П.А. Гельвих

К вопросу о стрельбе по быстро движущимся целям

Москва
«Книга по Требованию»

УДК 355/359
ББК 68
П11

П.А. Гельвих
П11 К вопросу о стрельбе по быстро движущимся целям / П.А. Гельвих – М.: Книга по Требованию, 2021. – 44 с.

ISBN 978-5-458-53468-0

ISBN 978-5-458-53468-0

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2021
© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2021

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.

Серия Книжный Ренессанс
www.samizday.ru/reprint

1. Об измерениях и ошибках измерений.

Для определения положения цели в момент разрыва снаряда необходимо, как известно, определить положение цели в момент последней команды и затем упреждения по нужным направлениям.

Измерения угла местности и азимута цели производятся обычными путями и сопровождаются обычными ошибками; что же касается измерения дальности и высоты, то по характеру приборов, применяемых для этой цели, и по условиям, в которых на них приходится работать, может быть полезным сделать некоторые замечания.

Приборы для определения дальности и высоты цели могут быть: оптические дальномеры с базой внутри прибора, приспособленные к большим углам местности, измеряющие часто, как азимуты, так и углы местности; горизонтально-базные с базой вне прибора, при чем эти дальномеры бывают, главным образом, двух родов: 1) дальномеры, засекающие цель с концов базы вертикальными плоскостями, проходящими через точки стояния лимбов дальномера, определяющие таким образом вместе с положением цели и положение проекции цели на горизонт дальномера, - на них получается горизонтальная дальность и по углу местности одного из лимбов - высота; 2) дальномеры, засекающие цель визированием в плоскости база-цель, дающие наклонную дальность; давая сравнительно меньше данных о положении цели они имеют то преимущество, что наводкой плоскостей база-цель с двух концов базы дают поверку относительно того, визируют ли оба прибора на одну и ту же цель.

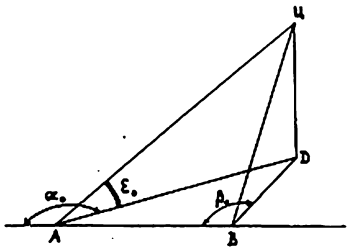
Что касается деталей этих приборов, то они ничего существенно нового не содержат. Тем не менее условия работы на дальномере по быстро движущимся воздушным целям настолько неблагоприятны, что получаются ошибки значительно больше тех, которые отвечают теоретическим расчетам и, конечно, очень важно

тщательно учесть направления этих больших ошибок.

Мы знаем, что каждому дальномеру отвечает определенная ошибка в положении об'екта измерения. На плоскости получится эллиптическая ошибка, в пространстве - эллипсоидальная. Величина и направление осей эллипсоида ошибок при определении положения воздушной цели, зависят от типа применяемого дальномера. Для каждого типа эллипсоид должен быть определен согласно общих правил. Мы рассмотрим ошибки при определении дальности для случая упомянутого выше дальномера с базой вне прибора.

Дальномер-высотомер системы Лауница состоит из двух приборов, помещаемых на конце некоторой базы, выбираемой на местности. Главный прибор измеряет азимут цели и угол местности, вспомогательный-только азимут. Азимуты определяют вертикальные плоскости, засекающие цель (черт.1).

Таким образом, положение цели определяется двумя азимутами α_0 и β_0 и углом местности ε_0. Каждая из перечисленных величин находится измерением, при этом найденные α, β и ε будут сопровождаться ошибкой, зависящей от неточности визирования. Для того, чтобы определить эллипсоидальную ошибку, отвечающую рассматриваемому дальномеру, надо отдельно определить ошибку δ_α, происходящую от ошибки в α, δ_β - от ошибки в β и δ_ε - от ошибки в ε.



