

А. Апарин

Звукометрия

Часть 1. Теория звуковой разведки и пристрелка по звуку

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 52
ББК 22.6
А11

А11 **А. Апарин**
Звукометрия: Часть 1. Теория звуковой разведки и пристрелка по звуку / А. Апарин – М.: Книга по Требованию, 2014. – 120 с.

ISBN 978-5-458-28096-9

Рассматриваются история звукометрической разведки в артиллерии и принципы работы звукометрических приборов. Устройство приборов и тактика применения должны были излагаться во второй части. Звукометрическая разведка широко применялась в году Великой Отечественной войны в контрбатарейной борьбе.

ISBN 978-5-458-28096-9

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2014

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2014

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первозданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

ваться над какими-либо специальными видами артиллерийской разведки. Самым актуальным вопросом для командира батареи того времени был вопрос об определении дистанций до целей, в том числе и до батарей противника. На выручку при решении этого вопроса приходили хорошо наметанный за долголетнюю службу артиллерийский глазомер, малые дистанции до цели и иногда карта.

Решение вопроса о направлении батареи в цель было элементарно просто: цель была видна от орудия. С этой точки зрения все было благополучно.

Однако русско-японская война с достаточной убедительностью доказала недолговечность артиллерийских батарей, расположившихся открыто: зачастую такие батареи уничтожались раньше, чем успевали открыть огонь.

Это обстоятельство заставило артиллерию для своего расположения использовать естественные маски, пересеченность местности и учиться стрелять по угломеру, не видя цели от орудия.

Такое положение естественно затруднило и определение дистанций до батарей. В этот период мы видим второй случай применения звука в военном деле и уже не в целях изучения вопросов баллистики, а в целях разведывательных— непосредственно для ведения стрельбы.

Дело в том, что выстрел сопровождается, как известно, двумя явлениями, зарождающимися одновременно,—блеском и звуком, причем наблюдение издали блеска всегда значительно опередит звук, скорость которого по сравнению со скоростью света весьма ограничена. Очевидно, что опережение блеском звука будет тем больше, чем с большей дистанции ведут наблюдения.

Таким образом, если наблюдатель, снабженный секундомером, пустит его стрелку в тот момент, когда заметит блеск выстрела, то очевидно, принимая во внимание колоссальную скорость света, момент пуска стрелки совпадет с моментом зарождения и блеска и звука. Если остановить стрелку секундомера в тот момент, когда наблюдатель услышит звук того же выстрела, блеск которого он видел, то по шкале секундомера он прочтет время, которое звук затратил, чтобы пройти дистанцию от орудия до наблюдателя. Зная время движения и его скорость, легко подсчитать и пройденный путь:

$$D = V \cdot \tau,$$

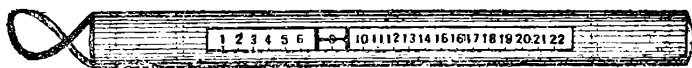
где D — путь или дистанция, V — скорость звука и τ — время, которое звук затратил, чтобы пройти путь D .

Это был первый метод использования звука с разведывательной целью путем непосредственного измерения дистанций в масштабе времени, обусловленном скоростью звука.

К этому же периоду следует отнести и конструирование первого звукометрического прибора, предназначенного для измерения дистанции по звуку. Прибор этот носит название дальномера Буланже по имени своего конструктора.

Дальномер Буланже (черт. 1) устраивался следующим образом:

Стеклянную трубку наполняли жидкостью и снабжали шкалой, на которой наносили деления через каждые 25 саж.; в трубке заключался поплавок,



Черт. 1.

способный под влиянием собственного веса опускаться, когда трубка находится в вертикальном положении.

Плотность жидкости, вес поплавка и деления шкалы подбирались в таком соотношении, что можно было читать дистанцию до звучащей цели в сажениях.

Наблюдатель приводил дальномер в вертикальное положение так, чтобы нуль шкалы был внизу, тогда поплавок опускался и становился против нуля. Заметив слеск выстрела на неприятельской батарее, наблюдатель быстро переворачивал прибор на 180°.

