



А.Б. Прищепенко

ШИПЕНИЕ СНАРЯДОВ

**издание второе, переработанное
и дополненное**

Директ Медиа

2012

Александр Прищепенко

Шипение снарядов

«Автор»

2012

Прищепенко А.

Шипение снарядов / А. Прищепенко — «Автор», 2012

«Поражающее» интересует многих, и не только тех, кто знаком с одноименной сурой Корана. На многочисленных (и в большинстве – цветных) иллюстрациях этой книги – выстрелы пушек, пробитая снарядами сталь, разобранные и собранные ядерные заряды, их взрывы во всех средах, электромагнитные боеприпасы. А текст поясняет принципы, положенные в основу функционирования боевых устройств – без сложной математики, на основе простых аналогий. Описаны и подходящие по тематике опыты (некоторые, наиболее безопасные из них, автор рекомендует провести читателю). Книга – для тех, кто получил высшее техническое образование и тех, кто знает физику в пределах школьного курса. Во втором издании исправлены замеченные ошибки, значительно расширен иллюстративный ряд.

© Прищепенко А., 2012

© Автор, 2012

Содержание

1. Кишки и порох	5
Конец ознакомительного фрагмента.	53

Александр Борисович Прищепенко

Шипение снарядов

1. Кишки и порох

Уверен, читатель знает, откуда взято название книги. Песню, любимую многими, написал австриец Рудольф Грайнц, спустя два месяца после геройского боя¹. В строках «Der Warjag»:

Es droht und kracht
Und donnert und zischt...

слово *zischt* (шипит) присутствует, правда, по тексту оно не связано со снарядами. Эта связь появилась позже, когда Н. Мельников и Е. Студенская перевели песню с немецкого. Перевод в техническом отношении точен, поскольку звук, порождаемый летящим снарядом, действительно напоминает шипение, причем – немонотонное. Объяснение этого явления – впереди.

...В совсем уж темные времена созревшую у племени потребность навязать другим свою политическую волю реализовывали его физически развитые представители. Конечно, со временем они додумались применить в своей славной деятельности дубины, топоры, луки, но гордость дарованной природой мускулатурой, романтика ратного подвига – закрепились на генетическом уровне. Уже в конце семидесятых годов XX века автору довелось познакомиться с полковником авиации, который, подвыпив, с тоской в голосе мечтал о временах, когда мордобойцы после «дела» собирались у костров, и «под песняк» наслаждались неспешными мужскими беседами...

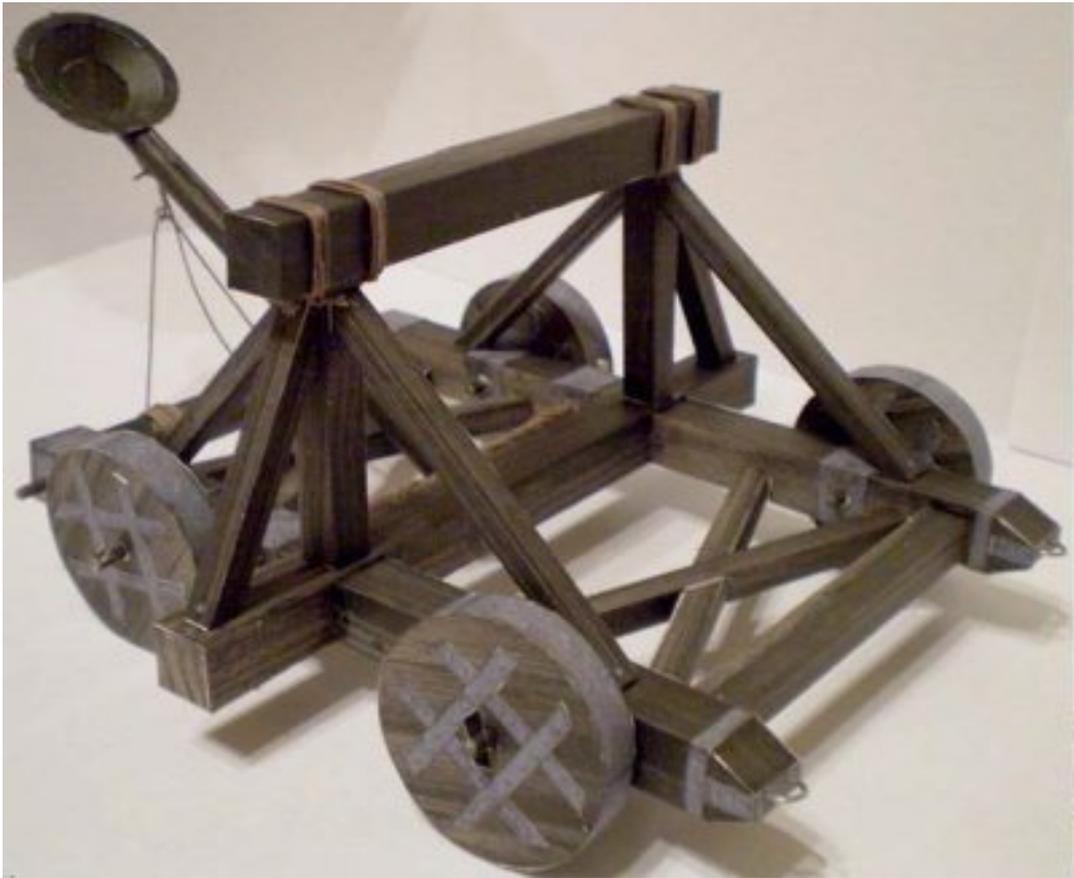
Понятно, что в таких беседах умничанье звучало возмутительным диссонансом, набрасывающим тень на воспоминания о «честном, открытом бое», о чем в краткой, доступной для понимания форме информировались «возникавшие» умники. Но древние времена были сугубо конкретными и закрывать глаза на реальность долго было нельзя: ширились слухи, что при осаде персидского города Галикарнасса были применены устройства, забрасывавшие за крепостные стены каменюки, тухлятину, а также – неприличествующие честному бою горшки с говном. Устройства приводились в действие натягиваемыми воинами канатами, свитыми из воловьих кишок. И если каменные снаряды причиняли защитникам не вызывавшие возмущения общественности телесные повреждения, то остальные – приводили к эпидемическому морю, что «понятиям» не соответствовало.

Применялись такие устройства (катапульты) и римлянами. Процесс фотографии в те времена еще не был разработан и придется довериться игрушечным миниатюрам, созданным в наше время любителями, – источнику информации, достаточно надежному для тех, кто знает, с какой страстью энтузиасты выискивают сведения о каждой детали одежды или причесок воинов (рис. 1.1).

От разглагольствовавших умников уже нельзя было отмахнуться кулаком или дубиной, что ясно хотя бы из того, что впечатления современников от осады Галикарнасса дошли до нас из 334-го года до новой эры. Сохранила память поколений и имя завоевавшего Галикарнасс

¹ 27 января 1904 г. японская эскадра атаковала стоявшие на рейде Чемульпо (в настоящее время – Инчон, Южная Корея) два русских корабля – крейсер «Варяг» и канонерскую лодку «Кореец». После неравного боя канлодка – корабль, сделавший первые выстрелы Русско-японской войне 1904–1905 г.г. – была подорвана своим экипажем. Не сдался врагу и «Варяг»

и еще половину мира: Александр Македонский², что тоже свидетельствует об эффективности применявшихся им методов.



² Александр Македонский (356–323 г.г. до н. э.) – полководец, основатель огромной империи, простиравшейся от Дуная до Ганга.



Рис. 1.1

Катапульта и ее боевое применение римлянами

«Нечестные» эти методы внедрялись медленно, но уж точно – верно. Испанцы, в 1342 году осаждавшие засевших в Альхесирасе арабов, сложив ладошки рупорами, стыдили своих противников. И были на то причины: на крепостных стенах то и дело хлопало, клубился противно пахнувший серой дым и летели оттуда осколки камней или чугунные кругляши. Камушки могли уязвить раззявившегося простолюдина, а чугунные ядра – расплющить латы, а заодно их рыцарственного обладателя, разъезжавшего под стенами в ожидании честного поединка. Если бы благородным идалго удалось подняться на занятую противником крепостную стену, они вряд ли удержались бы от непристойностей: некто тыкал в то, что он именовал «модфой», раскаленный металлический прут, а то бахало, проводя сатанинской вонью улетевшее в сторону противника.

Но не довелось благородным взять Альхесирас, а уж тем более – увидеть богопротивные гнусности, творившиеся на стенах. Был у того процесса другой зритель (рис. 1.2): благоразумно схоронившийся от опасности за телами копейщиков охраны, по всем признакам – занимающий крайне ответственную должность.



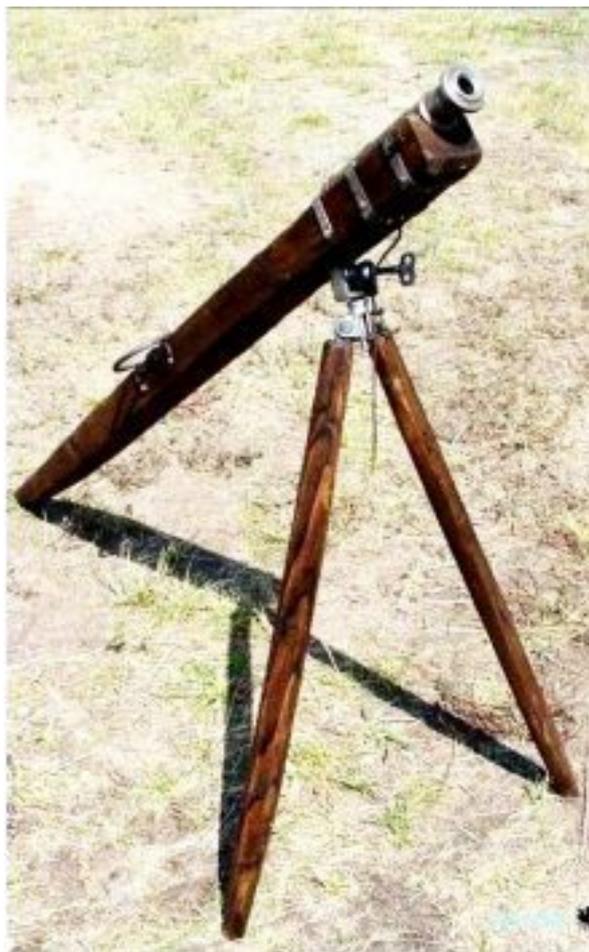


Рис. 1.2

Арабская модфа – одно из первых известных огнестрельных орудий: слева – при обороне Альхесираса; справа – воссозданная любителями старинного оружия в наши дни.

Тем, кто обратил внимание на разницу в конструкциях, заметим, что это – вина средневековых служб стандартизации: использовались и орудия с литыми из металла стволами и с выдолбленными из дерева

Можно не сомневаться, что светозвуковые эффекты выстрела произвели на начальника должное впечатление, которое неприличный, с седенькой бороденкой и проволокой в руках не нашел нужным снизить упоминанием о том, что за много веков³ до него подобные средства поражения использовали китайцы (рис. 1.3).

³ Первые свидетельства боевого применения смесей с селитрой относятся еще к Бронзовому периоду (35–11 века до н. э.), названному так археологами, обнаружившими много изделий из бронзы, датированных в пределах этого временного интервала.



