

ВОЕННО-МОРСКОЙ ФЛОТ

В. И. КУБЫШКИН

СТРЕЛЬБА КОРАБЕЛЬНОЙ
Артиллерии

(ОСНОВЫ ТЕОРИИ СТРЕЛЬБЫ И
БОЕВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ)

Утвержден начальником ВМУЗ в качестве учебника
для курсантов высших военно-морских командно-
инженерных училищ

5360/110

1972

§ 9. Разнобойность орудий

Говоря о рассеивании траекторий при стрельбе из одного орудия, мы отмечали, что рассеивание подчиняется нормальному закону. При стрельбе из нескольких орудий ко всем ранее перечисленным причинам рассеивания добавляется еще одна, а именно: разнобойность орудий.

При стрельбе из нескольких орудий одного и того же калибра при одинаковых установках прицела и при вполне однообразной наводке орудий может получиться, что их центры группирования не совпадают.

Такое смещение средних траекторий нескольких орудий по дальности может иметь место вследствие разнообразия начальных скоростей, что обуславливает явление разнобойности, или разнобоя, орудий.

Когда говорится о разное орудий, то понимается только разное в дальности, а не в боковом направлении, который может быть только из-за рассогласования прицельных приспособлений и ПУС (рис. 16). Явление разнобоя вредно сказывается на результатах стрельбы.

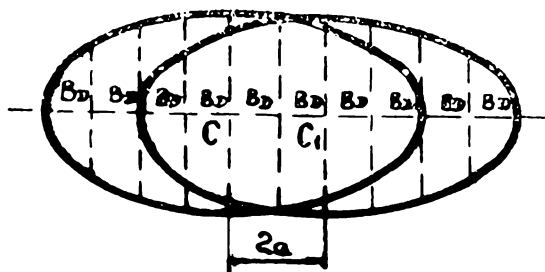


Рис. 16.

Уменьшение разнобойности орудий достигается тщательной баллистической подготовкой, состоящей из точного определения износа каналов стволов орудий, наблюдения за температурой зарядов и введения индивидуальных поправок орудий, а также тщательного согласования прицелов и ПУС и правильного распределения боеприпасов по погребам.

Все эти меры только уменьшают разнобойность орудий, но не могут свести ее к нулю.

Если разнобоя нет, то рассеивание снарядов при стрельбе из нескольких орудий будет таким же, как и при стрельбе из одного орудия, т. е. будет следовать закону нормального распределения ошибок.

При наличии разнобоя получается совсем иная картина. Если разнобой не превышает одного B_d , то закон рассеивания при стрельбе из нескольких орудий практически остается тем же, что и при стрельбе из одного орудия. При этом величина батарейного B_d (общего для нескольких орудий эллипса рассеивания) будет мало отличаться от B_d каждого орудия в отдельности, а поэтому и вероятность попадания будет изменяться незначительно.

Допустим, что разнобой двух орудий равен $2 B_d$ при $B_d = 20$ саж. Найдем шкалу рассеивания, общую для двух орудий. Если из каждого орудия произвести 100 выстрелов на одних и тех же установках и допустить, что точки падения при этом распределяются в каждом орудийном эллипсе согласно закону рассеивания (см. 1 и 2-ю строчки таблицы 1), то общий для двух орудий эллипс рассеивания будет найден сложением (числитель 3-й строчки).

При пересчете на 100 выстрелов это распределение будет вдвое меньше (знаменатель 3-й строчки).

Общий эллипс рассеивания оказался равным $10 B_d$, т. е. 200 саженам.

Таблица 1

1	2	7	16	25	25	16	7	2		
2			2	7	16	25	25	16	7	2
3	$\frac{2}{1}$	$\frac{7}{3,5}$	$\frac{18}{9}$	$\frac{32}{16}$	$\frac{41}{20,5}$	$\frac{41}{20,5}$	$\frac{32}{16}$	$\frac{18}{9}$	$\frac{7}{3,5}$	$\frac{2}{1}$
4		1,9	7,1	16,5	24,5	24,5	16,5	7,1	1,9	

Если рассчитать распределение точек падения в общем эллипсе на 8 срединных отклонений, то это распределение будет весьма мало отличаться от распределения в орудийном эллипсе (см. 4-ю строку), а величина общего срединного отклонения (батарейного отклонения) будет $B_{дб} = 25$ саж.

На рис. 17 графически изображено общее рассеивание двух орудий, полученное при разнобойности в $2 B_d$.

Из рисунка видно, что кривые ABC , $A_1B_1C_1$, представляющие орудийное рассеивание, и кривая A_1DC_1 практически представляют весьма близкие законы.

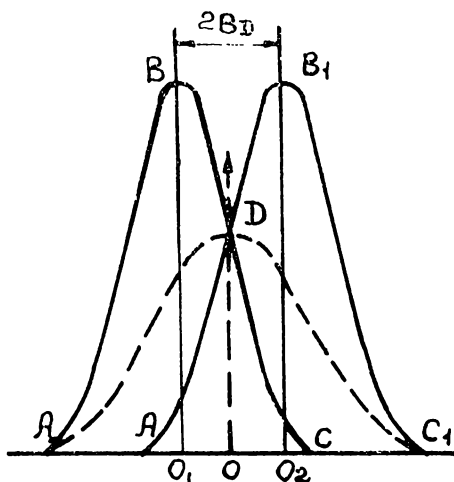


Рис. 17.

Рассмотрим случай, когда разнорядность двух орудий будет равна $4B_д$. Применим тот же метод расчета, что и при разнорядности $2B_д$, получим (таблица 2):

Таблица 2

1	2	7	16	25	25	16	7	2				
2					2	7	16	25	26	16	7	2
3	$\frac{2}{1}$	$\frac{7}{3,5}$	$\frac{16}{8}$	$\frac{25}{12,5}$	$\frac{27}{13,5}$	$\frac{23}{11,5}$	$\frac{23}{11,5}$	$\frac{27}{13,5}$	$\frac{52}{12,5}$	$\frac{16}{8}$	$\frac{7}{3,5}$	$\frac{2}{1}$
4	2,5	10	19,5		18	18		19,5		10	2,5	

Графически рассеивание двух орудий при разнорядности в $4B_д$ показано на рис. 18.