При таком перевернутом положении прибора поплавок начинал опускаться, и движение его продолжалось до тех пор, пока наблюдатель, услышав звук того же выстрела, не приводил прибор в горизонтальное положение. Тогда против остановившегося поплавка оставалось прочесть по шкале дистанцию до цели в сажениях.

Однако все методы непосредственного измерения дистанций до батарей по звуку не могут претендовать на достаточную точность.

Из причин, влияющих на эту точность, упомянем три основные.

Первая, это — непостоянство скорости дульной волны, с которой она проходит дистанцию от места выстрела до наблюдательного пункта. Взрыв пороховых газов дает такой мощный импульс для движения образовавшейся волне, что она в первые моменты после своего образования движется со скоростью, значительно превышающей скорость звука. В последующие моменты эта скорость постепенно уменьшается и, приближаясь к скорости звука, становится равной ей на участке дистанции, иногда значительно удаленном от точки взрыва.

Таким образом, считая скорость движения дульной волны постоянной и равной скорости звука на протяжении всего ее пути, мы неизбежно внесем ошибку в наши определения.

Второй причиной, влияющей на точность определения, является непостоянство скорости реакции человека-наблюдателя не только на различные ощущения, как например блеск и звук, но и на однородные явления. Подробнее об этом будет сказано в главе о звукометрических приборах.

Наконец третья и едва ли не важнейшая причина ошибок, неизбежных при описанных методах работы, это — невозможность отличить дульную волну от балистической, так как ухо человека воспринимает их одинаково.

Кроме этих соображений следует обратить внимание еще и на то обстоятельство, что в условиях современного боя при весьма значительной насыщенности фронта артиллерией трудно с уверенностью сказать, к какому именно звуку выстрела относится замеченный блеск.

Отметим также, что стремление артиллерии сделать свои батареи невидимыми привело к употреблению разного рода пламегасителей для сокрытия блесков выстрелов, а увеличивающаяся дальность орудий позволяет для расположения батарей выбирать позиции, глубоко укрытые.

Все это вместе взятое делает применение метода непосредственного промера дистанций по звуку неприемлемым, почему он широкого распространения не получил и применение его носило чисто случайный характер.

Во всяком случае ни одна из участвовавших в мировую войну армий к началу войны не имела в своем составе никаких специальных приборов, частей или команд для разведки батарей по звукам выстрелов.

Однако еще в 1909 г. в России Н. А. Бенуа предложил использовать новый метод определения батарей по звуку, основанный на совершенно другом принципе. В это же время им были сконструированы и первые специальные приборы для звуковой разведки батарей. В 1909—1910 гг. уже производились первые опыты, имевшие целью практическую поверку метода и испытание приборов. Опыты эти дали не совсем благоприятные результаты, что и послужило основанием считать новый метод неприемлемым.

Причины неудач этих опытов следует искать как в недостаточной проработке вопросов, касающихся физической стороны явлений, происходящих при выстреле, и физических же условий, сопровождающих движение образованной выстрелом волны, так и в некотором несовершенстве приборов, от которого не могли быть свободны их первые образцы.

Все же следует отметить, что уже в 1914 г. на русском фронте появились первые звукометрические станции, снабженные приборами Бенуа несколько улучшенной конструкции.

Документально известно, что в армиях союзников и у австро-германцев в этот первый период войны никаких звукометрических частей не было.

Французы занялись разработкой вопросов об акустической разведке в период 1914—1915 гг. и, по свидетельству германских источников, уже в 1916 г. имели „достаточно тонко разработанную и хорошо организованную разведку по звуку“.

Разработка этого же вопроса в других армиях относится к еще более позднему времени.

Здесь же необходимо указать, что в 1916 г. в русской армии появились еще 2 звукометрические станции: 1) так называемая В. Ж. (по первым инициалам ее конструкторов Володкевича и Желтова) и 2) Левина. Станции эти были с графической записью, тогда как приборы Бенуа учитывали время, используя шкалу и индикаторную стрелку.