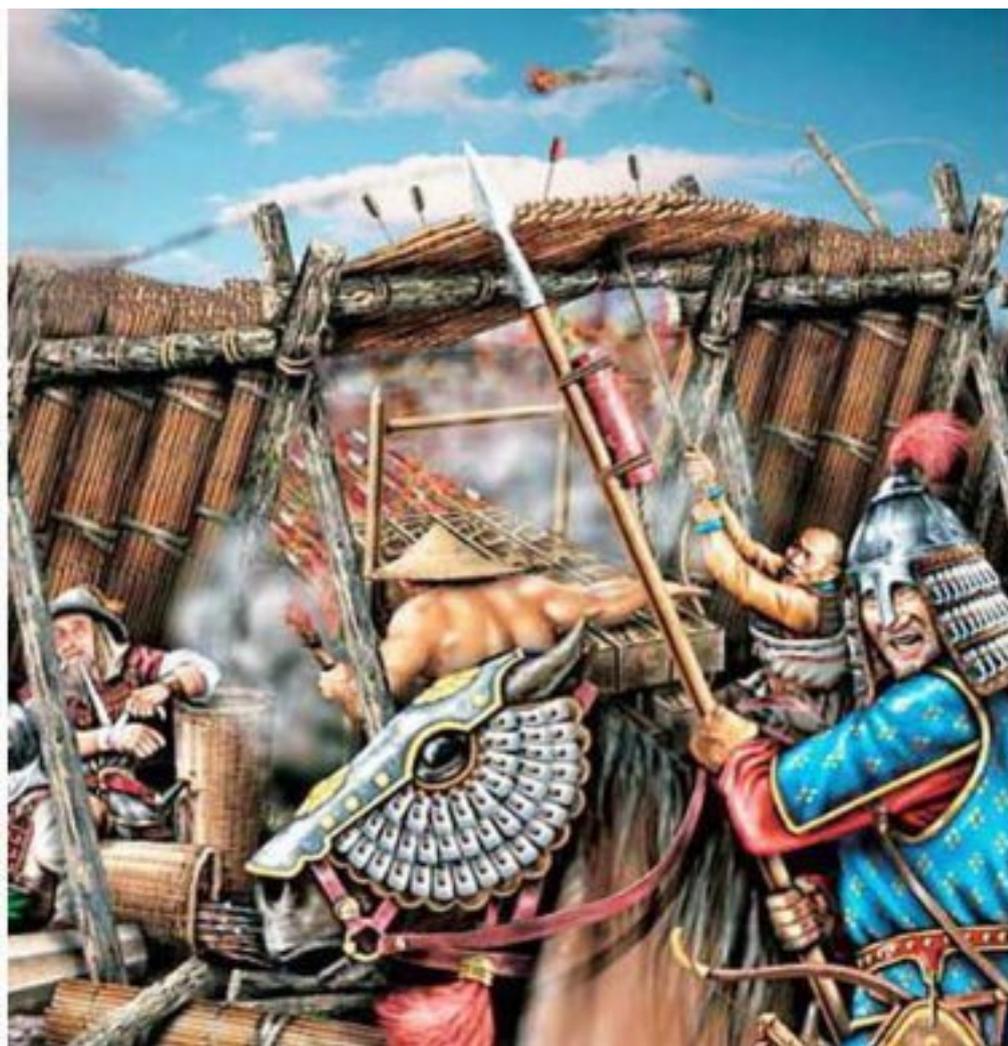


Рис. 1.3

Слева – восстановленный художником на основании сохранившихся исторических свидетельств эпизод осады Кайфэня (Китай), в ходе которой обороняющиеся применили огнеметы. Огнесмесью служила сырая нефть, а пороховой заряд использовался как аккумулятор давления. Справа: китайский воин привязал ракету к своему копыю и заранее радуется: близко к противнику ему подходить теперь не придется, а попадет он или нет – не так уж и важно, поскольку задумано подавить врага массированным огнем (на заднем плане – артиллеристы, открывшие «порт» и готовые запустить более десятка ракет). Надо отметить, что эта концепция применения неуправляемого ракетного оружия дожила до наших дней.

...Из изобретений, поставивших рекорды долголетия в своем применении, первое место, бесспорно, принадлежит колесу, но второе – смеси селитры, серы и древесного угля, то есть черному пороху. Как и колесо, «черняшка» работает до сих пор: в огнепроводных шнурах, вышибных зарядах, воспламенителях ракетных двигателей и артиллерийских выстрелов и многом другом. Этот смесевой состав содержит все, что нужно для горения: окислитель (кислород селитры) и горючее (уголь)⁴. При сгорании кубического сантиметра выделяется тепловая энер-

⁴ Сера – тоже горючее, но – неэффективное. Необходима она для облегчения воспламенения: на начальной стадии происходит ее плавление и за счет жидкой фазы улучшается контакт частиц селитры и угля. Когда смесь достаточно разогревается, выделение кислорода трудно отдающей его селитрой возможно и без серы.

гия 3,3 килоджоуля – в общем-то, не очень много, но гораздо более важно время, за которое эта энергия выделяется: тысячные доли секунды. По развиваемой мощности с кубиком черного пороха не под силу поспорить ни одному мордобойцу.

Нагретые энергией взрывного горения газы способны на многое: они разрывали не только деревянные, скрепленные металлическими обручами, но и первые литые металлические стволы, так что шли в пушки люди таких душевных качеств, что терзались струны:

Безумству храбрых поем мы песню!
Безумство храбрых – вот мудрость жизни!

Правда, попадались и такие, кто «робко прятал тело жирное в утесах»⁵ (рис. 1.4). Поиск стволов, способных удержать порох «от эксцессов», продолжался и в «бронзовые» и в средние века и много позже. Не обошлось без переборов: стоит только оценить толщину стенок стволов коротышек-мортир (рис. 1.5) времен Гражданской войны в Америке (1861–1865 г.г.). Наверняка ультимативным требованием было обеспечить прочность ствола при любых обстоятельствах, а робкие возражения малохольных в пенсне: «так у вас ядро далеко не полетит» густоголосо отметались: «а нам далеко и не надо». И то верно: приглядитесь внимательно к рис. 1.5: далеко ли можно разглядеть солдат противника в негустом кустарнике, видимом на заднем плане?



Рис. 1.4

Толщина стенок ствола стрелявшего копьями орудия свидетельствует, что средневековый артиллерист был озабочен своей безопасностью. Однако за все в этой жизни приходится платить и можно представить, каких усилий стоило сменить огневую позицию и даже изменить

⁵ Обе поэтические цитаты взяты из сочинений «пролетарского» писателя М. Горького: «Песни о соколе» и «Песни о буреветнике».

элементы наводки отлитого из медного сплава орудия. Музейная экспозиция изображает процесс заряжания: из рога, через узкое отверстие, в зарядную камору засыпается черный порох; через то же отверстие он будет подожжен и использованием укрепленного на длинной палке фитиля. На заднем плане – фотография ракеты «Сатурн», доставившей на Луну первых землян



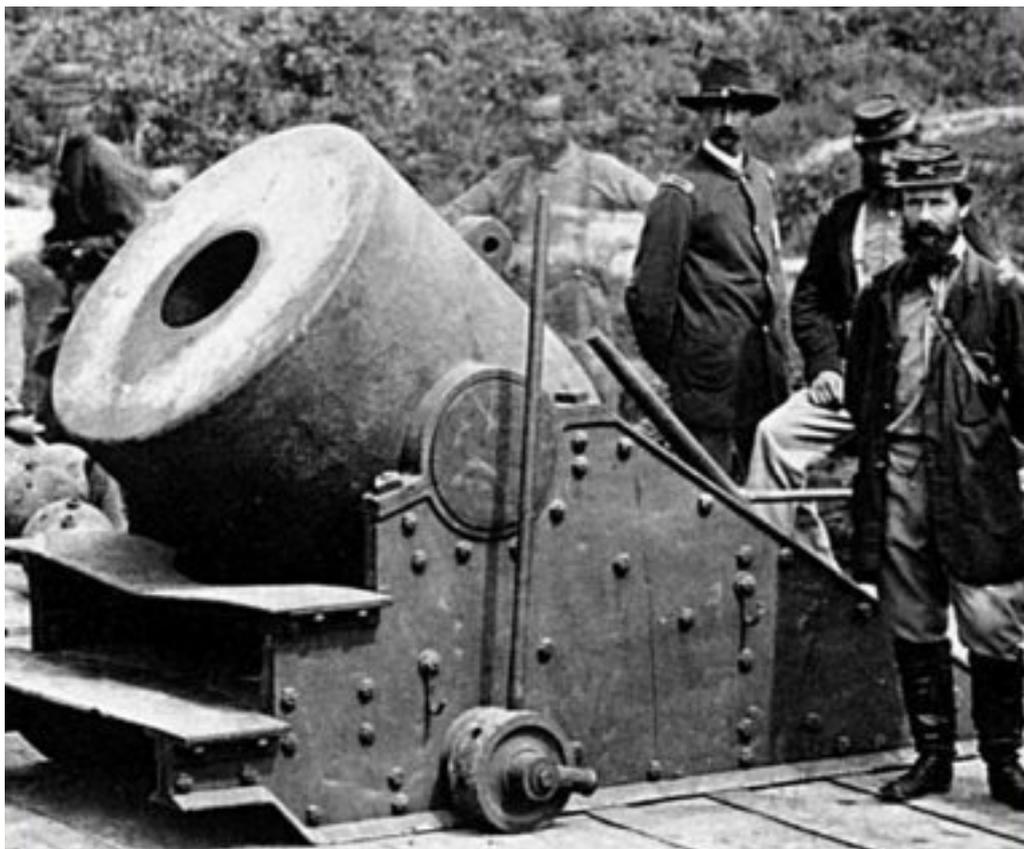


Рис. 1.5

Пару веков тому назад испанским артиллеристам не повезло: ствол пушки разнесло преждевременным разрывом ядра (снимок слева). В центре – мортира времен гражданской войны в Америке. Справа – выстрел заряженной уже не черным, а бездымным порохом мортиры, произведенный артиллеристами-любителями в наши дни

А вот на море кустов нет, моряки видели дальше сухопутных, для чего даже поднимались на клотики мачт. И пушки их были длиннее, изящнее, хотя и их, бывало, разносила на куски «коварная»⁶ черняшка(рис. 1.6).



Рис. 1.6

Верхний снимок сделан на батарейной палубе воссозданного в наши дни линейного корабля сэра Хорэса Нелсона «Виктори» – флагманского в Трафальгарском сражении. Это сражение произошло 12 октября 1805 г., когда, по приказу Наполеона Бонапарта, насчиты-

⁶ Подобные определения излюблены теми, чьи знания о зависимостях, описывающих явление, весьма приблизительны. Для средних веков такие эпитеты вполне извинительны, однако в мае 1975 г. автору довелось увидеть, как в первом и последнем опыте разорвало взрывную камеру, изготовленную по чертежам начальника отдела, кандидата химических наук. Развалилось и здание, где камера была установлена. Чудом обошлось без жертв. Из развалин, в облаке мата, явился конструктор камеры.

вавший 33 линейных корабля франкоиспанский флот под командованием адмирала Вильнёва попытался, выйдя из Кадиса, прорваться в Средиземное море. У Нелсона было 27 линейных кораблей, но он одержал убедительную победу, захватив 17 кораблей противника и положив конец попыткам Наполеона оспаривать британское морское превосходство.

Ниже – репродукция картины «Ужасный взрыв орудия «Миротворец» на американском паровом фрегате «Принстон» 28-го февраля 1844 г.» Событие явно впечатлило художника, как, вероятно, и многочисленных зрителей, в том числе и дам, в нарушение всех правил безопасности, присутствовавших на испытании

... Одной только оценки – сколько страниц содержит эта книга – достаточно, чтобы читатель понял: она не является обзором типов и характеристик артиллерийских орудий. Если в ней и приводятся фотографии, то для иллюстрации тенденций, характерных особенностей оружия. Рассмотрев рисунки 1.5 и 1.6, обратим внимание, как наводились на цели орудия в XIX веке. Горизонтальная наводка мортиры осуществлялась поворотом колес: одно стопорилось, а другое – проворачивалось с помощью лома, который виден на рис. 1.5. Вертикальная наводка пушки на линейном корабле «Виктори» (рис. 1.6) столь же «ювелирна»: на ступени задней поверхности ее лафета накладывался тот же лом, который и поддерживал ствол на нужном угле возвышения. Правда, для «тонкой» наводки применялись еще и клинья.

