяким сюрпризам в этой области. И тогда любое новое средство может повернуться против врага, первым его применившего.

67. Еще некоторые случаи применения невидимых лучей в военном деле

К невидимым лучам относятся также электромагнитные волны, еще меньшей длины волны, чем ультрафиолетовый свет, — лучи Рентгена. Напомним, что лучи Рентгена возникают при внезапном торможении катодных лучей (электронов) и обладают свойством проходить сквозь непрозрачные для света вещества, причем степень поглощения лучей зависит от плотности вещества. Лучи Рентгена становятся видимыми благодаря действию их на специальный светящийся (флюоресцирующий) экран или на фотопластинку.

Все знают, какое широкое применение находят эти лучи в медицине и, в частности, во время войны, когда постоянно приходится прибегать к их услугам для определения положения пули или осколка снаряда в теле раненого (рис. 314). Большое значение приобретают также эти лучи в военной промышленности, позволяя точно определять внутреннее строение металлов и дерева, от которого зависит прочность и надежность действия снарядов и тех или иных военных машин (рис. 315). Совершенно незаметные снаружи изъяны металла или дерева становятся ясно видимыми благодаря различной проницаемости их для лучей Рентгена.

Разработанный недавно советскими учеными способ получения рентгеновских снимков со скоростью миллионных долей секунды позволяет применить рентгенографию также и для изучения многих новых областей военной техники, например, для изучения работы воздушного винта самолета, полета пуль и снарядов, пробивания ими брони и других материалов.

Наконец, рентгеновские лучи имеют и поражающее дей-

ствие. Известно, что нередко врачи получают серьезные ожоги от рентгеновских лучей. Очевидно, такие же ожоги можно было бы создать и нарочно, направляя лучи на бойцов противника.

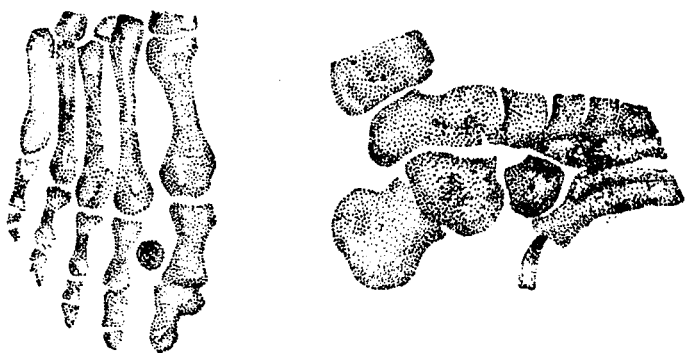


Рис. 314. Рисунок с рентгеновского снимка. Слева — шрапнельная пуля между пальцами ноги; справа — ружейная пуля в ступне ноги.

Все дело, однако, в мощности установок и, стало быть, в дальности их действия. Рентгеновские лучи от всех известных лабораторных источников весьма быстро поглощаются в воздухе и могут проходить лишь очень незначительные расстояния.

Применяют на войне также невидимые тепловые лучи, которые, как известно, исходят из всякого тела. Секрет исполь-

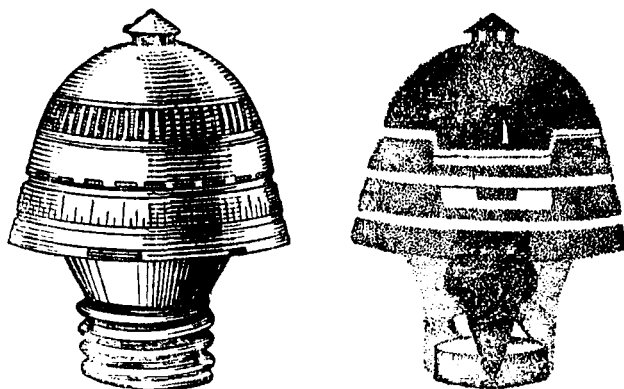


Рис. 315. Рисунки с обыкновенной фотографии (слева) и с рентгенограммы дистанционной трубки (справа). Темные пятна — медные и стальные части, светлые — алюминий.

зования этих лучей в целях разведки вполне понятен из рис. 316. Перед окопом, вблизи своих проволочных заграждений, располагают весьма чувствительный термоэлемент, т. е. элемент, состоящий из двух спаянных разнородных проводников (медь и никелин, висмут и сурьма и т. п.). При нагревании одного из спаев в цепи элемента появляется электрический ток, учесть который можно с помощью чувствительного гальванометра.

При наличии термоэлемента и гальванометра высокой чувствительности можно обнаружить приближение к окопу человека, так как исходящие от тела человека тепловые лучи поглощаются зачерненной поверхностью термоэлемента, и в цепи его появится ток; ночью такой прибор помогает бойцам следить за самым осторожным приближением противника к окопам. Однако, это — мелочь, и мы привели ее лишь как любопытный прием использования на войне невидимых лучей и электричества.