Черт.1

При отсутствии ошибок мы получили бы три равенства

$$\alpha = \alpha_0 \qquad (1)$$

$$\beta = \beta_0 \qquad (2)$$

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \qquad (3)$$

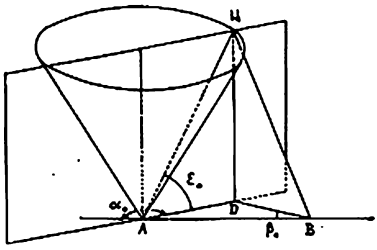
которые в своей совокупности определяют некоторую точку-истинное положение об'екта измерения. При ошибке в ε остается только два равенства, которые в своей совокупности определяют положение об'екта измерения: он может лежать где-то на линии пересечения поверхностей: (1) и (2). Следовательно, ошибка, происходящая от ошибки в ε должна лежать на линии (1) и (2). Так как уравнению (1) отвечает одна вертикальная плоскость и уравнению (2) другая вертикальная плоскость, то ошибка δ_ε от ошибки в ε пойдет по вертикали.

Для ошибки δ_β мы имеем пересечение плоскости и конуса:

$$(1) \ldots \alpha = \alpha_0$$

$$(3) \ldots \varepsilon = \varepsilon_0$$

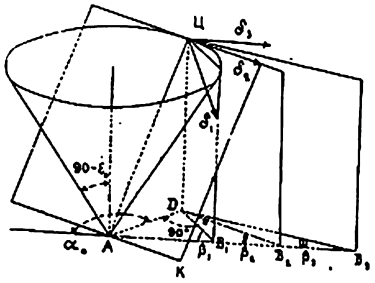
последнее уравнение, действительно, принадлежит конусу: при различных α, но при постоянном ε, мы получим направления прямых АЦ, которые будут лежать на поверхности кругового конуса с вертикальной осью; пересечение конуса с вертикальной плоскостью произойдет по линии АЦ (черт.2), следовательно, ошибка δ_β будет лежать по направлению прямой АЦ.



Черт.2

Наконец, для ошибки δ_α мы будем иметь пересечение конуса (3) с плоскостью (2); плоскость эта параллельна оси конуса, но не проходит через нее. Пересечение будет представлять собою гиперболу, но так как ошибка будет только небольшим отрезком этой гиперболы около положения истинной точки, то кривую можно заменить отрезком касательной к ней в истинной точке. Касательная эта будет лежать на пересечении плоскости,— касательной к

конусу в истинной точке, с вертикальной плоскостью (2). Касательная плоскость будет перпендикулярна к плоскости АЦD и след ее на плоскости ADB будет прямая АК, перпендикулярная AD (черт.3). Пересечение этой плоскости с вертикальной плоскостью ВЦD и даст направление ошибки.



Черт.3

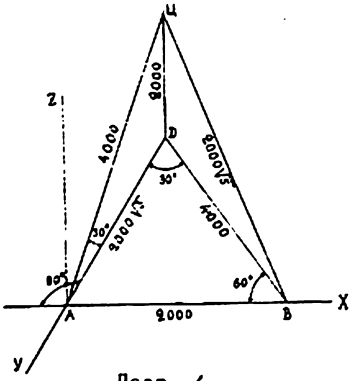
Если угол ADB-прямой, т.е. если $\alpha_0=\beta_0+\frac{\pi}{2}$, то пересечение плоскостей даст горизонтальную прямую; если в пределе $\alpha_0=\beta_0$, то в пересечении получится прямая ВЦ или, что то же, АЦ; в промежуточных положениях получим δ_1, δ_2, δ_3, (чертеж 3).

Зная направления искомых ошибок δ_α, δ_β и δ_ε и ошибки визирования $\Delta\alpha$, $\Delta\beta$, $\Delta\varepsilon$, мы геометрическим построением получим величины искомых ошибок.

Выясним это на примере.

Пусть (черт.4)

база $B = 2000^{м}$, $\alpha_0=90^{\circ}$; $\beta_0=60^{\circ}$; $\varepsilon_0=30^{\circ}$; срединные ошибки визирования примем вообще 5^{x}; но вследствие того, что углы α и β измеряются неодновременно, угол β относится не к тому моменту, что угол α; момент, к которому приурочивается измерение, будет все же момент получения угла α; если срединная ошибка момента измерения угла β будет 1/4 секунды, то на результате измерения это скажется так же, как, если бы



Черт. 4.