Понятно, какую точность стрельбы обеспечивало подобное наведение, поэтому для компенсации промахов ядер стали придавать дополнительные поражающие свойства. Обширного опыта разрывов стволов при стрельбах хватило, чтобы сообразить: если порох горит в ограниченном объеме и давление повышается, то скорость горения возрастает, что приводит к разрыву не слишком прочного сосуда. Ядро стали делать полым и засыпать внутрь порох (рис. 1.7). Взрыв дробил ядро на осколки, также способные причинить урон. Тем самым был осуществлен переход от концепции поражения цели прямым попаданием к концепции зонного поражения (упомянутых терминов в те времена не существовало, но автор постарается понемногу знакомить читателя и с современным «боеприпасным» языком).







Рис. 1.7

Слева сверху: в музее воспроизведен процесс снаряжения ядра порохом через жестяную воронку. На заднем плане – ящик с надписью: «1000 бумажных запалов. От 3 до 8 секунд» (имеются в виду времена замедления). Справа – основные элементы артиллерийского выстрела XIX века: неснаряженное ядро; снаряженное ядро на деревянном поддоне, облегчающем зарядание; поддон с ядром в комплекте с картузом (мешочком) черного пороха; полностью снаряженный выстрел во влагозащитном футляре. Дополняет экспозицию форменный головной убор артиллериста.

Не все ядра снаряжались только порохом, некоторые снабжались также готовыми поражающими элементами (разрез такого ядра виден в нижней части правого верхнего снимка). При взрыве шарики разлетались во все стороны – возможности боеприпаса использовались нерационально.

Стрельба на небольших дистанциях могла быть более эффективной: крепостная мортира со «специальной» формой ствола (справа внизу) позволяла рассеивать поражающие элементы только по фронту

Для воспламенения разрывного заряда применили трубку, наполненную пороховой мякотью: ее горение обеспечивало задержку между выстрелом и разрывом ядра. Изготовление запальной трубки содержало много ноу-хау. Металлической ее было сделать нельзя из-за теплопередачи: начало горения привело бы к воспламенению всей пороховой мякоти, прилегающей к поверхности и преждевременному разрыву. Деревянная же (а уж тем более – бумажная) трубка вывалилась бы из ядра при сотрясении, сопровождавшем выстрел. Поэтому трубка из дерева обкатывалась в медной втулке, а ту перед боевым применением запрессовывали с помощью кувалды и специального приспособления. Бумажную трубку заворачивали металлической втулкой. На (рис. 1.7) – ядра времен Гражданской войны в Америке, выставленные в музее,

но у автора есть и своя реликвия Крымской войны⁷, найденная в Севастополе (она – на синем фоне). Металл этого Крымская война 1854–1856 г.г. была вызвана попытками России отобрать у переживавшей не лучшие времена Турции («больного человека Европы», как ее тогда называли) контроль над Черноморскими проливами. Поводом для начала войны послужил инцидент в Вифлееме (тогда – турецком), где были убиты несколько православных монахов. Русский флот быстро уничтожил турецкий, но превращение ядра корродировал не насквозь, а медная втулка, смявшись при ударе (возможно – о камень), намертво закупорила запальное отверстие. После осторожного удаления втулки, внутри был обнаружен сохранившийся черный порох. За почти полтора столетия он, конечно, слежался, но отколупываемые кусочки, после минимального просушивания, энергично «пыхали» с белыми облачками дыма. Если бы запальная трубка сработала как надо, ядро могло причинить неприятности защитникам севастопольских бастионов!

Число осколков, на которые дробил корпус ядра взрыв черного пороха оставляло желать большего и, чтобы исправить этот недостаток, снаряжение перемешивали с чугунными или свинцовыми шариками (как сказали бы в наши дни – «готовыми поражающими элементами», см. разрез ядра справа).

Правда, поражали такие элементы пехоту и кавалерию, а корабли защищались от них броневыми листами, навинчиваемыми на деревянный корпус (рис. 1.8). По защищенным целям на море пушки с длинными стволами стреляли бронебойными, цельнометаллическими ядрами. Экспонаты музеев свидетельствуют, что в те времена ядра были в состоянии пробить броню существенно меньшей толщины, чем калибр пушки.



⁷ Крымская война 1854–1856 г.г. была вызвана попытками России отобрать у переживавшей не лучшие времена Турции («больного человека Европы», как ее тогда называли) контроль над Черноморскими проливами. Поводом для начала войны послужил инцидент в Вифлееме (тогда – турецком), где были убиты несколько православных монахов. Русский флот быстро уничтожил турецкий, но превращение России в Средиземноморскую державу не устраивало Англию и Францию: они выступили на стороне Турции. В этой проигранной Россией войне были и яркие эпизоды, такие, как оборона Севастополя, в которой принимал участие молодой артиллерийский офицер Лев Толстой.

Рис. 1.8

Экспонат музея военно-морской верфи в Вашингтоне: ядро калибром 381 мм «показалось» за почти пробитым листом стали толщиной 152 мм, привинченном к деревянному корпусу корабля гигантскими «шурупами». Возможно, ядро все же пробilo броневой лист и было потом подобрано в помещениях, но вряд ли оно, практически потеряв скорость, нанесло поражение многим матросам. Попадание вызвало также откол брони (по краям отверстия) и разлетевшиеся осколки в этом отношении были более эффективны

Описание боеприпасов заняло пару абзацев, но по тем временам соответствующие технологии с полным правом можно было отнести к категории хайтека. И не надо снисходительно улыбаться «простоте» предков: уже в наши дни в художественном фильме о войне 1812 года пришлось увидеть, как «артиллеристы» вкладывают ядра запальными трубками к зарядной камере. Если бы это были не киношные муляжи, а настоящие ядра, за такую ошибку расчета пришлось бы расплатиться жизнями: газы выстрела под высоким давлением обязательно прорвались бы через отверстие для трубки к заряду ядра, вызвав его взрыв в стволе (левый снимок рис. 1.5). В «грозу 12 года» и позже фейерверкеры заряжали ядра запальными трубками к дульной части: после выстрела еще горячие газы, но уже под небольшим давлением, обтекали ядро, зажигая трубку. Так, по крайней мере, было в теории, потому что объективные свидетельства отказов боеприпасов того времени поражают (рис. 1.9).

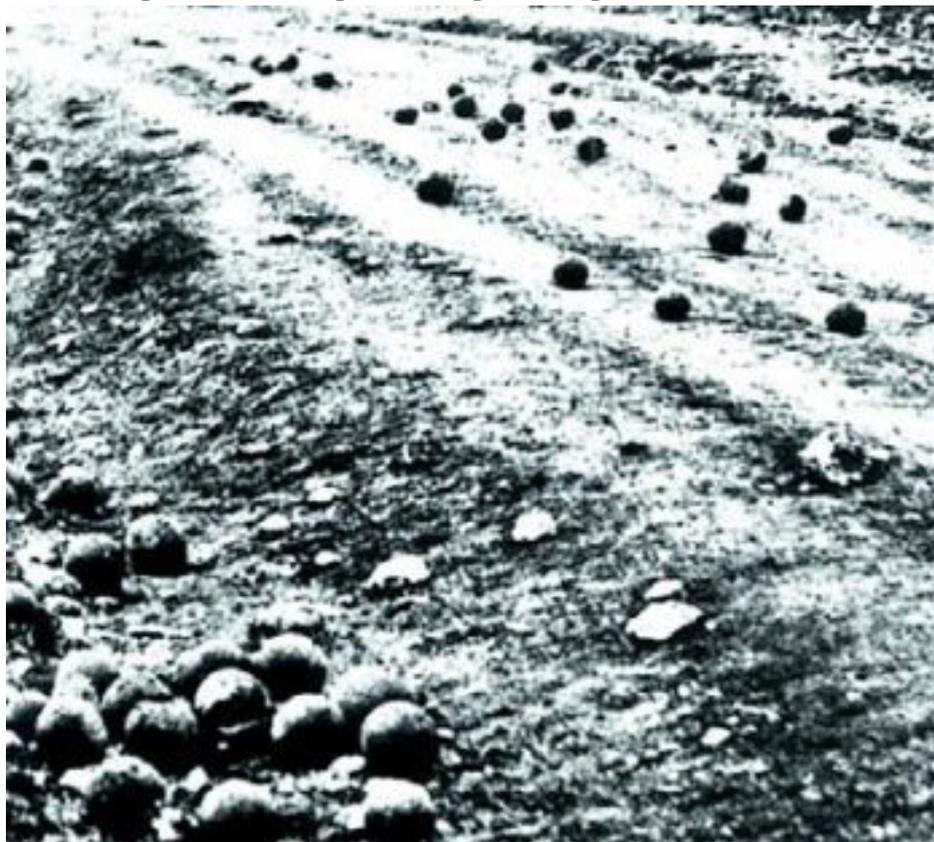




Рис. 1.9

Слева – фрагмент дагерротипа времен Крымской войны, сделанного после неудачного для русских войск сражения при Инкермане и патетически названного его автором «Долина смерти и теней». Изобретенная французом Л. Дагером в 1839 г., техника получения изображений основывалась на разложении нестойкого йодистого серебра светом. Процесс получения дагерротипа трудоемок, зато до наших дней дошли объективные свидетельства Севастопольской обороны, а также – частых отказов боеприпасов того времени. Справа – редчайшая находка наших дней: столкнувшиеся в полете более полутора веков тому назад русская и французская пули

Во времена Крымской войны позиции черного пороха казались незыблемыми, хотя специалистам уже были известны и другие способные к громким эффектам вещества с негромкими (пока!) именами. В 1788 г. Гусман, подействовав на индиго азотной кислотой, получил пикриновую кислоту, взрывчатые свойства которой обнаружили позже, а вначале использовали как ярко-желтого цвета краситель для тканей. В том же году Гусман получил и фульминаты, свойства которых сомнений не вызвали, что следует из их хорошо прижившихся (правда, не «химических») названий: гремучее серебро и гремучую ртуть. Как и нитроглицерин, полученный в 1846 г. Собrero, фульминаты взрывались от несильных ударов и чувствительность этих веществ считалась чрезмерной, исключая их практическое применение. По другой причине отвергалось военное применение полученного Шёнбайном при нитрации ваты пироксилина: был он нестойким, медленно разлагаясь из-за упорно сохраняемых следов кислоты. Все же горел пироксилин неплохо и его стали использовать, чтобы зажигать свечи на люстрах...

...И вдруг обнаружилось: нитроглицерин желатинирует пироксилин, образуя «пластмассу», малочувствительную к удару, горящую стабильно и не слишком быстро, а следы кислот в ней можно «обезвредить» добавкой веществ-нейтрализаторов. «Пластмассу» назвали балли-

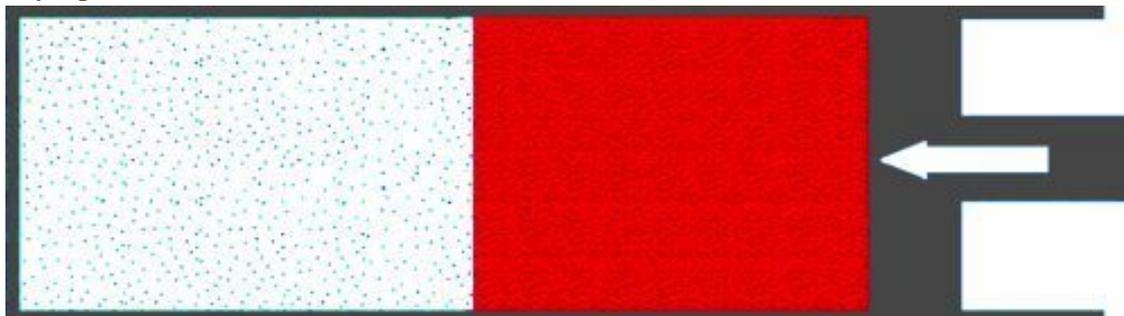
ститом, и она, как и тоже полученный из нитроглицерина и пироксилина, но с добавкой ацетона, кордит, сразу показали свои преимущества перед «черняшкой», потому что:

- содержали баллистит и кордит почти втрое больше энергии;
- давали при сгорании намного больше газов и намного меньше засорявших при стрельбе механизмы оружия твердых остатков.