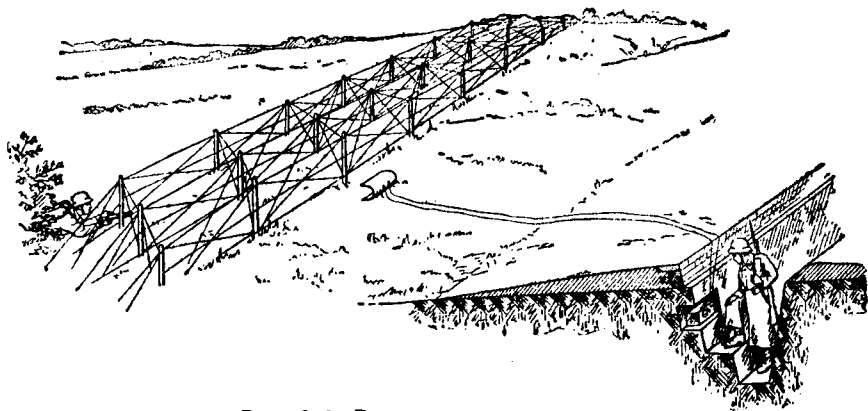


Рис. 316. Разведка термоэлементом.

Но почти по такому же принципу организуют ныне гораздо более существенную **б л о к и р о в к у** некоторых путей, особенно важную в системе заграждений на море, а также на суше против мотомеханизированных войск. Для этого в каком-либо направлении, например, у входа в бухту или поперек дороги или вдоль позиций (перед ними), направляют с помощью прожектора, — а если нужно и плоских зеркал (по ломаной линии), — узкий пучок невидимых инфракрасных лучей. В конце этой лучевой блокировочной линии ставят приемник с известным уже нам фотоэлементом (очерк 64), источником тока, усилителем и обычно еще реле (очерк 58), которые уже включают более сильный ток, действующий на какое-либо сигнальное приспособление (вспыхивает лампа в сторожевом пункте, звонит звонок, гудит гудок и т. п.) или непосредственно на то или иное активное средство поражения (например, начинает стрелять пулемет, взрывается мина и т. п.). Но все эти действия вызываются не в момент приема луча фотоэлементом, а, наоборот, в момент перерыва луча, т. е. в приемнике имеется такой переключатель, который направляет ток в цепь реле только тогда, когда фотоэлемент размыкает свою цепь, когда сопротивление его становится максимальным ввиду отсутствия действия на него инфракрасных лучей. Легко понять, что случится это в момент пересечения луча каким-либо непрозрачным для инфракрасных лучей телом, например, кораблем, катером, танком, автомобилем, человеком и т. п.

Нечто подобное применяют и в мирное время для автоматической блокировки железнодорожных путей, для управления шлюзами, ткацкими станками, плавильными печами и т. п. Методы и аппараты блокировочных, сигнальных и автоматически действующих устройств уже вполне разработаны и, несомненно, могут быть применены на фронте для автоматизации управления оружием (выстрела в момент совпадения цели с перекрестием прицела) и для различных новых приемов разведки.

Англичане разработали, например, систему указателей с фотоэлементами для своих минных полей на море. Эти указатели позволяют кораблям, снабженным специальными приемниками с фотоэлементами, безопасно проходить минные поля, точно придерживаясь оставленных в них узких проходов, гра-

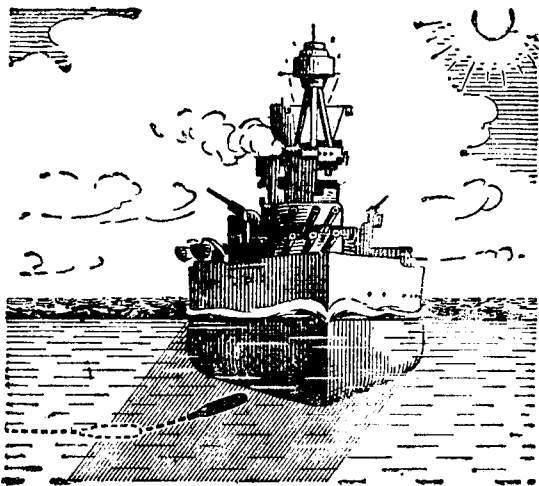


Рис. 317. „Послушная торпеда“ с фотоэлементом.

ницы которых обозначены источниками инфракрасных лучей. На морских кораблях успешно работают сейчас также фотоэлементы-разведчики, обнаруживая издали корабли противника по тепловым лучам, излучаемым их нагретыми дымовыми трубами.

Все это показывает, что фотоэлемент, несомненно, может весьма широко применяться не

только в мирной технике и промышленности, но и на войне.

Очень любопытно совсем недавно появившееся предложение с помощью фотоэлемента сделать торпеду чувствительной к своей цели. Как только такая торпеда (рис. 317) войдет в область тени от корабля, она автоматически по „приказанию“ фотоэлемента поднимается и ударяет в самое уязвимое место корабля — в его дно.