Из рисунка видно, что кривые ABC , $A_1B_1C_1$ и кривая батарейного рассеивания AEC_1 представляют собой разные законы.

Если кривые ABC и $A_1B_1C_1$ представляют закон нормального распределения, то кривая AEC_1 с двумя максимумами

представляет совсем другой закон, искажающий распределение точек падения в эллипсе рассеивания.

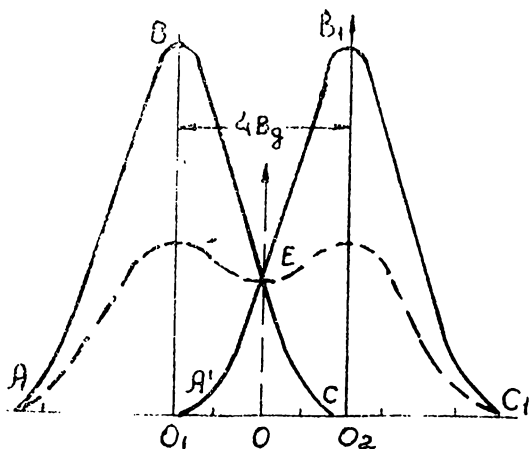


Рис. 18.

Таким образом, правила стрельбы, выработанные на основании рассеивания, следующего закону нормального распределения, окажутся непригодны при большой разнобыности.

Теоретически доказано, что закон батарейного рассеивания двух или нескольких орудий будет следовать закону нормального распределения до тех пор, пока будет соблюдаться следующее неравенство:

$$a < \sigma, \quad (38)$$

где a — половина величины разнобыности;

σ — среднее квадратическое отклонение закона рассеивания орудия;

$$\sigma = \frac{B_d}{\rho\sqrt{2}} = \frac{B_d}{0,6745} = 1,4826B_d. \quad (39)$$

Отсюда можно сделать вывод, что предел, при котором не искажается закон рассеивания и разнобыность резко не ухудшает стрельбу, будет выражаться величиной около $2a = 3B_d$. Следует помнить, что всякий разнобый недопустим и нужно стремиться сводить его к минимуму.

Учет индивидуальных поправок орудий, как показал опыт, позволяет доводить разбойность до $1,5 \div 2B_d$. Определить остаточную разбойность можно сострелкой орудий.



ГЛАВА II

СОСТРЕЛКА ОРУДИЙ

§ 12. Сострелка орудий корабля (батареи)

Сострелка орудий корабля или береговой батареи имеет целью уменьшить влияние разнобойности посредством определения и введения индивидуальных поправок на соответствующих приборах каждого орудия.

Сострелка может быть произведена двумя способами:

- 1) по измерению начальных скоростей;
- 2) по измеренным отклонениям.

Первый способ сострелки проще и точнее, но требует специальных приборов для измерения начальных скоростей орудий на корабле.

Второй способ громоздок и менее точен, но всегда возможен.

А. Сострелка орудий одиночного корабля по измерению начальных скоростей

Сострелку желательно производить снарядами табличного веса (H) и обязательно порохом одной партии и марки с одинаковой температурой зарядов.

Каналы орудий перед началом сострелки должны быть насухо протерты, при первом выстреле начальная скорость не измеряется.

Перед каждым выстрелом специальными термометрами измеряется температура заряда в канале орудия. Начальная скорость зависит от числа состреливаемых орудий и средней ошибки, характеризующей закон случайных ошибок измерения начальных скоростей.

Индивидуальные поправки рассчитываются на основании средних из измеренных для каждого орудия начальных скоростей, приведенных к нормальной температуре пороха ($+15^\circ$) и нормальному (табличному) весу снаряда, обработку данных сострелки рассмотрим на примере.

Пример. При сострелке четырех орудий 130/50 кал. эм пр. «30-бис» ($v_0 = 870$ м/сек) произведено из каждого орудия по 5 выстрелов. Для четырех выстрелов измерены начальные скорости, и для каждого выстрела измерены температуры зарядов. Требуется рассчитать индивидуальные поправки орудий.

Для приведения измеренных начальных скоростей при записанных температурах пороха в зарядах к начальным скоростям при температуре пороха $+15^\circ\text{C}$ воспользуемся формулой внутренней баллистики:

$$\frac{\Delta v_t}{v_0} = 0,0011 \Delta t^\circ, \quad (49)$$

где $\Delta t^\circ = t_3 - 15^\circ$.

Отсюда находим:

$$\Delta v_t = 0,0011 \Delta t^\circ v_0; \quad (50)$$

в нашем примере $v_0 = 870$ м/сек, а потому

$$\Delta v_t = 0,957 \Delta t^\circ$$

Начальные скорости, приведенные табличной температуре пороха, будут:

$$v_{\text{пр}} = v_{\text{изм}} - \Delta v_t. \quad (51)$$

9 столбец схемы (таблица 3) заполняется величинами, равными отступлению начальных скоростей орудий от табличной начальной скорости, выраженными в процентах, и вычисляется по формуле:

$$\frac{\Delta v}{v_0} \% = \frac{(v_{\text{пр}} - v_0)}{v_0} \cdot 100. \quad (52)$$

Величины, определенные по формуле (52), взятые с обратными знаками, могут быть приняты в качестве индивидуальных поправок и вписаны в столбец 10 таблицы 3.

Часто одно из орудий принимают за основное, индивидуальную поправку которого принимают равной нулю.

Тогда индивидуальные поправки остальных орудий будут равны алгебраической разности между $\frac{\Delta v}{v_0}$ орудия, принятого за основное, и $\frac{\Delta v}{v_0}$ остальных орудий.