Стрелять пушки стали дальше и чаще. Выстрел обеспечивал известный процесс – горение⁸, а вот разрывы новых снарядов – не изученная тогда детонация, которую возбуждал в пикриновой кислоте взрыв гремучей ртути.

Детонация тесно связана с ударной волной (УВ). Ее в XIX веке удалось ощутить немногим: разве что тем, кто выжил после близкого разрыва крупного ядра с зарядом пороха (правда, УВ ослабленную, выродившуюся в акустическую, многие слышали во время гроз).

Движение поршня, как и любое другое, можно представить как последовательность очень малых перемещений. Каждое из них формирует возмущение: чуть-чуть поджимает газ впереди себя и сообщает сжатой массе скорость поршня (рис. 1.10). В этой слабой (акустической) волне, скорость фронта равна скорости звука, но в сжатом газе скорость звука больше, чем в несжатом, и, поскольку дальнейшие возмущения пойдут именно по сжатому, они будут иметь большую скорость. Кроме того, сам сжатый газ движется со скоростью поршня и, следовательно, относительно цилиндра скорость второй волны равна сумме скоростей: поршня и увеличенной – звука. Эта сумма и по давню превосходит скорость первого возмущения, поэтому вторая волна сжатия непременно догонит первую и усилит ее. Но перегнать ее она не сможет, так как для этого ей пришлось бы перейти в несжатый газ, где скорость распространения возмущения опять равна начальной скорости звука. Таким образом, поршень погонит удаляющуюся от него волну сжатия увеличивающейся амплитуды, которая образуется в результате слияния отдельных слабых возмущений. Со временем, количество перейдет в качество: на фронте волны образуется резкий скачок уплотнения, в котором будет расти давление – до сколь угодно больших значений, в зависимости от скорости поршня. Такое резкое, происходящее на расстоянии порядка длины свободного пробега молекул изменение параметров вещества – и называется ударной волной.



⁸ При горении вещество из конденсированного состояния переходит в газообразное, а в газообразных продуктах (в так называемой зоне горения) происходит химическая реакция с выделением тепла. Скорость горения определяется процессами диффузии и теплопроводности.

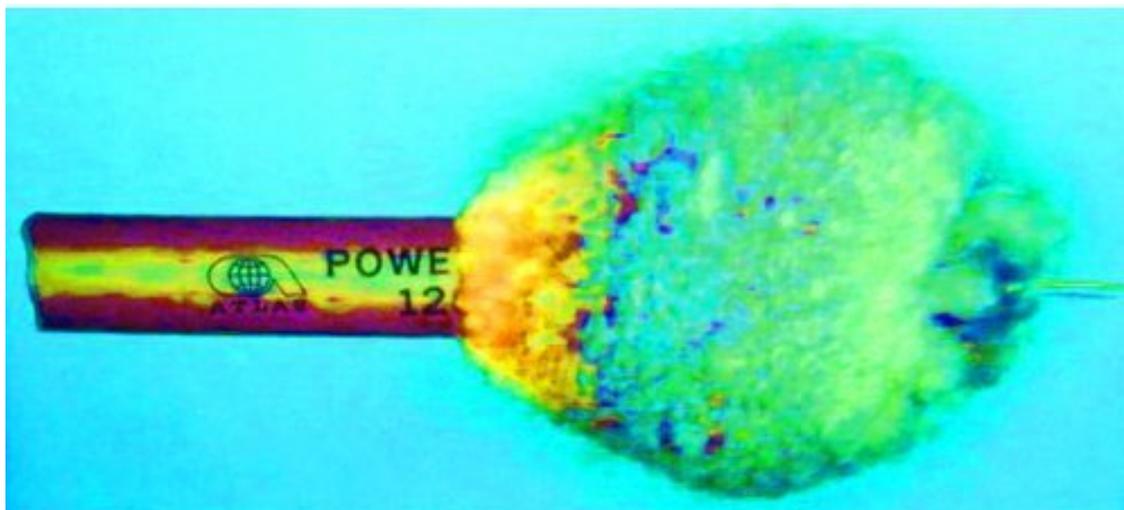


Рис. 1.10

Вверху: образование ударной волны поршнем, вдвигаемым в цилиндр с газом (в «красной» области – ударно-сжатый, нагретый и более плотный газ). Внизу: ударно-волновой процесс в конденсированном веществе. Срабатывание электродетонатора (его провода видны в правой части снимка) привело к формированию в заряде динамита ударной волны, за которой последовала химическая реакция (произошла детонация этого мощного взрывчатого состава)

В сформировавшейся УВ все параметры связаны взаимнооднозначным соответствием. Иными словами: для идентичных начальных условий невозможно сформировать волны, например, с одинаковыми скоростями, но разными давлениями во фронте или температурами. Это существенно упрощает многие эксперименты: достаточно измерить скорость или любую другую характеристику УВ – и остальные ее параметры можно определить по таблицам. Правда, подобное справедливо лишь для однократного ударного сжатия вещества. Если же оно сжимается несколькими волнами – тут возможны варианты.

УВ не только сжимает, она также и нагревает вещество, из-за чего плотность сжатого вещества не становится сколь угодно большой при неограниченном росте давления, а стремится к конечному пределу (воздух, например, сжимается не более чем в 6 раз). Предел ударного сжатия существует и для конденсированных веществ, а, поскольку сжатие конечно, массовая скорость вещества (скорость поршня) всегда меньше скорости фронта (рис. 1.11).

Но все это относится к субстанциям инертным, а ведь есть и такие, распад метастабильных⁹ молекул которых происходит с выделением энергии. Достаточно мощная УВ как раз и инициирует этот процесс: за ударным фронтом, в нагретом веществе начинается химическая реакция. Вначале энергией этой реакции фронт «подпитывается», ускоряясь, затем устанавливается равновесие. Такой процесс называется детонацией, а установившаяся скорость УВ и химической реакции за ее фронтом – скоростью детонации, которая была для XIX века поистине невероятной – 7,2 км/с (для пикриновой кислоты плотностью 1,6 г/см³).

⁹ То есть устойчивых относительно, могущих распасться при незначительном внешнем воздействии, в данном случае – нагреве.



Рис. 1.11

«Карандашная» иллюстрация сжатия вещества в УВ. Моделируется «воздушный» врыв и УВ распространяется сверху вниз. Пусть сжатие – двукратное, тогда в невозмущенном веществе зазоры должны быть равны толщине карандашей (так расположены карандаши зеленого цвета, имитирующие невозмущенное вещество). Начнем двигать верхний карандаш. Выбрав зазор, этот карандаш толкнет соседний, тот, пройдя зазор, – следующий и т. д. «Ударное сжатие» привело к смещению карандашей, захваченных процессом, «повышению плотности вещества». При этом «фронт» процесса (граница области, где находятся карандаши без зазоров между ними) всегда опередит любой из двигающихся карандашей. Чем больше сжатие (больше расстояние между карандашами), тем меньше различаются массовая скорость и скорость фронта, но отличие существует всегда. Цветами карандашей автор попытался проиллюстрировать и температурный профиль волны

Понятно, что термодинамические характеристики вещества изменяются при протекании в нем реакции, но явление детонации вполне возможно описать в рамках теории **УВ: скорость детонации относительно продуктов реакции равна местной скорости звука в продуктах реакции** (запомним это!).

УВ как явление, вызывающее детонацию, упомянуто не случайно, именно таков основной механизм инициирования бризантных (дробящих) взрывчатых веществ (ВВ), таких как пикриновая кислота. Назвали их дробящими потому, что плотность кинетической энергии газов образованных детонацией столь высока, что они дробят преграды на множество осколков и метают их с большей скоростью, чем взрыв «черняшки». Однако если небольшое количество бризантного ВВ поджечь, то, не находясь в ограниченном объеме, оно сгорит куда менее энергично, чем чёрный порох. Правда, горение может перейти в детонацию, если сопровождается повышением давления (как это было, например, на атомной подводной лодке «Курск», где герметичное зарядное отделение торпеды нагревалось пламенем горящего двигателя другой торпеды). Существуют и такие вещества, в которых переход горения в детонацию даже вне замкнутого объема весьма быстротечен. Такие ВВ (например, те же фульминаты) называют инициирующими. В нужный момент в них возбуждают детонацию – огневым или ударным импульсом – а далее они возбуждают тот же процесс в бризантных ВВ.

В отличие от инициирующих, бризантные ВВ считаются (и *почти* справедливо) нечувствительными к механическим воздействиям: когда отказывают взрыватели¹⁰, как правило, взрывов не происходит в снарядах, ударившихся о броню (рис. 1.12) и отлетевших от нее, в бомбах, сброшенных летящим на околозвуковой скорости самолетом и расколовшихся при ударе об угол здания. Однако редчайшее стечение обстоятельств может привести и к совершенно иным последствиям.



Рис. 1.12

Экспонат военного музея в Вене: бронеколпак времен Первой мировой войны, снятый с австрийского оборонительного сооружения. Снаряд, попавший ближе к вершине, разорвался: об этом свидетельствуют радиальные «лучи», расходящиеся от вмятины. А вот у снаряда, вмятина от попадания которого видна левее, вероятно, отказал взрыватель

Реакция в ВВ начинается в микроскопических очагах разогрева (горячих точках), например – в воздушных включениях (рис. 1.13).

¹⁰ Не только. Стрельба «на рикошетах» ведется на настильных траекториях и с установкой взрывателей на замедление. Отразившись (рикошетировав) от грунта, снаряд затем набирает высоту и разрывается в воздухе. Такая стрельба менее точна, зато поражение целей осколками более эффективно. Аналогично выполняется и низковысотное бомбометание – штурмовыми бомбами прочной конструкции.



Рис. 1.13

Возникают локальные перегревы и при течении, трении, переламывании или деформации (рис. 1.14).

При быстром сжатии, температура в пузырьках воздуха в жидких ВВ или промежутках между кристаллами спрессованного ВВ выше, поскольку теплоемкость воздуха меньше, чем у окружающего их конденсированного ВВ. Для опыта, иллюстрирующего это явление, понадобится капля эфира, старый шприц и молоток. Наберем каплю эфира в шприц, а затем ударим молотком по поршню (побережь пальцы!) – и увидим фиолетовую вспышку его паров. Говорят, что таким способом американские солдаты добывали огонь в джунглях Вьетнама. Понятно, эфира у них не было, но нагрев воздуха приводил к тлению кусочка высушенного угля. Правда, как ни старался автор, повторить этот трюк ему не удалось

.. Если у читателя есть возможность получить щепотку охотничьего зернёного черного пороха – пусть попробует перетереть ее в фарфоровой ступке, перед тем защитив глаза очками. При перетирании будут слышны негромкие потрескивания, ощущаться легкий запах серы, а в сумерках – видны неяркие вспышки между ступкой и пестом. Это – «сигналы» от небольших скоплений горячих точек, образовавшихся при дроблении зерен и трении. Реакции в очагах малых размеров затухают: теплоотвод превышает тепловыделение. Чтобы реакция стала самоподдерживающейся, должна случайно возникнуть концентрация большего количества горячих точек вблизи друг от друга. Когда воздействие на ВВ мощное – в таких центрах зарождения реакции нет недостатка и детонация начинается гарантированно. А вот если воздействие слабое, то инициирование горения или детонации будет вероятностным.