измеряющий кроме обычной ошибки визирования сделал еще ошибку, отвечающую перемещению $\frac{1}{4}v$ (v - скорость движения цели) по направлению движения цели. Пусть скорость цели будет $50^{m}/s$, курсовой угол, т.е. угол между направлением движения цели и плоскостью АЦD, будет $q = 60^{\circ}$ влево; тогда срединная ошибка от неточности момента визирования будет

$$\frac{1}{4} \cdot 50 = 12,5^{m}$$

для нашего случая - по перпендикуляру к плоскости ВDЦ.; эта линейная ошибка отвечает угловой ошибке

$$\Delta_2\beta = \frac{12,5}{ВЦ};$$

т.к. $ВЦ = 2000\sqrt{5} = 2,23 \cdot 2000 = 4460^{m}$, то $\Delta_2\beta = 3^{x}$.

Общая ошибка $\Delta\beta$ сложится из ошибок визирования $\Delta_1\beta = 5^{x}$ и $\Delta_2\beta = 3^{x}$;

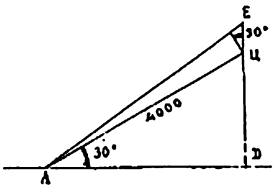
$$\Delta\beta = \sqrt{5^2 + 3^2} = 6^{x}.$$

Таким образом ошибки измерения углов α, β и ε будут $\Delta\alpha = 5^{x}$, $\Delta\beta = 6^{x}$, $\Delta\varepsilon = 5^{x}$.

Ошибка δ_ε пойдет по вертикали DE (черт.5.) и будет численно равна

$$\delta_\varepsilon = АЦ \cdot \Delta\varepsilon \cdot \frac{1}{\cos 30^{\circ}} = \frac{4000 \cdot 5}{1000 \cdot 0,866} = 23^{m}.$$

Ошибка δ_β пойдет по линии АЦ; линейная величина, отвечающая ошибке визирования Δ_β на расстоянии ВЦ, будет $ВЦ \cdot \Delta_\beta = 2000 \cdot \sqrt{5} \cdot 0,006 = 12 \cdot \sqrt{5}$; эту ошибку надо спроектировать на АЦ параллельно плоскости ВЦD. Для этого, вообще говоря, надо ее спроектировать на нормаль к плоскости ВЦD, т.е. умножить на косинус угла между этой нормалью, и ошибкой, а затем с нормали спроектировать на направлении АЦ, т.е. разделить на косинус



Черт.5

угла между нормалью и АЦ. В нашем случае имеем ошибку идущую по нормали к плоскости визирования, поэтому надо только разделить на косинус угла между нею и АЦ.

Возьмем оси координат (черт.4) AX, AY, AZ. Направление АЦ определится тремя косинусами (0; -0,866; 0,5) нормали к плоскости ВЦЭ - (-0,866; 0,5; 0); поэтому косинус угла между АЦ и нормалью будет

$$\cos\omega = -0{,}866 \cdot 0{,}5 = -0{,}433 .$$

Деля на этот косинус величину $12\sqrt{5}$, получим δ_β ;

$$\delta_\beta = \frac{12\sqrt{5}}{0{,}433} = 62^{m} .$$

Для нахождения ошибки δ_α найдем сперва ее направление; воспользуемся для этого нашими осями AXYZ.

Равенства (3) $\varepsilon = \varepsilon_0$ и (2) $\beta = \beta_0$ обратятся в $\varepsilon = 30^\circ$, $\beta = 60^\circ$. Перейдем от координат ε и β к прямоугольным Декартовым.