В нашем примере основным орудием взято орудие № 2. Если индивидуальные поправки вводятся не в процентах падения начальных скоростей, а в табличных единицах, то столбец 10 не заполняется, а вместо него заполняются столбцы

Таблица 3

Схема обработки сострелки по измерениям начальных скоростей

№№ ору- дий	№№ выстре- лов	Изме- ренные v_0 , м/сек	t_3 С	Δt°	Δv_t , м/сек	v , при- веденные к $t^\circ = 15^\circ$	Средние v_0 , м/сек	$\frac{\Delta v}{v_0}$ %	Индиви- дуальные поправ- ки, %	$(\frac{\partial x}{\partial v}) \frac{\Delta v}{D} v_0$ саж.	Индиви- дуальные поправ- ки, каб.
1	1	835,6	+20	+5	+4,8	830,8	828,8	-4,73	+4 1/4	-522	+5
	2	838,3	+22	+7	+6,7	831,6					
	3	836,2	+23,5	+8,5	+8,1	828,1					
	4	834,3	+25	+10	+9,6	824,7					
	5										
2	1	867,0	+15	0	0	867,0	865,8	-0,45	0 (условно)	-56	0 (условно)
	2	866,0	+17	+2	+1,9	864,1					
	3	868,1	+19	+4	+3,8	864,3					
	4	873,6	+21	+6	+5,7	867,9					
	5										
3	1	865,9	+27	+12	+11,5	855,4	856,2	-1,59	+1 1/8	-	+1 1/4
	2	870,6	+30	+15	+14,4	856,2					
	3	870,6	+31	+16	+15,3	855,3					
	4	874,2	+32	+17	+16,3	857,9					
	5										
4	1	855,6	+28	+13	+12,4	843,2	844,3	-2,75	+2 1/4	-355	+3
	2	858,6	+29	+14	+13,3	845,3					
	3	860,0	+31	+16	+15,3	844,7					
	4	860,9	+33	+18	+17,2	843,7					
	5										

11 и 12 схемы, причем цифры для заполнения столбца 11 вычисляются по формуле:

$$\Delta x = \left(\frac{\partial x}{\partial v} \right)_D \cdot \frac{\Delta v}{v_0} \%, \quad (53)$$

где $\frac{\partial x}{\partial v}$ — изменение дальности, происходящее от изменения начальной скорости на 1%, если изменение начальной скорости менее 4%.

В противном случае цифры этого столбца следует вычислять по формуле:

$$\Delta x = \frac{\Delta x'}{m} \cdot \frac{\Delta v}{v} \%, \quad (54)$$

где $\Delta x'$ — изменение дальности, происходящее от изменения начальной скорости на $m\%$.

Столбец 12 получен из столбца 11 аналогично тому, как столбец 10 получен из столбца 9.

Приведенная схема обработки сострелки предусматривает нормальный вес снаряда. Если снаряды имеют весовые допуски, то в схеме следует добавить еще три столбца. Первый столбец будет содержать отступление веса от табличного $\frac{\Delta q}{q}$.

Второй — изменение начальной скорости, происходящее вследствие отступления веса снаряда от табличного, вычисляемое на основании поправок внутренней баллистики:

$$\frac{\Delta v}{v_0} = 0,4 \frac{\Delta q}{q}, \quad (55)$$

$$\text{откуда } \Delta v_q = -0,4 v_0 \frac{\Delta q}{q}.$$

Третий столбец будет содержать алгебраическую сумму поправок:

$$\Delta v = (\Delta v_t + \Delta v_q). \quad (56)$$

Столбец 7 видоизменится и будет вычисляться по формуле:

$$\Delta v_{\text{пр}} = v_{\text{изм}} - \Delta v = v_{\text{изм}} - (\Delta v_t + \Delta v_q). \quad (57)$$

Б. Сострелка орудий одиночного корабля по измеренным отклонениям

Сострелку желательно проводить снарядами табличного веса (H) и обязательно зарядами одной партии и марки пороха.

Сострелка по измеренным отклонениям требует поставки корабля на бочку или, лучше, на две бочки, установки репера (щита) и организации измерения отклонений.

Измерение отклонений точек падений от репера может производиться двумя способами:

- 1) при помощи фотографирования и
- 2) при помощи сопряженных наблюдений с берега (рис. 23).

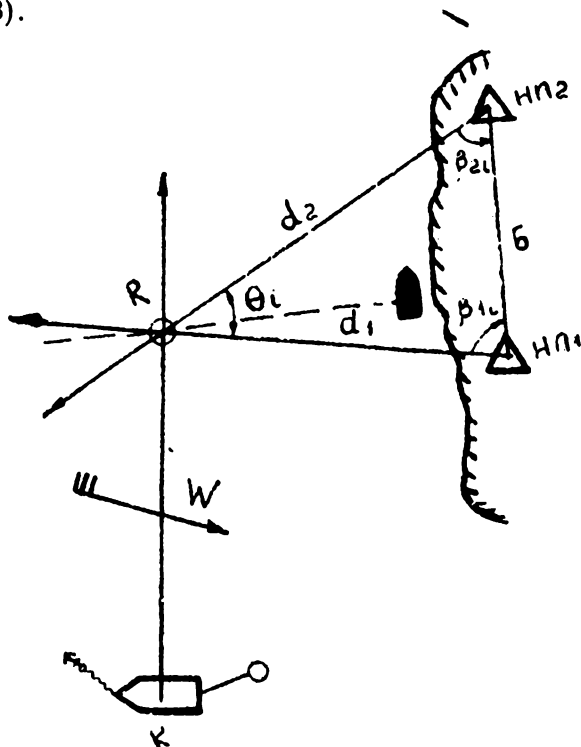


Рис. 23.

В первом случае корабль, с которого производится фотографирование, должен быть установлен так, чтобы оптическая ось фотоаппарата была возможно более строго перпендикулярна к линии корабль—репера (KR) и расстояние между репером и фотоаппаратом было точно измерено и известно. Если возможно репера установить близко от берега, то фотоаппарат может быть установлен на берегу.

Во втором случае посты сопряженных наблюдений $НП_1$ и $НП_2$ устанавливаются так, чтобы:

— угол засечки θ был возможно больше (не менее $25-30^\circ$);

— линия, соединяющая середину базы B и репер, была бы ближе к перпендикуляру линии KR ;

— дальности сопряженных наблюдений d_1 и d_2 были невелики, не более 3000—4500 м.

Во время сострелки должны вестись метеорологические наблюдения.

Важно, чтобы сострелка была проведена в кратчайший промежуток времени.

По данным записей рассчитываются отклонения по дальности и заполняются столбцы схемы обработки сострелки (таблица 4):

Столбцы 12 и 13 заполняются только в том случае, если индивидуальные поправки вводятся в табличных единицах.

Порядок обработки и вывод индивидуальных поправок видны из схемы.