К сожалению о работе упомянутых станций до нас дошли очень недостаточные и отрывочные сведения.

Пользуясь французскими и германскими источниками, следует отметить те весьма положительные и обладающие высокой точностью результаты работ органов акустической разведки, которые были достигнуты в западно-европейских армиях в течение периода напряженных боев на Западном фронте 1917—1918 гг.

Так в 1-й французской армии за время с 7 апреля по 8 августа 1916 г. звукометрической разведкой были определены 974 батареи со следующими ошибками:

до 50 м	59%
от 50 до 100 м	34%
больше 100 м	7%

В сведениях о работе инструментальной артиллерийской разведки в 4-й французской армии за время с 18 по 31 июля 1918 г. приводятся следующие данные о количестве батарей, определенных каждым из видов разведки, причем только на участке IV корпуса местность благоприятствовала работе светометрической разведки:

	IV корпус	XXI корпус	VIII корпус
Светометрия	358	77	100
Зукометрия	120	227	140
Привязные аэростаты	22	6	19
Авиация	45	34	22

Приведенные сведения в достаточной мере характеризуют работу французских звукометрических станций как в отношении количества определенных батарей, так и точности сделанных определений¹.

Интересно отметить, что местоположение германских сверхдальнобойных орудий, обстреливавших Париж с дистанции больше 100 км, также было определено французскими звукометрическими станциями.

Русские станции такими блестящими результатами своей работы похвалиться не могли, да и применение их на фронте не было систематическим. Численность же станций, особенно если принять во внимание протяженность фронта, была очень ограничена.

¹ Что однако совсем не характеризует еще использования результатов звуков звездки, а следовательно и практической ее ценности, которая во время мировой войны была в общем невелика. — *Ред.*

ГЛАВА I.

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ АКУСТИКИ.

Учение о звуке, акустика, рассматривает звуковые явления с двух точек зрения: 1) с точки зрения тех физиологических ощущений, которые мы получаем с помощью нашего слухового аппарата от колебательных движений частиц той или иной материи,—это так называемая „физиологическая акустика“; 2) с точки зрения изучения самих колебательных движений; этот последний отдел носит название „физической акустики“.

Не задаваясь целью рассматривать все частные вопросы, изучаемые физической акустикой, законы которой тесно связаны с использованием звука в разведывательных целях, мы затронем только некоторые из них, наиболее близко соприкасающиеся с практикою звукометрической службы. К таким вопросам в первую очередь следует отнести вопрос о *скорости звука* в атмосфере.

Большое число работ в этой области, произведенных в 1900—1921 гг., дали среднее значение для скорости звука в атмосфере: $V_0 = 331,5$ м/сек. при условии сухого воздуха и $t^0 = 0^0$.

Это число и принимается нами для скорости звука в указанных условиях (французы принимают $V_0 = 330,8$ м. сек.)¹.

Совершенно очевидно, что, работая в различных атмосферных условиях, придется рассчитывать скорость звука в зависимости от изменения факторов, ее обуславливающих.

Таковыми факторами, как известно, являются температура, влажность и давление.

Для определения скорости звука в зависимости от указанных факторов воспользуемся формулой, выведенной проф. Котовичем и приведенной к указанному ниже виду

¹ Эсклангон. Акустика орудий и снарядов, изд. ВТА.

В. Г. Позоевым. Формула эта устанавливает следующую зависимость между интересующими нас величинами:

$$V_{t, \frac{e}{n}} = V_0 \cdot \sqrt{\frac{1 + \frac{1}{273} t^{\circ}}{1 - 0,378 \frac{e}{n}} \cdot \frac{\kappa_2 - 1 + \frac{\kappa_1 - \kappa_2}{\kappa_1} \cdot \frac{e}{n}}{\kappa_2 - 1 + (\kappa_1 - \kappa_2) \cdot \frac{e}{n}}},$$

где $V_{t, \frac{e}{n}}$ есть скорость звука в данный момент в зависимости от температуры, влажности и давления; V_0 — скорость звука в сухом воздухе при $t^{\circ} = 0^{\circ}$; $\frac{1}{273}$ — коэффициент расширения газов; $0,378 = (1 - \delta)$, где δ — плотность водяных паров относительно воздуха; $\frac{e}{n}$ — относительное парциальное давление, т.е. отношение упругости паров воды, содержащихся в воздухе (абсолютная влажность), к общему атмосферному давлению; κ_1 — отношение теплоемкостей при постоянном давлении и постоянном объеме для сухого воздуха = 1,404 и κ_2 — то же отношение для паров воды = 1,29.