Уравнение $\varepsilon = 30^\circ$ есть уравнение конуса; в общем виде такого уравнения

$$x^2 + y^2 - k^2 z^2 = 0$$

по точке Ц найдем K:

$$(2000\sqrt{3})^2 - K^2 \cdot 2000^2 = 0 ,$$

$$K^2 = 3 ;$$

поэтому уравнение (3) заменяем уравнением

$$x^2 + y^2 - 3z^2 = 0 .$$

Уравнение плоскости, касательной к этому конусу в точке Ц можно найти либо общим путем, либо в данном случае проще, как уравнение плоскости параллельной оси X и составляющей с плоскостью XAY угол в 30°; уравнение это будет

$$y + z\sqrt{3} = 0 .$$

Уравнение плоскости $\beta = 60^\circ$ будет, как уравнение плоскости, параллельной оси Z и дающей след ZD на плоскости XAY с точками (2000,0) и $(0, -2000\sqrt{3})$,

$$\frac{x}{2000} + \frac{y}{-2000\sqrt{3}} = 1$$

$$x\sqrt{3} - y = 2000\sqrt{3}.$$

Направление ошибки δ_α пойдет по прямой, определяемой уравнениями

$$y + z\sqrt{3} = 0, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

$$x\sqrt{3} - y = 2000\sqrt{3} \quad . \quad . \quad (5)$$

Чтобы найти косинусы углов, составляемых δ_α с осями координат, приведем уравнения (4) и (5) к виду пропорции:

$$\frac{x}{1} = \frac{y + 2000\sqrt{3}}{\sqrt{3}} = \frac{z - 2000}{-1} \quad ;$$

косинусы будут

$$\frac{1}{\sqrt{5}}, \quad \sqrt{\frac{3}{5}} \text{ и } -\frac{1}{\sqrt{5}}.$$

Линейную ошибку, происходящую от ошибки в визирования

$$4000\,\Delta\alpha$$

надо спроектировать на направлении $\left(\frac{1}{\sqrt{5}}, \sqrt{\frac{3}{5}}, -\frac{1}{\sqrt{5}}\right)$ параллельно плоскости ACD; косинус между нормалью к плоскости ACD и направлением ошибки δ_α будет

$$\cos\omega = 1 \cdot \frac{1}{\sqrt{5}} = \frac{1}{\sqrt{5}},$$

поэтому

$$\delta_\alpha = \frac{4000 \cdot 0{,}005}{1/\sqrt{5}} = 20\sqrt{5} = 47^{m}.$$

Окончательно, ошибку в положении Ц при измерении помощью дальномера-высотомера Лаунина, определяет единичный эллипсоид с тремя сопряженными полудиаметрами (ϑ_α, ϑ_β, ϑ_ε).

Если для назначения исходных данных при стрельбе пользоваться непосредственно дальностью, высотой (или углом местности) и азимутом, определяемыми измерением положения точки Ц, то эта эллипсоидальная ошибка и войдет в расчет полностью.

Если же производить отдельные измерения для определения высоты, а затем, в случае движения цели в горизонтальной плоскости, пользоваться этой высотой и производить последовательные измерения только для нахождения дальностей, то ошибка в высоте будет независима от ошибки в дальности, и каждую из ошибок надо рассмотреть особо.

Ошибка в высоте есть следствие всех ошибок ϑ_α, ϑ_β и ϑ_ε, но она направлена вертикально; а поэтому все отклонения от вертикали на эту ошибку не влияют: ошибка в высоте есть отклонение от горизонтальной плоскости. Как отклонение от горизонтальной плоскости, мы ее найдем суммируя по правилу сложения ошибок проекции ϑ_α, ϑ_β и ϑ_ε на вертикаль.