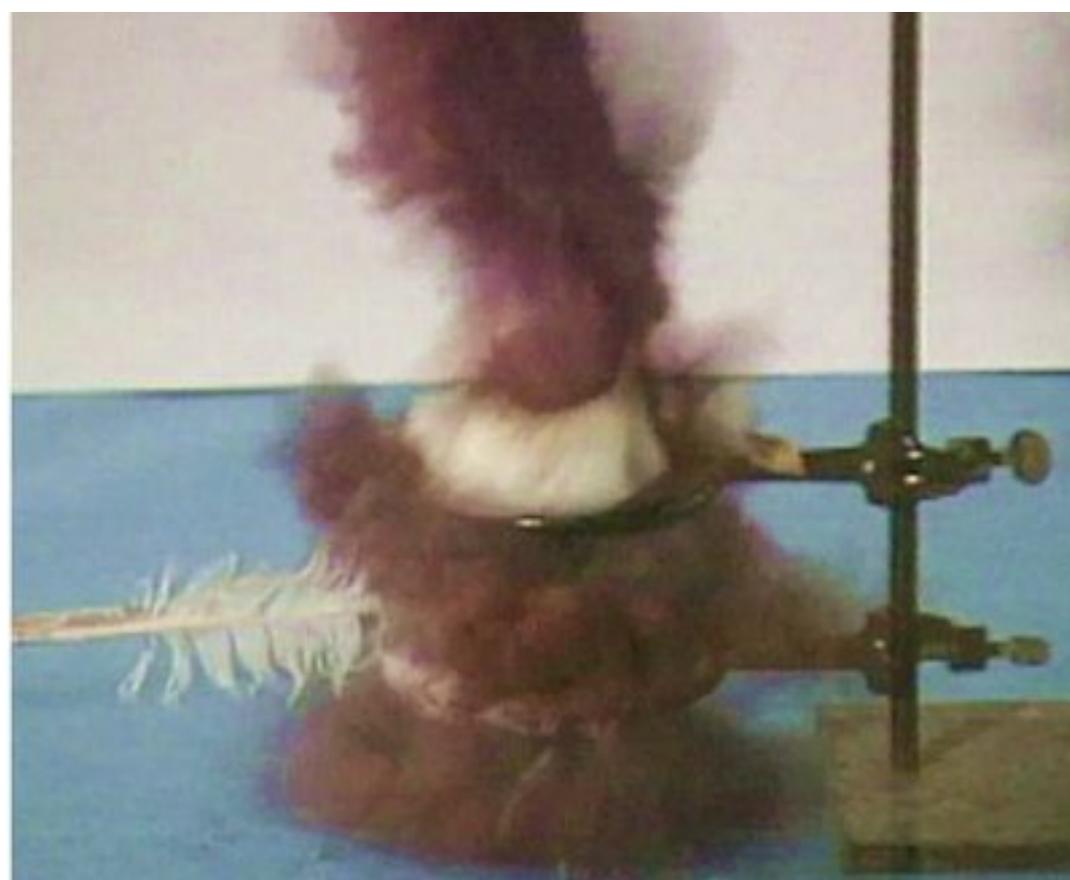


Рис. 1.14

Йодистый азот – одно из самых чувствительных взрывчатых веществ. Касание нижнего образца птичьим пером привело к появлению горячих точек при переламывании длинных и хрупких кристаллов ВВ и возникновению детонации. Расположенный выше образец йодистого азота отделен от взорвавшегося значительным воздушным промежутком, но детонацию вызвала сформированная в воздухе первым взрывом ударная волна. Промышленно синтезируемые ВВ, конечно, не так чувствительны, как йодистый азот: чтобы инициировать в них детонацию, давление в ударной волне должно превышать 20 тысяч атмосфер

В воспоминаниях В. Цукермана – участника создания советского ядерного оружия – описан случай, когда на испытательной площадке «ни с того, ни с сего» загорелся (а мог бы и сдетонировать!) большой шаровой заряд ВВ. Была сочинена скрыто-издевательская объяснительная записка: над зарядом, мол, пролетела и погадила птичка и та капелька послужила линзой, сконцентрировавшей солнечные лучи. На самом-то деле заряд просто неуважительно «тронули», но участники опыта предвидели, что сладчайшую возможность, грозно насупив брови, задать дурацкий вопрос: «Вы отдаете себе отчет о последствиях, если такое случилось бы с ядерным зарядом?!» руководящие товарищи не упустят – и направили грозу на «птичку». Перед принятием на вооружение все взрывчатые составы проходят испытания прострелом пуль и в огромном числе таких опытов не загораются и не детонируют, но вот, случается...

Участвовал и автор в работе комиссии, расследовавшей похожий случай. Охранявший склад часовой сумел отключить сигнализацию, демонтировал технологическую крышку на боевой части ракеты и штык-ножом наколупывал ВВ для дембельской «рыбалки». Что все было именно так – стало ясно, когда нашли осколок штык-ножа: на нем были следы течения стали, а такое могли сделать только сжатые до чудовищного давления газы близкой детонации...

Ясно, что если температура ВВ повышена, то и для создания очага реакции необходимо меньше горячих точек – чувствительность ВВ возрастет. Ну а если понизить температуру ВВ? В 70-х годах был разработан метод разминирования, предусматривавший охлаждение взрывоопасного предмета жидким азотом. Охлажденное устройство можно было «разобрать», постукивая по нему молотком (при таких температурах и металлы очень хрупки).

А при нормальной температуре – можно ли понизить чувствительность ВВ? Для этого надо удалить воздушные включения – области концентрации горячих точек. После прессования, под большим давлением и при высокой температуре, в присутствии небольшого количества растворителя, мощная взрывчатка (гексоген) приобретает плотность, близкую к плотности монокристалла, и становится полупрозрачной. Коллега автора выточил из «агатированного» ВВ пепельницу и любил гасить в ней окурки, сообщая посетителям, из чего пепельница сделана и наслаждаясь произведенным впечатлением. Автор отнесся к хвостовству «гусара» неодобрительно.

... Кроме детонации с постоянной скоростью, возможны и нестационарные режимы. Сходящиеся детонационные волны (цилиндрические, сферические) ускоряются по мере уменьшения радиуса. На достаточно малых радиусах энергия химической реакции вообще перестает играть существенную роль, и возрастание параметров сжатия определяется только геометрическим фактором. Кстати, именно в сферически-симметричном случае возможно достижение экстремальных состояний вещества, хотя часто от даже имеющих дипломы технических вузов приходится слышать, что для получения наибольшего давления следует организовать «лобовое» столкновение тел. Видимо, тут сказывается юношеский опыт игры в футбол, при которой лобовые столкновения происходят часто, а сферически-симметричные – никогда.

Исторически сложилось так, что термин «волны» используется для обозначения многих явлений, в природе которых общего мало (рис. 1.15). Движение вещества при взрывных

процессах подчиняется уравнениям гидродинамики, названию которых тоже не всегда соответствует область их применения: ими описываются не только движения жидкости (откуда и «гидро»), они используются для решения очень многих задач. Возможно, одной из причин внедрения «волновой» лексики послужило то, что, например, процессы отражения УВ имеют сходство с волновыми. Натолкнувшись на твердую преграду, УВ может «отразиться» либо приобретя дополнительное сжатие (рис. 1.16), либо испытав разрежение вещества (вроде как с «потерей фазы»).



Рис. 1.15

Движения вещества в морских и ударных волнах различны. Если выделить небольшую массу воды вблизи поверхности чудно окрашенного тихоокеанским закатом моря, то окажется, что в волне прибоя ее траектория напоминает эллипс или окружность, а плотность не меняется. В ударной волне вещество движется только в направлении распространения волны, вначале увеличивая свою плотность, а затем (если волну не поджимает какой-либо поршень) устремляется в обратном направлении, снижая при этом плотность (в так называемой фазе разрежения или разгрузки). В других главах книги речь пойдет о волнах электромагнитных, совсем уж на морские не похожих – распространяющихся со скоростью света колебаниях напряженности электрического и магнитного полей

Критерием того, по какому сценарию это произойдет, является ударно-волновой импеданс – произведение плотности вещества на скорость звука в нем. Если преимущество в ударно-волновом импедансе за веществом преграды, отражается дополнительно «поджатая» волна, от преграды с меньшим импедансом – разреженная, но в любом случае веществу преграды будет передан импульс и оно начнет двигаться по направлению распространения УВ.

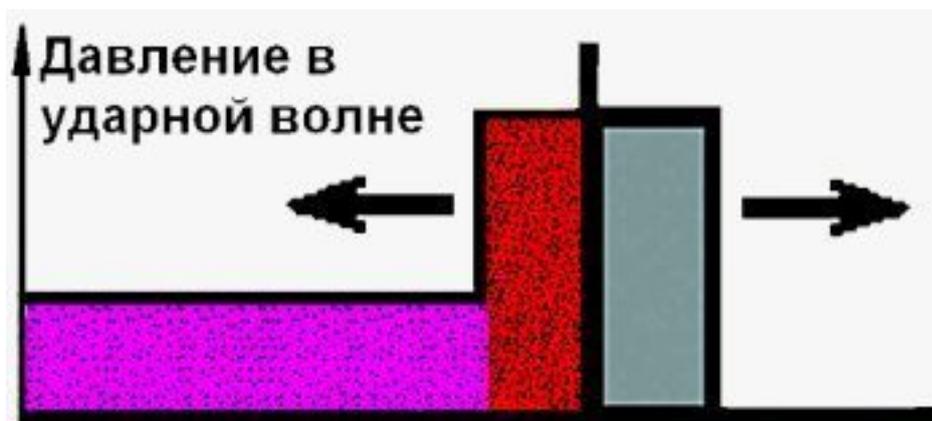
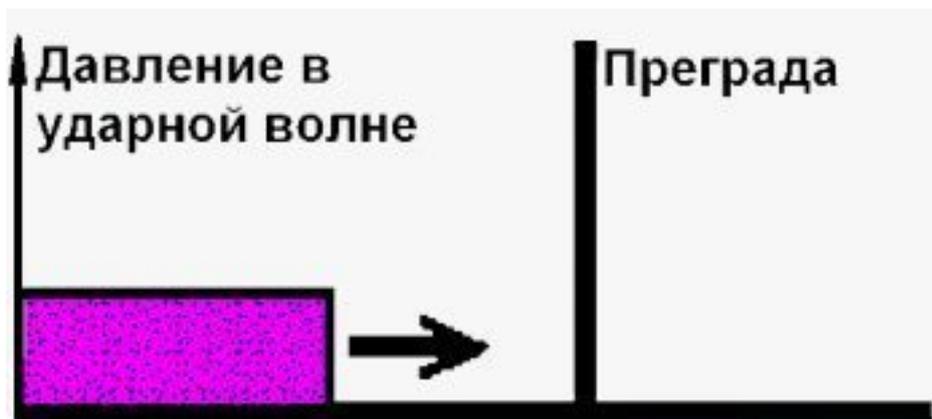




Рис. 1.16

Вверху: отражение ударной волны от преграды с большим ударно – волновым импедансом, чем у вещества в волне. В этом случае в отраженной волне возрастает не только давление, но и плотность вещества может превысить максимально достижимую при однократном ударном сжатии. Нижняя кинограмма: продукты детонации заряда ВВ цилиндрической формы, расширяясь, наталкиваются на преграды. В месте столкновений газ светится ярче, потому что там выше его температура. Газы взрыва «перехлестывают» через преграду, что действительно напоминает морской прибой, но это – не ударная волна, а движение массы вещества, плотность которого выше плотности окружающего воздуха. Ударная волна образуется впереди этого массопотока, из воздуха, сжимаемого им

Чем более массивна преграда, тем большую кинетическую энергию она приобретет в результате воздействия ударной или детонационной волны. Сообщение энергии оболочке заканчивается на некотором расстоянии от заряда (теоретически – пока давление продуктов взрыва существенно, а практически – на расстоянии, равном нескольким характерным размерам заряда).