Столбец 4 заполняется по расчету, столбец 6 заполняется или непосредственно по выборке величин Δx_{t_3} из ОТС по данным столбца 5, или по вычислению:

$$\Delta x_{t_3} = \left(\frac{\partial x}{\partial t} \right) \Delta t_3, \quad (58)$$

$$\text{или } \Delta x_{t_3} = \left(\frac{\partial x}{\partial v} \right) \cdot 0,11 \Delta t_3^\circ.$$

Величина отклонений вследствие отступления плотности воздуха от нормальной и вследствие влияния продольной составляющей ветра вычисляется один раз для всей схемы:

$$\Delta x_{w_x} = \left(\frac{\partial x}{\partial v} \right) w \cos \alpha, \quad (59)$$

где $\frac{\partial x}{\partial w_x}$ — изменение дальности вследствие влияния продольного ветра со скоростью 1 м/сек;

w — скорость ветра в м/сек;

α — угол между направлением ветра и направлением на репер.

$$\Delta x_n = \left(\frac{\partial x}{\partial \Pi} \right) \Delta \Pi, \quad (60)$$

где $\frac{\partial x}{\partial \Pi}$ — изменение дальности, происходящее вследствие отступления плотности воздуха от нормальной на 1% (из ОТС).

Столбец 10 вычисляется по формуле:

$$\frac{\Delta v}{v} \% = \frac{\Delta x_{\text{ср. табл.}}}{\left(\frac{\partial x}{\partial v} \right) D \cos i \rho}. \quad (61)$$

Схема обработки сострелки орудий одиночного корабля по измеренным отклонениям

№ орудий	№ выстрелов	$t_3^{\circ}C$	Отклонение от репера, саж.	Δt_3	Из ОТС		$\Delta x_{табл} = \Delta x_{изм} - (гр. 7),$ саж.	Средние $\Delta x_{табл}$, саж.	$\frac{\Delta v}{v}$ в % нач. скорости	Индивидуальные поправки в % нач. скорости	Δx_{v_1} , саж.	Индивид. поправки в таблич. единицах, каб.
					Δx_{t_3} , саж.	$\Delta x_{t_3} + \Delta x_{п} + \Delta x_{w_x}$, саж.						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1	-20	-220	+5	+38	-86	-306	-	-	-	-	-
	5	+220	-184	+7	+54	+102	-286	-308	-4,28	+3,49	-501	+4
	13	+235	-200	+8,5	+65	+113	-313	-	-	-	-	-
	17	+25	-202	+10	+77	+125	-327	-	-	-	-	-
2	2	15	-20	0	0	+43	-68	-	-	-	-	-
	6	17	+18	+2	+16	+64	-46	-57	0,79	0	-92 (усл.)	0 (усл.)
	10	19	+61	+4	+31	+79	-18	-	-	-	-	-
	18	18	21	0	+6	+46	+94	-	-	-	-	-
3	3	27	+145	+12	-93	+141	+4	-	-	-	-	-
	7	30	+57	+15	+116	+164	-107	-	-	-	-	+1
	11	31	+167	+16	+124	+172	-5	-119	-4,65	+0,86	-193	-
	13	32	+50	+17	+181	+179	-129	-	-	-	-	-
	19	32	+50	+17	+181	+179	-129	-	-	-	-	-
4	4	28	-45	+13	+100	+148	-193	-	-	-	-	-
	8	29	-79	+14	+108	+156	-235	-189	-2,62	+1,03	-306	+21/8
	12	31	+28	+16	+124	+172	-144	-	-	-	-	-
	16	31	+28	+16	+124	+172	-144	-	-	-	-	-
	20	33	+3	+18	+139	+187	-184	-	-	-	-	-

Примечание. Величины в ст. 11 и 13 — поправки, а не отклонения.

Цифры столбца 11 получаются из цифр столбца 10 как разности между падениями начальных скоростей каждого орудия, для которого падение начальной скорости условно принято за нуль.

Цифры столбца 12 представляют отклонения, происходящие вследствие падения скоростей, и вычисляются по формуле:

$$\Delta x_v = \left(\frac{\partial x}{\partial v}\right)_{D_0} \cdot \frac{\Delta v}{v}, \quad (62)$$

где $\left(\frac{\partial x}{\partial v}\right)_{D_0}$ — изменение дальности, происходящее от изменения начальной скорости на 1% для той условно взятой дальности (D_0), для которой градуирована шкала корректора индивидуальной поправки;

$\frac{\Delta v}{v}$ — выбирается из столбца 10 схемы.

Цифры столбца 13 получены аналогично столбцу 11.

Рассмотрим пример обработки сострелки по измеренным отклонениям тех же орудий, что и в таблице 3, и при одинаковых условиях. Ветер под углом 32° , противный направлению стрельбы, со скоростью $7,3$ м/сек.

$$\Delta \Pi = -4,0\%, \quad W_x = W \cos 32^\circ = 7,3 \cdot 0,848 = 6,2 \text{ м/сек.}$$

$$\left(\frac{\partial x}{\partial v}\right)_{48} \text{ (прицел 48 каб.)} = 72 \text{ саж.}; \quad \left(\frac{\partial x}{\partial v}\right)_{100} = 117 \text{ саж.}$$

$$\left(\frac{\partial x}{\partial w_x}\right)_{48} = 2,9 \text{ саж.}, \quad \Delta x_{w_x} = 2,9 \cdot 6,2 = -17,98 \text{ саж.} = -18 \text{ саж.}$$

$$\Delta x_{\Pi} = +66 \text{ саж.}$$

Расчет показан в таблице 4.

§ 13. Сострелка орудий группы кораблей

Если сострелка орудий группы кораблей производится по измерению начальных скоростей, то схема обработки сострелки орудий группы кораблей будет отличаться от схемы обработки сострелки одиночного корабля только тем, что при обработке сострелки орудий группы кораблей индивидуальные поправки следует выводить по отношению к табличной v_0 и не следует вводить условных нулей, т. к. это будет крайне неудобно в организационном отношении.

Следовательно, при обработке схемы сострелки орудий группы кораблей цифры столбца 10 (таблица 3) будут по абсолютным значениям равны цифрам столбца 9, но должны быть с обратным знаком по отношению к столбцу 9, т. к.

цифры столбца 10 — поправки, а не отклонения. Это правило относится и к обработке сострелки по измеренным отклонениям.