Проекции эти для нашего случая будут:

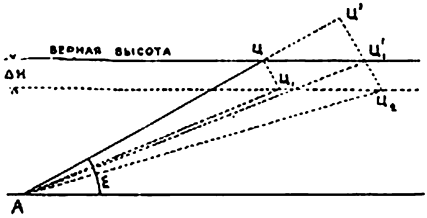
$$\vartheta_\alpha \cdot \sqrt{\frac{1}{5}}, \quad \vartheta_\beta \cdot \frac{1}{2} \text{ и } \vartheta_\varepsilon,$$

а вся ошибка в высоте $\vartheta_н$ будет для нашего случая

$$\vartheta_н = \sqrt{\frac{47^2}{5} + \frac{62^2}{4} + 23^2} = 44^м.$$

Если последующие измерения делаются для определения одной дальности, азимут же предоставляется прямой наводке орудий, ошибка в дальности, найденной по дальномеру, не может, конечно, сказаться иначе, как только в плоскости визирования; вместе с тем при ошибке в найденной особо высоте, даже верное измерение дальности дает неверное положение

точки Ц (чертеж 6): вместо точки Ц мы получим какую нибудь точку Ц приблизительно на перпендикуляре к АЦ, определяемую равенством $Д = Д_0$. Таким образом ошибка ΔН в высоте обратится



Черт. 6

в ошибку ЦЦ₁ равную ошибке ΔН, деленной на косинус угла ε.

Ошибка в дальности, напр., ЦЦ' скажется ошибкой ЦЦ'₁ деленной на $\cos\varepsilon$.

Таким образом, вся ошибка положения точки Ц в вертикальной плоскости сведется к двум

$$\delta'_н = \frac{\delta_н}{\cos\varepsilon} \quad и \quad \delta'_д = \frac{\delta_д}{\cos\varepsilon},$$

идущим: первая по перпендикуляру к линии АЦ, вторая горизонтально, - обе ошибки друг от друга не зависят.

Остается определить $\delta_д$.

Эта ошибка есть отклонение от плоскости нормальной к линии визирования; поэтому она получается суммированием проекций ошибок δ_α, δ_β и δ_ε на направление АЦ. Проекции эти для нашего случая будут: у ошибки

$$\delta_\alpha \ldots\ldots \delta_\alpha\left(\sqrt{\frac{3}{5}}\cdot\cos 30^\circ + \frac{1}{\sqrt{5}}\sin 30^\circ\right) = \frac{2\delta_\alpha}{\sqrt{5}} = 42^м;$$

$$\delta_\beta \ldots\ldots \delta_\beta = 62^м,$$

$$\delta_\varepsilon \ldots\ldots \delta_\varepsilon \sin 30^\circ = \frac{\delta_\varepsilon}{2} = 11{,}5^м;$$

поэтому

$$\delta_д = \sqrt{42^2 + 62^2 + 11{,}5^2} = 76^м.$$

Окончательно получаются ошибки

$$\delta'_н = \frac{44}{0{,}866} = 51^м$$

и

$$\delta'_д = \frac{76}{0{,}886} = 88^м$$

под углом 60° друг к другу. Это даст единичный эллипс с большой осью подуглом около $-9{,}5^o$ к горизонту с полуосями $93^м$ и $41{,}5^м$.

Если пользоваться не только дальностью Д, но и азимутом , получаемым при измерении дальности, то зависимость между ошибками в дальности и ошибками азимута не позволит трактовать ошибку ($\delta'_н$, $\delta'_д$)независимо от ошибки в азимуте α и необходимо найти аналогичным путем эллипсоидальную ошибку.

Можно еще иначе пользоваться данными, получаемыми с дальномера - каждый раз надо исследовать, как при этом надо переработать ошибки непосредственного измерения.

Перейдем теперь к вопросу об измерении других величин кроме координат цели, - величин, позволяющих определять упрежденное положение цели. Этих величин, главным образом,две: курс или курсовой угол цели и скорость цели. Собственно, надо было бы определять не только курс цели в горизонтальной плоскости, но и наклон направления движения цели к горизонту. Однако, в большинстве случаев ограничиваются стрельбой по цели в том случае,когда цель движется прямолинейно равномерно в горизонтальной плоскости. Таким образом задается нахождением:равномерной скорости и неизменного в течение некоторого времени курса цели.

Для нахождения скорости обыкновенно определяют два положения цели, разделенные некоторым промежутком времени. По двум положениям определяют длину прямолинейного пути и делением на время, отвечающее этому пути, получают скорость по величине