Кстати, а те же пороха, от которых требуется только горение в зарядной камере орудия (и при весьма высоких давлениях!) – могут ли детонировать?

Запросто: это было продемонстрировано после Первой мировой войны, когда оставшийся порох использовали при прокладке туннелей в Альпах. Все дело в мощности инициатора детонации: если она достаточна, могут «сыграть» не только пороха, но и вещества вообще взрывчатыми не считающиеся, например – удобрение из смеси нитрата и сульфата аммония. В 1921 г. на заводе в Германии скопилось огромная его гора, соли слежались, по мере надобности их куски откалывали небольшими взрывами. Когда же поступил крупный заказ, вес «откалывающих» зарядов значительно увеличили и сработали все 4500 тонн, совершив похожее на то (рис. 1.17), что произошло спустя более чем два десятилетия в Хирбшиме.

Хотя взрыв такой смеси происходит с выделением сравнительно небольшой (на единицу ее объема) энергии, детонация стала возможной не только из-за мощного инициатора, но и из-за размеров заряда, который, в соответствии со сформулированным в середине XX века Ю.

Харитоню критерием, должен превышать произведение скорости звука в веществе на время его разлета.



Рис. 1.17

Последствия взрыва на заводе минеральных удобрений в германском Оппау. На фоне разрушенных цехов – воронка длиной 165 м, глубиной 19 м и шириной 95 м

...Однажды автору довелось разьяснять процесс образования ударных волн школьнице: на нее произвел известное впечатление близкий грозовой разряд (рис. 1.18). Выслушав и рассмотрев рисунок, она задала каверзный, но свидетельствовавший о понимании проблемы вопрос: «А почему поезд метро в тоннеле не делает волну?» Быть может то, что беседовали мы на немецком, помешало мне рассказывать понятно и занимательно – девушка переключила свое внимание на другие обстоятельства. Что ж, постараюсь быть более убедительным в письменных объяснениях.

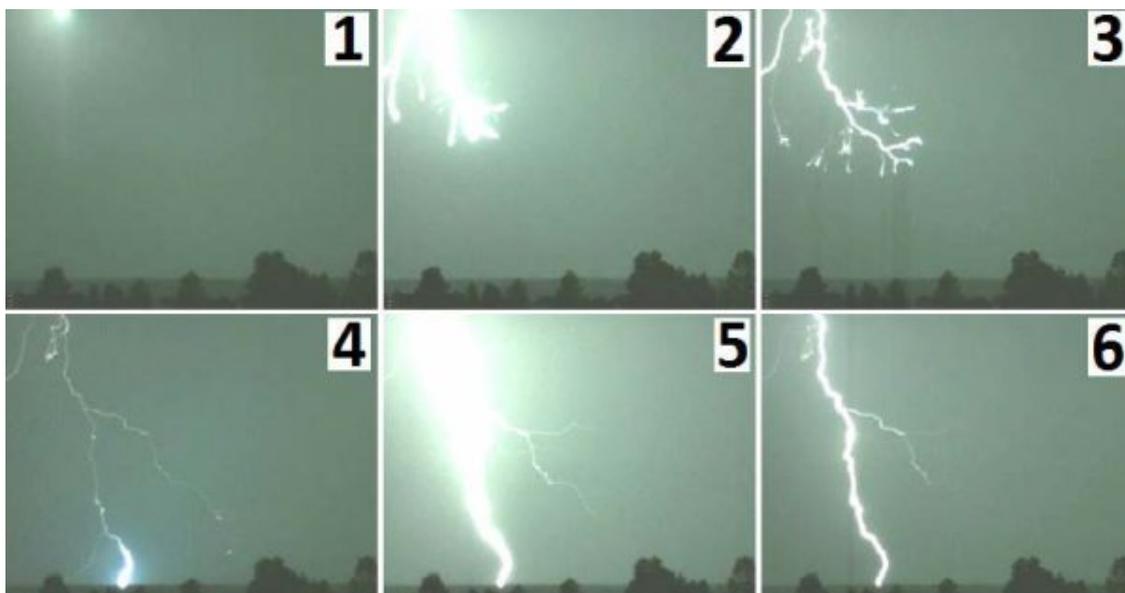




Рис. 1.18

Разряды молнии на землю чреватые катастрофами. Так, в 1769 г. молния попала в церковь Сен-Назера (Брешия, Италия), где хранилось 100 тонн черного пороха. Взрыв разрушил шестую часть домов города и унес жизни трех тысяч человек.

Молекулы воды – связки «положительного» водорода и «отрицательного» гидроксила (ОН). Их можно разделить механически, при соударениях, что и происходит в воздушных потоках. В грозовом облаке разделяются очень большие заряды – до тысячи кулон. Когда напряженность электрического поля между грозовым облаком и землей превышает пробивную, электроны приобретают энергию, достаточную для ионизации (это происходит вблизи облака, потому что на высоте плотность молекул ниже и электроны разгоняются дольше, приобретая большую энергию). Так формируется светящийся плазмоид – лидер (кадр 1). Носители заряда движутся по направлению поля, образуя проводящий канал и увеличивая при этом напряженность. Рост напряженности приводит к появлению и других лидеров, «разветвляющих» разряд (кадры 2–3). Там, где один из лидеров оказывается наиболее близко к земле, напряженность возрастает настолько, что происходит встречный пробой, вызванный носителями противоположного знака (кадр 4). Далее ток (сила которого может достигать миллиона ампер) протекает по сформированному плазменному каналу с температурой в десятки тысяч кельвинов, где многие атомы при высокоэнергетичных столкновениях лишались своих электронов (кадр 5). Расширение канала приводит к охлаждению плазмы, рекомбинации (воссоединение носителей электричества разных знаков) и ослаблению ее свечения (кадр 6). На снимке справа – разряд молнии, спровоцированный длинным металлическим стержнем, выступающим над грунтом. Ток протекает не только по стержню: произошли многочисленные разряды в воздухе, образовавшие «канат». В образованной расширяющейся плаз-

мой ударной волне температура уже недостаточна для ионизации, происходит лишь возбуждение атомов (переход их электронов на более высокие энергетические уровни). При дальнейшем охлаждении и возвращении атомов азота в основное состояние испускаются кванты «голубого цвета» (области испускающего характерное свечение воздуха отмечены стрелками). «Удар по ушам» УВ от близкого разряда молнии весьма ощутим. На других фотографиях читатель увидит и фронт УВ, но, чтобы получить такие снимки, необходимы весьма кратковременная экспозиция и специальная подсветка процесса

Уолтер Лорд написал интереснейшую книгу «День позора» – о налете самолетов с японских авианосцев на базу ВМС США Пёрл-Харбор 7 декабря 1941 г. Лорд опросил ветеранов, рассказавших ему об «ужасных, раздиравших уши и легкие» взрывах японских бомб и торпед. Вес ВВ в каждой такой бомбе или авиационной торпедой – сотня-другая килограммов, но вот как описали очевидцы гораздо более мощный взрыв на линкоре «Аризона» (рис. 1.19):

«Бомба попала в палубу у башни № 2 главного калибра, пробилась полубак и, взорвавшись внутри корабля, вызвала детонацию зарядов в боевых погребах. Огромный столб огня и дыма взметнулся вверх метров на 200, принимая форму огромного гриба. Грома взрыва почти не было. Свидетели говорят, что услышали что-то более похожее на гигантский вздох, нежели на гром. Грома не было, но ударная волна была ужасной. Она заглушила мотор на пикапе авиационного оружейника Харранда Квисдорфа, ехавшего по дороге к острову Форд¹¹.»



¹¹ Судя по карте – более чем в километре от места швартовки «Аризоны».





Рис. 1.19

Американский линкор «Аризона»: на написанной перед войной картине и снятый любительской камерой 7 декабря 1941 г. в Пёрл-Харборе

В этом описании всё станет на места, если заменить «детонацию зарядов» на «горение *сотен тонн* пороха»: бомба, вероятно, взорвалась чуть в стороне от пороховых зарядов и не возбудила в них детонацию, а подожгла осколками. Образовавшиеся при горении газы, которые после полного расширения заняли объем *около миллиона кубометров*, сформировали УВ, но не вблизи линкора, а на удалении в километр и более от него. Оружейнику Харранду Квисдорфу УВ наверняка сильно ударила по ушам, да и находившимся от «Аризоны» значительно дальше, чем он, скорее всего уже не показалось, что «грома не было».



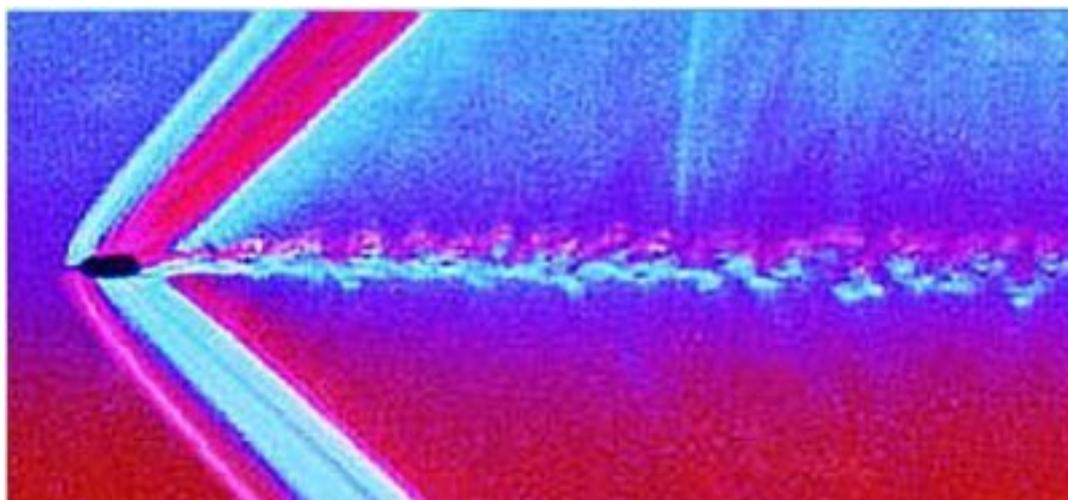




Рис. 1.20

Вряд ли кто-либо заподозрит, что древний биплан с поршневым двигателем и неубирающимся шасси преодолел звуковой барьер. Поджать (очень незначительно) воздух перед собой ему удалось, но ударная волна со скачком плотности не образовалась. Но за сжатием воздуха следуют его разрежение и охлаждение, и конденсация паров воды сделала эту часть течения видимой (верхний левый снимок).

Конструкция и тяга двигателей стратегического бомбардировщика В-52 не позволяют и ему достичь сверхзвуковой скорости, хотя летит он, конечно, быстрее биплана и зоны конденсации образуются за каждой выступающей деталью (справа).

Палубный истребитель F-14 предназначен для воздушного боя на сверхзвуковых скоростях, его крылья изменяемой геометрии сложены, а двигатели работают так, что там, где газы их выхлопа достигают моря, вздымаются огромные столбы воды. Но и он пока не преодолел

звуковой барьер – иначе воздух не успевал бы расступиться перед истребителем и сжимался бы им в область конической формы, со значительной плотностью и резкой границей. Такой «конус» стал бы видимым и «сел» бы на носовую часть самолета – так, как это случилось с летящей со сверхзвуковой скоростью пулей (слева внизу).