Чтобы вывести поправки по отношению к табличной v_0 , необходимо знать не только отклонения точек падений снаряда от репера, но и самые топографические дальности до точек падений, из которых, по приведении их к нормальным условиям температуры пороха и плотности воздуха (при отсутствии ветра), выводятся средние дальности. Эти средние дальности, освобожденные от условий данного момента, сравниваются с дальностью до репера, которая в этом случае должна быть измерена точно, геодезически.

Если для сострелки орудий одиночного корабля по измеренным отклонениям требуется оборудование полигона сопряженными наблюдениями, то для сострелки орудий группы кораблей — и геодезическое измерение дальности от точки установки корабля до репера.

Если измерение отклонений производится по фотографиям, то для сострелки орудий одиночного корабля требуется только установка бочек, а для сострелки группы кораблей, кроме того, потребуются геодезическое измерение расстояния между точками стояния кораблей и репера.

В таблице 5 показана схема обработки сострелки орудий соединения кораблей. Исходные данные: ветер $32^\circ - 2,3$ м/сек, $\Delta\Pi = -4,0\%$, прицел 52 каб., топографическая дальность до репера 50,12 каб. = 5012 саж., из $ОТС\left(\frac{\partial x}{\partial v}\right)_{52} = 76$ саж.

$$\left(\frac{\partial x}{\partial w_x}\right)_{52} = 3,3 \text{ саж.}; \Delta x_n = +77 \text{ саж.}; \left(\frac{\partial x}{\partial v}\right)_{100} = 117 \text{ саж.}$$

$$\Delta x_{w_x} = \left(\frac{\partial x}{\partial w_x}\right)_{52} \cdot 7,3 \cdot \cos 32^\circ = -20,43 \text{ саж.}$$

$$\Delta x_n + \Delta x_{w_x} = 77 - 20 = 57 \text{ саж.}; v_0 = 870 \text{ м/сек.}$$

§ 14. Ошибки сострелки и вероятная величина наибольшей разнорядности, остающейся после введения индивидуальных поправок

1. При производстве сострелки по измерению начальных скоростей будем иметь следующую систему ошибок:

1) Ошибки измерения начальных скоростей E_v приборные, они определяются опытным путем.

2) Ошибки в начальной скорости вследствие ошибок учета температуры пороха в зарядах при приведении измеренной начальной скорости к табличным условиям:

$$E_{v,t} = 0,0011 v_0 E_t, \text{ или } E_{v,t}\% = 0,11 E_t. \quad (63)$$

Часто для сострелки принимают $E_t = 0^\circ,4 С$.

3) Ошибки начальной скорости вследствие ошибок в весах снарядов, характеризуемых срединным отклонением:

$$E_{v,q} = \frac{0,4v_0}{q} E_q, \quad (64)$$

где E_q — срединное отклонение, характеризующее закон ошибок веса снаряда;

или
$$E_{v,q}(\%) = 40 v_0 \frac{E_q}{q}; \quad (65)$$

$$\frac{E_q}{q} = \frac{1}{600}.$$

4) Ошибки начальной скорости вследствие ошибок в весах зарядов, характеризуемые срединной ошибкой:

$$E_{v,\omega} = \frac{0,75}{\omega} \cdot E_\omega;$$

$$E_{v,\omega} \% = 75 \frac{E_\omega}{\omega}. \quad (66)$$

Для значения $\frac{E_\omega}{\omega}$ надо из таблицы допусков выбрать значение $\frac{\Delta\omega}{\omega}$ и взять 1/4 этой величины.

5) Отклонение начальной скорости вследствие отклонений содержания в порохе летучих веществ (отклонение во влажности пороха), характеризуемое срединным отклонением:

$$E_{v,n} = 0,045 \cdot v_0 E_n,$$

$$E_n = \frac{1}{4} \Delta H_{\max}, \quad (67)$$

где ΔH_{\max} — наибольшее отклонение содержания летучих веществ.

Срединная ошибка, характеризующая распределение в измерении начальных скоростей орудия, принимая во внимание независимость перечисленных ошибок, будет:

$$E_{v, \text{состр}} = \quad (68)$$

$$= \frac{1}{\sqrt{m}} \sqrt{E_{v, \text{приб}}^2 + 121 \cdot 10^{-8} v_0^2 E_t^2 + 0,16 v_0^2 \frac{E_q^2}{q^2} + 0,563 v_0^2 \frac{E_\omega^2}{\omega^2} + 0,002 v_0^2 E_n^2}.$$

Таблица 5.