Рассмотрение этой формулы дает возможность заключить, что скорость звука увеличивается с возрастанием температуры и влажности и с уменьшением давления. Конечно подсчитывать скорость звука каждый раз по этой формуле задача хоть и несложная, но требующая значительного количества времени; однако, задаваясь различными значениями t° и $\frac{e}{n}$, можно заблаговременно рассчитать значение величины скорости звука при различных условиях и полученные результаты свести в таблицу. Такая таблица рассчитана А. Г. Позоевым и приводится нами в приложении 2 (табл. 3). Для того чтобы не вычислять каждый раз значение относительного парциального давления, м.о.ю также предложена соответствующая таблица (приложение 2, табл. 2).

Пример. Дано: $t^{\circ} = 18^{\circ}$; $e = 11$ мм; $n = 750$ мм.

Вспользовавшись табл. 2, в столбце величин „ e “ находим цифру „11“ и от нее идем вправо до графы заданного нам давления 750 мм, в которой и читаем искомую величину $\frac{e}{n} = 0,015$.

В таблице скорости звука (табл. 3) в графе температур находим заданную температуру 18° и от нее идем вправо до графы определенного уже нами отношения $\frac{e}{n}$, разного 0,015, и в этой графе читаем скорость звука для данных условий равную 342,9.

Величину $\frac{e}{n}$ можно получить непосредственно при обработке показаний сухого и смоченного термометров по формуле Шпрунга, пользуясь таблицей, составленной В. В. Гурьевым (приложение 2, табл. 10). Таблица эта освобождает от необходимости пользоваться психрометрическими таблицами и дает возможность получить нужную величину, избегая промежуточных действий.

Как видно из приведенной выше формулы, мы скорость звука определяем только в зависимости от t° и $\frac{e}{n}$. Никаких величин, ставящих скорость звука в зависимость от наличия ветра той или иной силы и того или иного направления, в эту формулу не входит. Однако это совершенно не значит, что мы игнорируем влияние ветра на изменение скорости звука.

Дело лишь в том, что ввиду изменчивости ветра, а также в силу того, что ветер даже одного и того же направления и скорости будет оказывать совершенно различное влияние на звуковую волну в зависимости от направления, в котором мы наблюдаем ее движение, вопрос о влиянии ветра на распространение звуковой волны необходимо выделить из приведенных выше общих положений о зависимости скорости звука от метеорологических факторов, влияние которых на скорость распространения звука сказывается совершенно одинаково вне зависимости от того, в каком направлении ведется наблюдение.

Вопрос о влиянии ветра на распространение звуковых волн рассматривается нами ниже в главе II.

Следует отметить, что на ряду со звуками, которые воспринимаются нашим ухом и классифицируются физиологической акустикой в зависимости от высоты тона, тембра и т. д., существует еще целый ряд колебательных движений, которые нашим слуховым органом не улавливаются.

Человеческое ухо способно улавливать только такие колебания, которые совершаются с определенной скоростью в пределах от 20 до 20 000 колебаний в секунду.

Если частица совершает 20 колебаний в секунду, то время, затраченное ею на одно полное колебание, равно $\frac{1}{20}$ сек. Эта величина, определяющая время, в течение которого каждая частица совершает одно полное колебание, носит название *периода колебания*.

Состояние колеблющейся частицы в данный момент есть ее *фаза*.

Расстояние между двумя ближайшими частицами, находящимися в одной фазе, носит название *длины волны*.