Из-за скачка плотности воздуха, ударную волну можно, увидеть, так как с увеличением плотности растет и показатель преломления, что вызывает смещение лучей света. Скачок уплотнения выглядит, как чередующиеся полосы большей и меньшей освещенности. Снимок пули сделан в 70-е годы XX века, а методы теневой съемки были детально разработаны германскими учеными в годы Второй мировой войны. Из теории ударных волн следует, что образуются они не только в носовой части летящего тела, но и на его оконечности. Мы слышим двойной хлопок головной и хвостовой ударных волн от пролетевшего со сверхзвуковой скоростью самолета, потому что его длина достаточно велика и волны возможно различить. Ударных волн от летящей пули – тоже две (одна «сидит» на головной части, другая образуется за хвостовой), но размеры пули на три порядка меньше, чем самолета, и наш орган слуха их не различает

Сформируется ли УВ и если да, то как близко к движущемуся телу, зависит от скорости тела и от того, насколько сжимаемому воздуху позволено «растекаться», сбрасывая избыточное давление. Летящий с небольшой скоростью биплан (рис. 1.20) воздух перед собой, конечно, слегка уплотняет, но не формирует ударную волну с резким скачком плотности, который было бы видно на носу машины. Другое дело – пороховые газы, вырвавшиеся из «Аризоны»: они расширились во всех направлениях, так что сжато у них фронте воздуху просто некуда было деваться – ему оставалось двигаться по нормали к фронту, поджимая все новые слои. Да и то, по нашим оценкам, такое течение привело к формированию УВ за тысячи метров от взрыва.

Если скорость движения превышает звуковую – УВ образуется, даже если воздух вокруг ничто не ограничивает (рис. 1.21): он просто «не успевает расступиться» и сжимается перед столь быстро летящим телом или движущимся газом. «Хлопки» самолета, пролетевшего со сверхзвуковой скоростью – выродившиеся на большом расстоянии в акустические, не способные ничего сломать или передвинуть ударные волны. Образуют «терзающую легкие и уши» ударную волну выстрел и детонация – потому что газы и в том и в другом случае движутся быстрее звука. На рис. 1.22 видно, что стрелок защитил свои уши от неприятного воздействия ударных волн. Тот же эффект дал бы и глушитель. Ну а чтобы сделать «молчаливой» гаубицу, для «гашения» куда большей, чем у револьвера, энергии ее газов, требуется и глушитель соответствующих размеров.

В метро поезд движется намного медленнее, чем расширились пороховые газы, вырвавшиеся из «Аризоны», и уж тем более медленнее, чем газы детонации японских бомб и торпед. Мешают образованию ударной волны и помещения станций: в них, как в глушителе, «расплывается» воздушный поток. Так что ударной волны в метро можно не опасаться: длина тоннелей для этого недостаточна, хотя начальная фаза течения газа формируется: перед прибытием поезда стоящие на платформе ощущают «ветер» своими лицами...

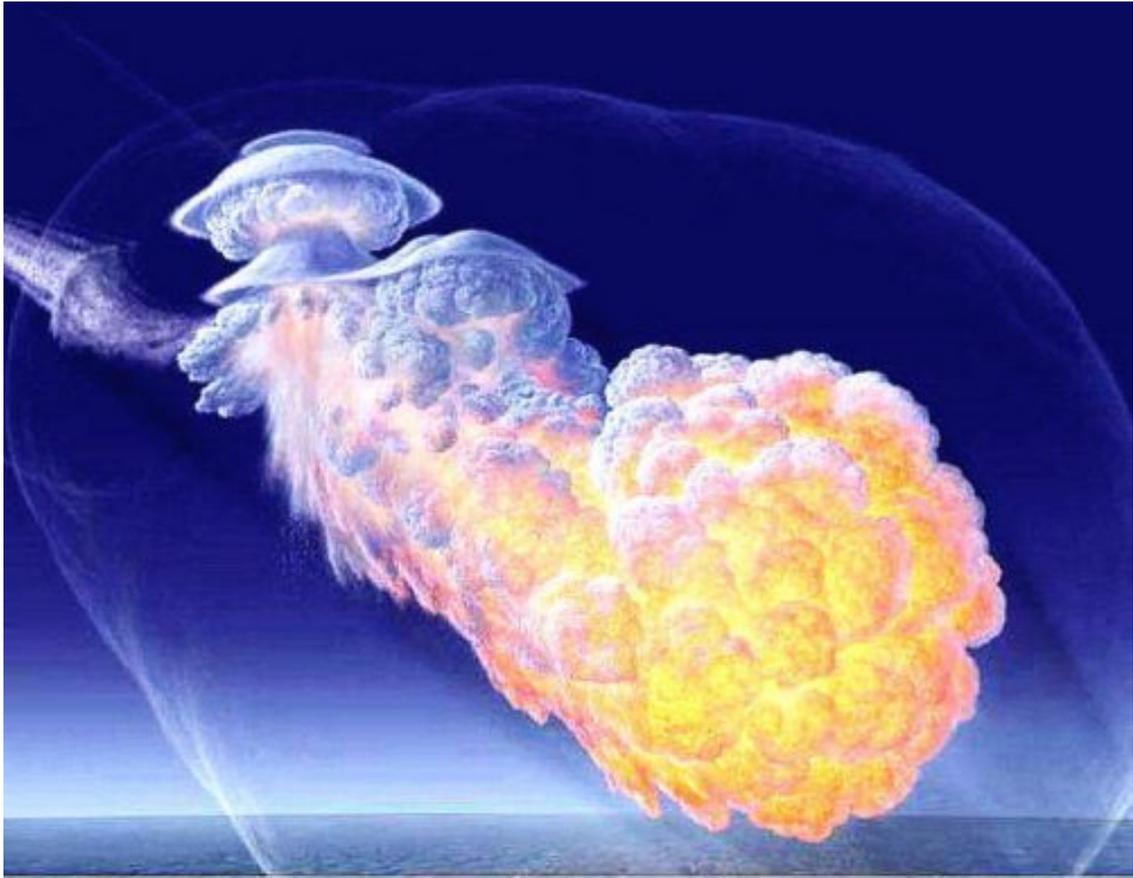


Рис. 1.21

Ударные волны возникают не только благодаря деятельности человека. Вверху: компьютерная реконструкция Тунгусской катастрофы, произошедшей над сибирской тайгой в 1908 г. Метеорит (точнее – метеороид) представлял собой ядро неплотного льда весом порядка миллиона тонн. В правой верхней части рисунка видно, что еще при полете ядра в сравнительно разреженном воздухе образовалась УВ (конус ее справа вверху). При входе в более плотную

атмосферу, выделение тепла стало столь интенсивным, что метеороид взорвался, сформировав более мощную и иной формы УВ, которая свалила и сожгла лес на площади более 2000 кв. км. Размеры «бурелома» позволили спустя полвека оценить энерговыделение процесса: оно оказалось таким же, как и при взрыве 20 миллионов тонн тринитротолуола. Внизу: после взрывного извержения курильского вулкана Пик Сарычева, в нагретых прошедшей ударной волной облаках конденсированные частицы воды вновь превратились в прозрачный пар, благодаря чему появилось «окно», через которое из космоса и было сфотографировано явление. Известный человечеству рекорд взрывного энерговыделения, произошедшего на поверхности Земли принадлежит вулкану Кракатоа: при извержении 1883 г., он был оценен, как эквивалентный пяти миллиардам тонн тринитротолуола. В воздух при этом было выброшено около 6 кубических километров пепла, а выродившаяся в акустическую ударная волна была слышна на удалении 4800 км.

Читатель наверняка заметил, что автор забежал вперед – стал приводить примеры, совсем не из того времени, когда бризантные ВВ и бездымные пороха «выходили на арену». Верно: теория ударных и детонационных волн стала достаточно полной лишь к середине XX века. До того взрывы исследовались методом «втыка» – все подбиралось опытным путем, потому что не было приборов для измерения характеристик длящихся ничтожные мгновения явлений, а без численных значений величин любая теория бесполезна. Гидродинамика в то время изучала объекты, область применения которых более соответствовала названию этой науки (рис. 1.23).

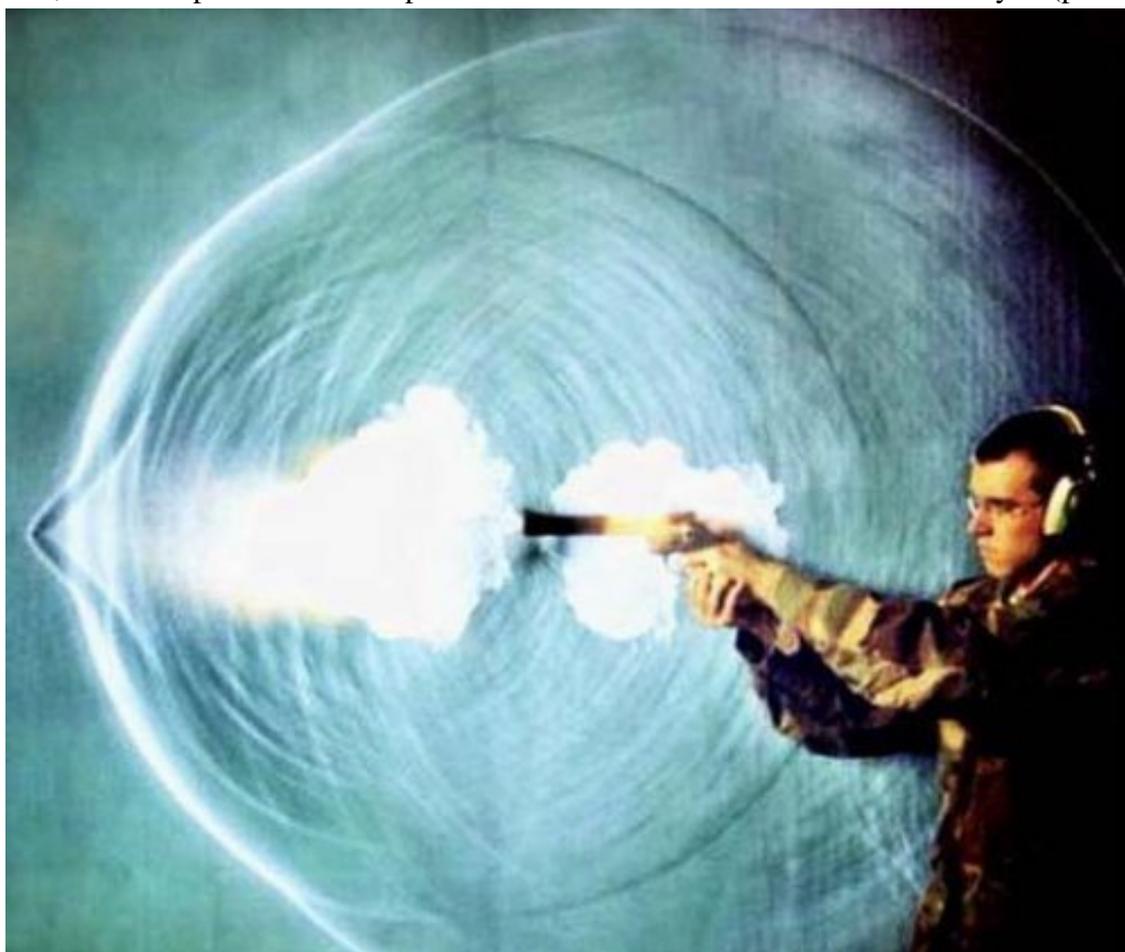




Рис. 1.22

Слева – выстрел из револьвера «Магнум» и образование при этом ударных волн. Внешняя, сферическая сформирована воздухом, вытесненным из ствола пулей, а внутренняя, также сферическая – пороховыми газами, вырвавшимися из ствола; конические ударные волны образованы летящей пулей. Плотность энергии внешней волны убывает с расстоянием, УВ замедляется. Видно, что впереди стрелка внутренняя УВ догнала и усилила внешнюю, заставив ее двигаться быстрее. Скорость ударной волны *всегда превышает скорость звука в невозмущенной среде, где она распространяется*, и обгоняет УВ звук тем заметнее, чем выше давление в ее фронте. Если это давление незначительно, то такую волну называют вырожденной: она мало чем отличается от акустической. В центре: глушитель, укрепляемый на стволе, значительно ослабляет звук выстрела: пороховые газы, сообщив вылетевшей из ствола пуле скорость, далее не расширяются свободно, а «расплываются» в отсеках глушителя: летящая пуля последовательно «открывает» для них все новые отсеки, в каждом последующем из которых давление меньше, чем в предыдущем. Когда пуля вылетает из глушителя, газы выходят из него уже с небольшой скоростью, не образуя ударную волну. Справа: 155-мм самоходная гаубица ведет огонь с использованием глушителя, громкий звук выстрела не демаскирует орудие