С Х Е М А
обработки сострелки по измеренным отклонениям соединения кораблей

№ орудия	№ выстрелов	t_3	Отклонения, измеренные от перера, саж.	Измеренные дальности до точек падения, саж.	$\Delta t_3 = t_3 - 15^\circ$	Δx_{t_3} , саж.	$\Delta x_{t_3} + \Delta x_{t_3} + \Delta x_{w_{x_3}}$, саж.	$D_{табл} = D_{изм} - (8)$, саж.	D табл. средние, саж.	$\Delta D_{табл} = D_{табл. ср} - D_{изм}$, саж.	$\frac{\Delta v}{v} \% = D_{табл} \cdot \left(\frac{\partial v}{\partial x} \right) D_{состр}$	Индивид. попр. орудий в % нач. скорости, саж.	$\Delta x_v = \left(\frac{\partial x}{\partial v} \right) \frac{\Delta v}{v} \%$, саж.	Индивид. попр. орудий в табличных единицах
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	10	+22	-130	4882	+5	+41	+98	4784	4777	$D_{табл} = D_{изм} - (8)$, саж.	$\frac{\Delta v}{v} \% = D_{табл} \cdot \left(\frac{\partial v}{\partial x} \right) D_{состр}$	Индивид. попр. орудий в % нач. скорости, саж.	$\Delta x_v = \left(\frac{\partial x}{\partial v} \right) \frac{\Delta v}{v} \%$, саж.	Индивид. попр. орудий в табличных единицах
	19	+22	-84	4928	+7	+57	+114	4814	4777	$D_{табл} = D_{изм} - (8)$, саж.	$\frac{\Delta v}{v} \% = D_{табл} \cdot \left(\frac{\partial v}{\partial x} \right) D_{состр}$	Индивид. попр. орудий в % нач. скорости, саж.	$\Delta x_v = \left(\frac{\partial x}{\partial v} \right) \frac{\Delta v}{v} \%$, саж.	Индивид. попр. орудий в табличных единицах
	28	+23,5	-104	4908	+8,5	+70	+127	4781	4777	$D_{табл} = D_{изм} - (8)$, саж.	$\frac{\Delta v}{v} \% = D_{табл} \cdot \left(\frac{\partial v}{\partial x} \right) D_{состр}$	Индивид. попр. орудий в % нач. скорости, саж.	$\Delta x_v = \left(\frac{\partial x}{\partial v} \right) \frac{\Delta v}{v} \%$, саж.	Индивид. попр. орудий в табличных единицах
2	37	+25	-112	4900	+10	+82	+139	4761	4777	$D_{табл} = D_{изм} - (8)$, саж.	$\frac{\Delta v}{v} \% = D_{табл} \cdot \left(\frac{\partial v}{\partial x} \right) D_{состр}$	Индивид. попр. орудий в % нач. скорости, саж.	$\Delta x_v = \left(\frac{\partial x}{\partial v} \right) \frac{\Delta v}{v} \%$, саж.	Индивид. попр. орудий в табличных единицах
	46	+26	-120	4892	+11	+90	+147	4745	4777	$D_{табл} = D_{изм} - (8)$, саж.	$\frac{\Delta v}{v} \% = D_{табл} \cdot \left(\frac{\partial v}{\partial x} \right) D_{состр}$	Индивид. попр. орудий в % нач. скорости, саж.	$\Delta x_v = \left(\frac{\partial x}{\partial v} \right) \frac{\Delta v}{v} \%$, саж.	Индивид. попр. орудий в табличных единицах
2	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Срединная ошибка, характеризующая распределение средней траектории одного орудия для любой дальности, выражается

$$R_{\text{ор}} = \left(\frac{\partial x}{\partial v} \right) E_{v, \text{состр}} \%, \quad (69)$$

где $\frac{\partial x}{\partial v}$ — изменение дальности, происходящее от изменения начальной скорости на 1% (из ОТС).

II. Когда сострелка проводится по измеренным отклонениям, будет иметь место следующая система ошибок:

1) Ошибки измерения отклонений δ , зависящие от способа измерения.

2) Ошибки дальности, происходящие от ошибки измерения температуры пороха, характеризуемые срединной ошибкой:

$$\left(\frac{\partial x}{\partial t} \right)_{D_{\text{состр}}} \cdot E_t. \quad (70)$$

3) Ошибки дальности, происходящие вследствие ошибки учета продольной составляющей ветра, характеризуемые срединной ошибкой, равны:

$$\left(\frac{\partial x}{\partial w_x} \right)_{D_{\text{состр}}} \cdot E_{w_x}, \quad (71)$$

обычно $E_{w_x} = 1,0 \div 1,1 \text{ м/сек}$.

4) Ошибки дальности, происходящие вследствие ошибок учета влияния плотности воздуха, характеризуемые срединной ошибкой:

$$\left(\frac{\partial x}{\partial \Pi} \right) E_{\Pi}; \quad (72)$$

обычно $E_{\Pi} = 0,5\%$.

5) Ошибки суждения о месте средней траектории, характеризующиеся величиной B_{Π} .

Срединная ошибка распределения средней траектории для той дальности, на которую производилась сострелка, будет:

$$E_{\text{ор. состр}} = \sqrt{\frac{\delta^2 + B_{\Pi}^2 + \left(\frac{\partial x}{\partial t} E_t \right)^2}{m} + \left(\frac{\partial x}{\partial w_x} E_{w_x} \right)^2 + \left(\frac{\partial x}{\partial \Pi} E_{\Pi} \right)^2} \quad (73)$$

а для любой дальности

$$R_{\text{ор. состр}} = \frac{\left(\frac{\partial x}{\partial v} \right)_D \cdot E_{\text{ор. состр}}}{\left(\frac{\partial x}{\partial v} \right)_{D_{\text{состр}}}}, \quad (74)$$

где $\left(\frac{\partial x}{\partial v}\right)_{\text{состр}}$ и $\left(\frac{\partial x}{\partial v}\right)_D$ — изменения дальности, происходящие вследствие изменения начальной скорости на 1% на дальности сострелки и на заданной дальности D соответственно.

Очевидно, что полный учет разнобойности (до нуля) невозможен. Следовательно, надо ожидать наличия небольшой остающейся разнобойности и после введения индивидуальных поправок. Определить величину остающейся после сострелки разнобойности тоже нельзя; но можно найти такое значение для остающейся разнобойности, относительно которого можно с наперед заданной вероятностью утверждать, что остающаяся разнобойность не превзойдет найденного значения.

Вероятность того, что остающаяся разнобойность при сострелке двух орудий не превзойдет величины η_2 , будет:

$$P_{\eta_2} = \hat{\Phi}\left(\frac{\eta_2 \sqrt{2}}{2E_{\text{ор}}}\right), \quad (75)$$

или, выражая в единицах $E_{\text{ор}}$, получим:

$$P_{\eta_2} = \hat{\Phi}\left(\frac{\eta_2 \sqrt{2}}{2}\right).$$

Вероятность того, что остающаяся разнобойность при сострелке m орудий ($m > 2$) не превзойдет величины η_m , имеет вид:

$$P_{\eta_m} = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\rho}{E_{\text{ор}} \sqrt{\pi}} \cdot e^{-\frac{\rho^2 x^2}{E_{\text{ор}}^2}} \left\{ \frac{1}{2} \left[\hat{\Phi}\left(\frac{x+\eta_m}{E_{\text{ор}}}\right) \cdot \hat{\Phi}\left(\frac{x-\eta_m}{E_{\text{ор}}}\right) \right] \right\}^{m-1} dx. \quad (76)$$

В таблице 6 подсчитана по формуле (76) остающаяся разнобойность (2а) в срединных ошибках сострелки.