Скорость распространения волны, ее длина и период колебания связаны следующей зависимостью:

$$\frac{V}{\lambda} = \frac{1}{t},$$

где V —скорость, λ —длина волны и t —период колебания; $\frac{1}{t}$ есть *частота колебания*, следовательно, если период колебания $\frac{1}{20}$ ($t = \frac{1}{20}$), то $\frac{1}{1/20} = 20$ будет частотой колебания.

Обозначив в приведенной выше формуле $\frac{1}{t} = n$, будем иметь:

$$\frac{V}{\lambda} = n$$

и

$$V = \lambda \cdot n$$

Следовательно и длина волны и период колебания обуславливают скорость распространения волны.

Колебания с периодом в пределах $\frac{1}{20}$ сек.— $\frac{1}{20000}$ сек. называют колебаниями звуковыми, частоты этих колебаний—звуковыми частотами, а порожденные этими колебаниями волны—звуковыми волнами.

Если же колебательное движение частиц какой-либо среды имеет период больше $\frac{1}{20}$ (например $\frac{1}{10}$), то такие колебания ухом не воспринимаются. Колебания этого рода носят названия *инфраколебаний*, или *инфразвуков*, а частота этих колебаний в отличие от звуковой частоты носит название *инфрачастоты*.

Колебания с периодом, меньшим $\frac{1}{20000}$ сек., принято называть *ультразвуками* (колебания высокой частоты).

Целый ряд исследований (в том числе весьма обширная по количеству поставленных опытов работа Эсклангона), направленных на изучение скорости распространения инфразвуков, дает возможность заключить, что скорость их распространения обуславливается теми же факторами, что и скорость волн звуковых, а следовательно скорости той и другой волны при одинаковых условиях равны.

К особенностям инфраволн следует отнести их сравнительно более легкую проникаемость в узкие отверстия и вообще туда, куда обыкновенные звуковые волны проникают с трудом.

Эту особенность инфраволн следует объяснить медленным нарастанием ввиду большого периода уплотненной части инфраволны.

Что касается возникновения инфразвуков, то следует отметить, что зарождение инфраволн имеется всегда, когда резко перемещают какой-либо предмет, обладающий значительной поверхностью, например лист картона или фанеры, открывают или закрывают дверь и т. д. Точно так же, резко останавливая какое-либо тело,двигающееся со значительной скоростью, можно получить образование инфраволн; например выпущенный из орудия снаряд при мгновенной остановке в точке встречи порождает инфраволны, которые обнаруживаются соответствующими приборами.

Наблюдения за инфразвуками, порождаемыми открываемой дверью, показывают, что инфраволны способны распространяться не только по всему зданию, в котором производились наблюдения и где их наличие обнаруживается и без приборов (например неплотно закрытая дверь на другом конце здания вздрагивает, а иногда и хлопает в тот момент, когда до нее дойдет инфраволна, получившая свое начало от закрывания другой двери), но и за пределы здания, где специальные приборы могут подтвердить присутствие этих инфраволн.

Дальнейшее изучение инфразвуков показало, что они распространяются на значительно большие расстояния, чем обыкновенные звуки, следовательно меньше подвержены явлению абсорбции, т. е. поглощению энергии колебания средой благодаря трению частиц среды, через которую проникает волна.

Встречая на своем пути разного рода местные предметы (лесные массивы, возвышенности, здания и т. д.), инфраволна способна их обтекать, так что и это свойство обыкновенных звуковых волн, называемое дифракцией, присуще и инфраволнам. То же следует сказать относительно явлений преломления или рефракции инфраволн и их отражения.

ДУЛЬНЫЕ ВОЛНЫ.

О физической природе дульных волн, являющихся объектами наблюдений при акустической разведке, вопрос не поднимался до тех пор, пока практика первого применения звука в разведывательных целях с убедительностью не доказала, что явление „звука выстрела“ есть совершенно не то, за что его принимали. „Звук выстрела“ считали обыкновенным звуком, и для его восприятия применяли обычные зву-