Рис. 1.23

Попытки создать «подводные снаряды» предпринимались еще в XV веке, но боевое оружие появилось лишь в 60-х годах XIX века. Торпеды тогда называли «минами Уайтхеда». Левый снимок в верхнем ряду – торпеда системы Бреннана, изготовленная в 1877 году (экспонат музея береговой обороны Гонконга). Винт приводился в движение сжатым воздухом, запасенным в баллоне. К началу Первой мировой войны сжатый воздух стали использовать для сжигания спирта, что существенно повысило энерговооруженность торпед. Германскую, тех времен, обнаружили и подняли со дна в прибрежном районе Средиземноморья в 80-е годы XX века (вверху справа). Корпус торпеды сделан из медного сплава, что и позволило изделию хорошо сохраниться. В центре – 610 мм японская (тип 93) торпеда времен Второй мировой, пожалуй, тогда – лучшая в своем классе оружия. На кислород-керосиновом топливе она развивала скорость до 48 узлов (почти 90 км/час), а вес ее зарядного отделения составлял 780 кг. После Второй мировой при создании торпед полагались более не на мощность заряда, а на точное наведение. Такой была британская электроторпеда «Стингрей» (нижний ряд слева), с эффективной акустической головкой. Однако скачок в энерговооруженности – применение борсодержащего горючего, окислителем которого служит морская вода – заставил отказаться от самонаведения: в реве ракетного двигателя ничего не «слышно». У советской подводной ракеты ВА-111 «Шквал» вместо винта – сопло и она управляется по проводам, зато «летит» сквозь водяную толщу со скоростью 200 узлов

...Торпеды двигались к цели несравнимо медленнее артиллерийских снарядов, да и дальность их уступала дальности морской артиллерии крупных калибров. Корабль, на котором сигнальщики вовремя заметили след приближающейся торпеды, имел неплохие шансы уклониться от попадания. Но, с другой стороны, торпеда набирала скорость уже в воде, а выходила из аппарата медленно, практически не давая отдачи – и потому это оружие могли применять миноносцы, миноноски, катера и прочий малоразмерный, «москитный» флот¹². Такие недометки и подкрадывались: по ночам, используя плохую погоду. Если их торпеда попадала – последствия могли быть фатальными и для крупного корабля (рис. 1.24).

¹² Позже к этой «компании» присоединились подводные лодки и самолеты.

Автор полагает, что вместо нудных рассуждений о колебаниях атомов в молекуле воды, достаточно напомнить об ощущении, которое читатель когда-то испытал, прыгнув в воду и неудачно хлопнувшись при этом на живот. Чтобы разобраться, почему это так, опять возьмем в руки карандаши. Упрям торец одного из них в ладонь, а по другому – хлопнем другой ладонью. Карандаш тотчас и без всяких потерь передаст «принимающей» ладони приложенное усилие, потому что в условиях нашего опыта он несжимаем. Те же ощущения испытает и «хлопающая» ладонь. Повторим опыт, но не с карандашом, а с равной ему по длине полоской поролон – из тех, которыми забивают на зиму щели в окнах. Разница в ощущениях будет обусловлена тем, что поролон сжимаем очень хорошо.



Рис. 1.24

На испытаниях, проведенных в конце XX века, попадание единственной торпеды Mk-48 переломило британский фрегат постройки 60-х годов

Если между карандашами нет промежутков (среда несжимаема) – усилие передастся мгновенно и на сколь угодно большое расстояние¹³. Ударная сжимаемость воды, конечно, не

¹³ Если карандашей вообще нет (среда бесконечно сжимаема) – усилие может передать только ваш двигающийся палец и только при контакте с преградой. Такая ситуация складывается в космосе, где ударная волна не образуется в связи с тем, что вещество весьма разрежено, и даже о мощном взрыве «узнаёт» на достаточно большом расстоянии только по испускаемым им излучениям

нулевая, но она намного меньше, чем воздуха, а потому ударное давление в воде распространяется значительно быстрее (скорость звука в воде почти впятеро выше, чем в воздухе, а ударная волна всегда быстрее звуковой).

Но дело не в скорости фронта, а в том, какая масса вещества вовлекается в ударно-волновое движение, ведь плотность воды превышает плотность воздуха на несколько порядков! Поэтому неудивительно, что поток вещества «продавливает» не только тонкую обшивку бортов торговых судов, но и броню военных кораблей. Чтобы снизить эффект воздействия УВ на подводную часть корабля (рис. 1.25), перед главным броневым поясом устанавливали були противоторпедной защиты (рис. 1.26): за тонким броневым листом – значительный воздушный промежуток, чтобы «разгрузить» в нем ударно-сжатую воду и сохранить в целостности основную броню. Такую защиту устанавливали только на линкорах, но и она спасала от торпед не всегда. На кораблях меньшего водоизмещения противоторпедная защита была менее громоздкой, поскольку считалось, что попаданий им помогут избежать скорость и маневренность.



Рис. 1.25

Испытания стойкости крупных кораблей к подводной ударной волне. Верхний снимок: модельный опыт воздействия ударной волны в воде на авианосец «Констеллейшн» (постройки 60-х годов). ВВ в этом опыте взорвали много (более тонны), но и расстояние до объекта значительно (для сравнения: длина авианосца – треть километра). Нижний снимок: авианосец «Орискани», построенный в годы Второй мировой войны, подобного испытания не выдержал

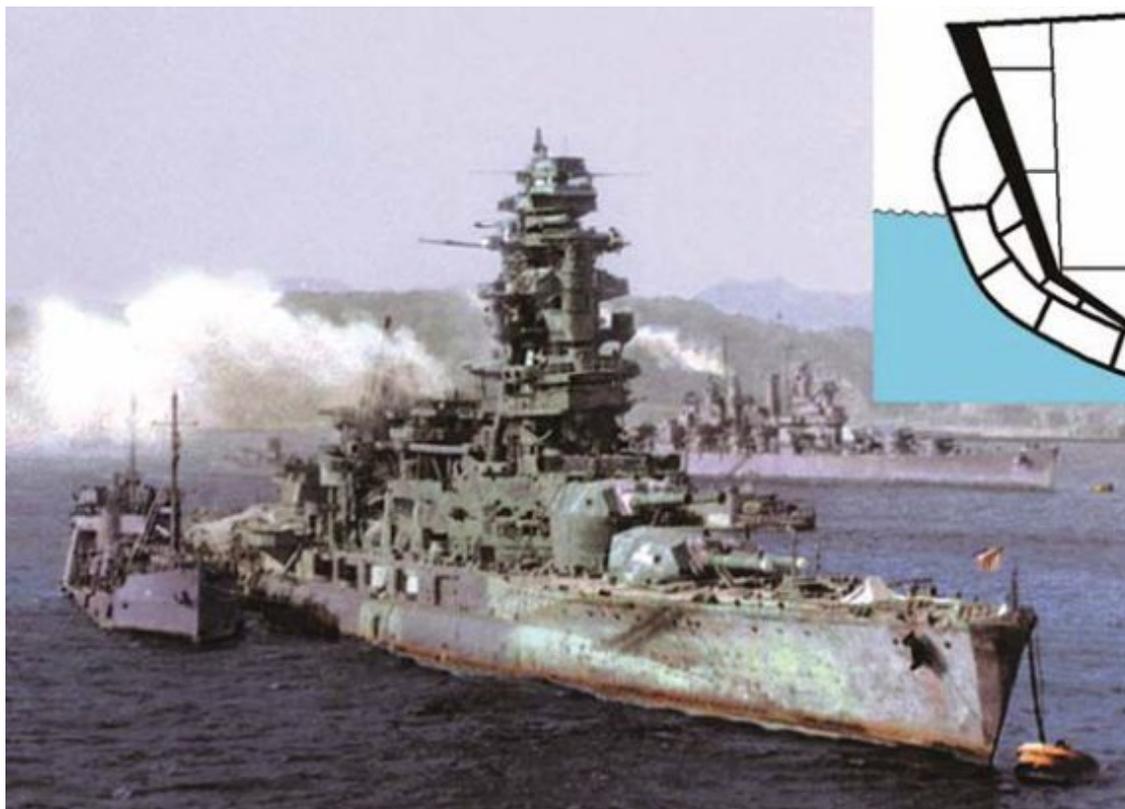


Рис. 1.26

На врезке – типовая схема противоторпедной защиты линейного корабля. На фотографии – японский линкор «Нагато» постройки 1920 г., по правому борту которого виден будь такой защиты. Снимок сделан после капитуляции Японии, 12 ноября 1946 года в порту Йоко-сука, откуда «Нагато» направился к тихоокеанскому атоллу Бикини, не пережив там испытательного подводного взрыва американского ядерного заряда

.. Наряду с гидродинамикой, к концу XIX века достаточно развитой стала и механика, позволившая вполне удовлетворительно описать процесс стрельбы. Орудия наводились уже не на глаз, а имели оптические прицелы (панорамы) и точные механизмы горизонтальной и вертикальной наводки (рис. 1.27). Изменились форма снарядов: они «удлинились» и несли куда больше снаряжения, чем такого же калибра ядра. Ну и конечно, получение высокопрочных, легированных сталей, а, главное, – исследования процесса горения порохов, позволили создать орудия приемлемых весов и габаритов, обладающих подвижностью на поле боя, снизив при этом до минимума вероятность разрывов стволов при стрельбе (рис. 1.28).

Достижения теоретической механики позволили также решить задачу о предотвращении кувыркания снаряда в полете и обеспечить его падение у цели головной частью вперед, чтобы безотказно сработал взрыватель. Для этого имеющимися в канале ствола нарезами снаряду придается вращение при движении, а остальное делает гироскопический эффект (рис. 1.29).





Рис. 1.27

Артиллерийские орудия с внедрением бездымных порохов стали выглядеть изящнее (ср. с рис. 1.5), а главное – стрелять дальше и – поскольку были снабжены оптическими приборами (панорамами) и прецизионными механизмами наводки – точнее. Слева на верхнем снимке – выстрел германской 150 мм полевой гаубицы, ниже – французская 75 мм пушка, объективно – одна из лучших в своем классе, но для решения задач позиционной войны недостаточно могущественная. Русская армия вступила в войну, имея на вооружении в полтора раза больше

трехдюймовых (76 мм) орудий, чем французская – 75 мм. Справа – артиллерийская панорама конца XIX века

Попробуйте толкнуть вращающийся волчок: он не упадет на бок, а станет поворачиваться вокруг оси вращения, всегда – под прямым углом к направлению действия внешней силы. На вылетевший из ствола и делающий около 500 оборотов в секунду снаряд тоже действует сила – сопротивление воздуха – и он поворачивает ось своего вращения. Но сопротивление воздуха действует непрерывно. В том числе – и на уже слегка повернувшийся снаряд. Следствием будет прецессирование снаряда в полете.

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.