Таблица 6

Число орудий	$P=50\%$	$P=80\%$
	$\eta_m=2a$ в B_d	$\eta_m=2a$ в B_d
9	3,30	4,40
12	3,45	4,50
18	3,80	4,80
24	4,00	5,05

§ 32. Баллистическая подготовка

К баллистическим факторам, влияющим на изменения начальной скорости снаряда v_0 , относятся:

- несоответствие физических и химических свойств пороха;
- несоответствие веса заряда его штатному значению;
- изменение баллистических качеств пороха от условий и длительности его хранения на корабле;
- износ канала ствола;
- недосылка снаряда;
- отклонение температуры пороха заряда от табличной;
- изменение веса снаряда;
- нагревание канала ствола орудия во время стрельбы.

Очевидно, что роль перечисленных факторов неодинакова. В существующих современных системах ПУС учитываются важнейшие из них, а именно: влияние износа канала ствола, отклонение температуры заряда от табличной и отклонение веса снаряда от табличного.

Следовательно, баллистическая подготовка имеет основной задачей определение изменения начальной скорости снаряда от табличной в зависимости от износа стволов орудий; от температуры заряда, от веса снаряда.

Кроме того, баллистическая подготовка предусматривает:

- распределение боеприпасов по погребам и организацию их подачи к орудиям в таком порядке, чтобы стрельба по одной цели велась зарядами одной партии пороха и снарядами одного допуска в весе с целью уменьшения рассеивания выстрелов в залпе;

— определение поправки на удаление смазки канала ствола орудия; эта поправка со знаком «плюс» вводится к первому залпу и после первого залпа снимается. Необходимость этой поправки объясняется тем, что часть энергии сгорающего порохового заряда расходуется на сжигание смазки. Величина поправки на удаление смазки при стрельбе с протертым стволом принимается равной +2%, а при стрельбе со смазанным стволом +3%. Для удаления смазки могут применяться вспомогательные выстрелы, которые исключают необходимость введения этой поправки;

— определение времени запаздывания выстрела и установку его на упредителе залпа.

Величина изменения начальной скорости снаряда вследствие износа канала ствола орудия Δv_{0c} в процентах определяется для каждого орудия отдельно существующими способами. Затем вычисляется средняя для всех орудий величина изменения начальной скорости как среднее арифметическое из величин изменения начальной скорости всех орудий. Вычисленную с точностью до 0,5% среднюю величину Δv_{0c} устанавливают на шкалы соответствующих механизмов центрального автомата стрельбы (ЦАС) или резервного автомата стрельбы (РАС).

Следует иметь в виду, что полученную среднюю величину устанавливают всегда со знаком «минус», а приборы вырабатывают поправку на износ каналов стволов орудий в угол вертикального наведения со знаком «плюс».

Если на принимающих приборах ПУВН у орудий имеются специальные корректоры, позволяющие устанавливать изменение начальной скорости индивидуально для каждого орудия, то средняя величина изменения начальной скорости от износа не рассчитывается.

Изменение начальной скорости снаряда вследствие отклонения температуры заряда от нормальной $\Delta v_{0з}$ определяется из условия:

$$\Delta v_{0з} \% = 0,11 \Delta t_3^{\circ}, \quad (127)$$

$$\Delta t_3^{\circ} = t_3^{\circ} - 15^{\circ}, \quad (128)$$

где t_3° — средняя температура зарядов (погребов).

Величина $\Delta v_{0з}$ имеет знак «плюс» при температуре заряда, большей 15°C, и знак «минус» — при температуре заряда, меньшей 15°C.

Из формулы (127) видно, что в среднем отклонение температуры заряда от табличной на 9° изменяет начальную скорость снаряда на 1%.

За температуру зарядов принимается температура погребов, в которых они хранятся на корабле.

Пример. Корабль имеет 4 орудия, каждое из которых питается из отдельного погреба.

Температура погребов

№№ погребов	t_3°
1	26°
2	22°
3	24°
4	28°

Определить величину изменения начальной скорости Δv_{0_3} .

Решение:

$$t_3^\circ = \frac{26+22+24+28}{4} = 25^\circ,$$

$$\Delta t_3^\circ = 25^\circ - 15^\circ = +10^\circ,$$

$$\Delta v_{0_3} \% = 0,11 \cdot 10 = +1,1\%.$$

При наличии корректоров на принимающих ПУВН орудий общая для всех орудий величина Δv_{0_3} не рассчитывается, а для каждого орудия определяется индивидуальное изменение начальной скорости вследствие отступления температуры заряда от нормальной.

Так как величина изменения начальной скорости вследствие износа каналов стволов и вследствие отступления температуры заряда устанавливается на одни и те же ЦАС или РАС, то принято вместо указанных двух величин устанавливать суммарное изменение начальной скорости, рассчитанное по формуле:

$$\Delta v_{0_2} \% = \Delta v_{0_c} \% + \Delta v_{0_3} \% \quad (129)$$

Если на принимающих углах вертикального наведения у орудий имеются корректоры для установки индивидуального изменения начальной скорости, то суммарное изменение начальной скорости рассчитывается и устанавливается для каждого орудия отдельно. Механизм корректора на базе установленного суммарного изменения начальной скорости будет вырабатывать поправку в ПУВН как функцию угла прицеливания α .

Так как на корректорах принимающих ПУВН у орудий шкалы рассчитаны обычно на установку величины изменения

начальной скорости не более $\pm 3\%$, то если суммарное изменение начальной скорости хотя бы для одного орудия будет больше 3% , необходимо из суммарных изменений начальной скорости всех орудий выделить общую часть, равную наименьшему суммарному изменению начальной скорости, и установить непосредственно на ЦАС или РАС.

Оставшаяся же часть суммарного изменения начальной скорости (индивидуальная для каждого орудия) устанавливается на корректорах принимающих ПУВН орудий.

Пример. Корабль имеет три орудия, для которых определены величины изменения начальной скорости снаряда.

№№ орудий	$\Delta v_{0c} \%$	$\Delta v_{0s} \%$
1	-4	+0,5
2	-5	+0,5
3	-3	+1

Определить суммарное изменение начальной скорости для каждого орудия и рассчитать общую и индивидуальную части от полученных величин суммарных изменений начальных скоростей для установки на приборах.

Решение. Орудие № 1 $\Delta v_{0z} = -4 + 0,5 = -3,5\%$.

Орудие № 2 $\Delta v_{0z} = -5 + 0,5 = -4,5\%$.

Орудие № 3 $\Delta v_{0z} = -3 + 1 = -2\%$.

Выделим общую часть Δx_{0z} , которую можно принять равной 2% , тогда индивидуальная часть Δx_{0z} для каждого орудия будет:

орудие № 1 $(-3,5) - (-2) = -1,5\%$;

орудие № 2 $(-4,5) - (-2) = -2,5\%$;

орудие № 3 $(-2) - (-2) = 0$.

Если суммарные изменения начальной скорости орудий резко отличаются друг от друга по величине, то за общую часть можно принять среднее для всех орудий суммарное изменение начальной скорости.

Тогда индивидуальная для каждого орудия часть найдется по разности суммарного изменения начальной скорости для данного орудия и средней величины — для всех орудий, а индивидуальные поправки будут иметь знаки и «минус», и «плюс» (величина которых будет меньше среднего значения).

Для кораблей, не имеющих ПУС (или вышедших из строя), суммарное изменение начальной скорости снаряда

рассчитывается так же, как мы рассмотрели, а затем рассчитывается поправка дальности стрельбы на суммарное изменение начальной скорости снаряда $\nabla x v_{0z}$.

Поправка дальности определяется при помощи ОТС, в которой выбирается величина изменения дальности от изменения начальной скорости снаряда на 1% $\left(\frac{\partial x}{\partial v_0}\right)$, а затем умножается на величину суммарного изменения начальной скорости снаряда, т. е.

$$\nabla x v_{0z} = \left(\frac{\partial x}{\partial v_0}\right) \Delta v_{0z}. \quad (130)$$

При предварительной подготовке дистанция стрельбы еще не будет известна, а поэтому поправку дальности на суммарное изменение начальной скорости следует рассчитывать для нескольких наиболее вероятных дистанций стрельбы с интервалами по дистанции в 10 каб.

Поправка на отклонение в весе снаряда учитывается в настоящее время только на кораблях, не имеющих систем ПУС.

Поправка дальности на отклонение веса снаряда от табличного ∇x_q выбирается из ОТС со знаком, обратным знаку изменения дальности.

Следует иметь в виду, что в ОТС дается не поправка, а величина изменения дальности со знаком, отвечающим увеличению веса снаряда на один весовой знак, т. е. на +2—3%. Поэтому знак поправки берется: при положительном весовом знаке — обратный указанному в таблице, а при отрицательном весовом знаке — тот же, что и в таблице.

При большом числе весовых знаков на снаряде выбранную из таблицы величину следует умножить на количество знаков.

Пример. 130-миллиметровое орудие 50 каб. длиной, заряд боевой, на снаряде два положительных весовых знака (++) ; определить поправку дальности на отклонение в весе снаряда.

Решение. Табличная поправка на один весовой знак $\nabla x_q = +5$ саж., на два знака $\nabla x_q = 5 \cdot 2 = +10$ саж.

При стрельбе с системами ПУС универсальных калибров учет отклонения веса снаряда от табличного производится в виде приведенного изменения плотности воздуха ΔP_q .

Это объясняется тем, что при отклонении веса снаряда от табличного дальность и высота точки разрыва изменяется под влиянием двух противоположно действующих параметров:

— начальной скорости снаряда v_0 ;

— баллистического коэффициента C , а следовательно, ускорения силы сопротивления воздуха j .

Величина и знак изменения дальности точки разрыва от отклонения в весе снаряда зависят от того, какой из указанных выше параметров будет оказывать большее влияние.

На больших и средних дальностях стрельбы большое влияние оказывает ускорение силы сопротивления воздуха, изменение которой считают аналогичным влиянию меняющейся плотности воздуха.

Приведенное отклонение плотности воздуха, отвечающее отклонению веса снаряда от табличного ΔP_q , определяется по весовым знакам на снарядах согласно таблице 9.

Таблица 9

Весовой знак на снаряде	++++	+++	++	+	Н			---	----
$\Delta P_q\%$	-2,7	-2,0	-1,3	-0,7	0	+0,7	+1,3	+2,0	+2,7

Как видно из таблицы, один весовой знак на снаряде (+) или (-) соответствует приведенному изменению плотности воздуха на $\pm 0,7\%$.

Знак приведенного изменения плотности воздуха от отклонения веса снаряда от табличного берется обратный маркировочным знакам на снаряде.

Вычисленное приведенное отклонение плотности воздуха в процентах учитывается совместно с отклонением плотности воздуха, полученным в результате метеорологической подготовки (§ 33).

Отступление веса снаряда от табличного в других системах ПУС и в табличных способах стрельбы не учитывается.

Принимая ошибку определения веса снаряда в пределах одного знака равновероятной, будем иметь приведенную среднюю ошибку определения отступления плотности воздуха вследствие отступления веса снаряда от табличного в пределах одного весового знака, равную:

$$E_{P_q} = 0,15\% \text{ от } P_N,$$

где P_N — нормальная плотность воздуха.

При стрельбе из автоматических артиллерийских установок малого калибра (например, 30-миллиметровых) с системой ПУС баллистическая подготовка стрельбы состоит из определения и учета:

— изменения начальной скорости снаряда вследствие износа канала ствола Δv_{0c} ;

— изменения начальной скорости снаряда вследствие отклонения температуры заряда от табличной Δv_{0tz} ;

— приведенного отклонения начальной скорости снаряда от табличной вследствие отклонения наземной плотности воздуха от табличной $\Delta v_{0\Delta n}$.

На приборе устанавливается суммарное отклонение начальной скорости снаряда Δv_0 , равное:

$$\Delta v_0 \% = \Delta v_{0c} + \Delta v_{0tz} + \Delta v_{0\Delta n}.$$

Изменение начальной скорости снаряда в зависимости от износа канала ствола Δv_{0c} определяется по числу выстрелов, произведенных из ствола (для конкретной артустановки будут свои данные).

Изменение начальной скорости снаряда вследствие отклонения температуры заряда от табличной определяется по известной формуле:

$$\Delta v_{0tz} = 0,11 (t_{зар}^{\circ} - 15^{\circ}C) \%.$$

Величина $\Delta v_{0\Delta n}$ определяется для высот до 2000 м по приближенной формуле:

$$\Delta v_{0\Delta n} \% = 0,36 \Delta \Pi,$$

где $\Delta \Pi$ — отклонение наземной плотности воздуха от табличной, определяется по таблице 11.