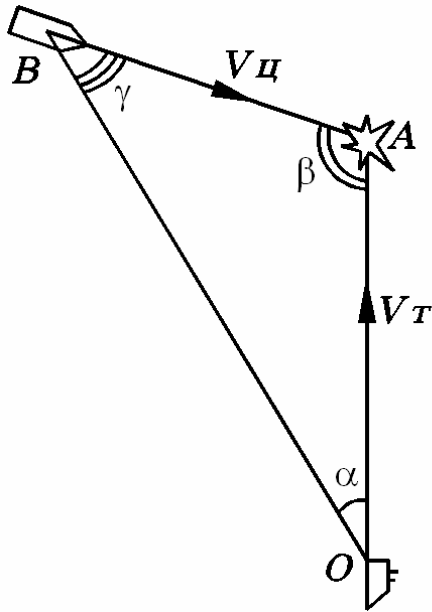


Расчет угла упреждения при стрельбе прямоидущими торпедами



O – место подлодки в момент выстрела;

A – точка встречи торпеды с целью;

B – место цели в момент выстрела;

α – угол упреждения;

β – угол между курсами подлодки (торпеды) и цели;

V_T – скорость торпеды;

$V_{ц}$ – скорость цели.

Условие встречи торпеды с целью:

$AB = t \cdot V_{ц}$, где t – время хода торпеды

$$OA = t \cdot V_T$$

По теореме синусов

$$\frac{AB}{\sin \alpha} = \frac{OA}{\sin \gamma}$$

$$\frac{t \cdot V_{ц}}{\sin \alpha} = \frac{t \cdot V_T}{\sin \gamma}$$

$$\frac{V_{ц}}{\sin \alpha} = \frac{V_T}{\sin \gamma}$$

$\gamma = \pi - (\alpha + \beta)$. Соответственно, $\sin \gamma = \sin(\alpha + \beta)$

$$\frac{V_{ц}}{\sin \alpha} = \frac{V_T}{\sin(\alpha + \beta)} = \frac{V_T}{\sin \alpha \cdot \cos \beta + \cos \alpha \cdot \sin \beta}$$

$$V_{ц} \cdot (\sin \alpha \cdot \cos \beta + \cos \alpha \cdot \sin \beta) = V_T \cdot \sin \alpha$$

$$\frac{V_{ц}}{V_T} \cdot (\sin \alpha \cdot \cos \beta + \cos \alpha \cdot \sin \beta) = \sin \alpha$$

Обозначив $A = \frac{V_{ц}}{V_T}$, получим:

$$A \cdot (\sin \alpha \cdot \cos \beta + \cos \alpha \cdot \sin \beta) = \sin \alpha$$

$$\sin \alpha \cdot \cos \beta + \cos \alpha \cdot \sin \beta = \frac{1}{A} \cdot \sin \alpha$$

$$\sin \alpha \cdot \cos \beta + \cos \alpha \cdot \sin \beta - \frac{1}{A} \cdot \sin \alpha = 0$$

Как видим, дальность до цели в расчетные формулы не входит. Последнее трансцендентное уравнение решалось относительно α численными методами в программе MathCad для различных A (от 0,05 до 1,0) и β (от 30 до 150 градусов, слишком острые и слишком тупые углы не рассматривались как не имеющие практического значения). В результате была составлена таблица углов упреждения.

Для использования таблицы необходимо в процессе игры определить значения A и β . Это может быть сделано разными способами:

1) A и β определяются вручную по результатам измерений параметров движения цели с помощью перископа (максимальный реализм). Для этого определяется скорость движения цели и ее истинный курс. Затем с помощью вспомогательной таблицы, содержащей скорости движения торпед на всех режимах, определяется A . Угол β определяется как разница между курсами лодки (берется по компасу) и цели.

2) A и β определяются полуавтоматически в режиме пониженного реализма. Скорость цели высвечивается при наведении перископа на цель, после чего снова используется вспомогательная таблица. Угол β удобно определять транспортиром в режиме навигационной карты. Для этого необходимо сделать две отметки положения цели и провести через них прямую. Если при этом задействовать секундомер, то можно без перископа получить скорость цели как отношение расстояния между точками к интервалу времени.

Полученная таблица упреждений тестировалась путем стрельбы одиночными торпедами по торговым судам с разными начальными значениями A , β и дальности в момент пуска. Определение элементов движения цели производилось при пониженном реализме, как не относящееся напрямую к

проверке таблицы. Лодка типа С. Поскольку в режиме отдельного сценария ей полагались торпеды только одного типа, 53-38, для увеличения параметра А приходилось использовать режим медленного хода (режим I). Можно было бы вместо этого атаковать военные корабли на больших ходах, но они более энергично маневрируют при приближении торпеды и увеличивают вероятность промаха, не связанного с табличными ошибками. По той же причине квалификация команды цели выставлялась на «poor».

Результаты тестирования приведены в отдельной таблице, относительное количество попаданий – 75%. Промахи объясняются достаточно большим «шагом» таблицы, особенно по углу β . Такой шаг принят намеренно, чтобы таблица умещалась на одном листе А4 с читаемым шрифтом. Поэтому при стрельбе надо подключать голову в тех случаях, когда расчетные значения А и β оказываются промежуточными между указанными в таблице. Необходимо помнить, что на дистанции 1000 м изменение угла упреждения на 1 градус ведет к смещению точки встречи с целью на 17 метров. Соответственно, на 2000 м это 34 метра, на 3000 – 51. Все промахи при тестировании именно так и выглядели – торпеды проходили в десятке-другом метрах от носа (Н) или кормы (К) цели. Буква М при попаданиях означает мидель цели, «в яблочко».

Кроме «шага» таблицы, источником промахов являлось маневрирование цели, от которого до конца избавиться так и не удалось. Например, гигантскому европейскому лайнеру, удалось на большой скорости уклониться от одиночной торпеды. Если бы стрельба велась, как положено, последовательно в нос, мидель и корму, то лайнер бы не ушел.

Вот и все, пожалуй. Счастливой охоты!

Glavkos

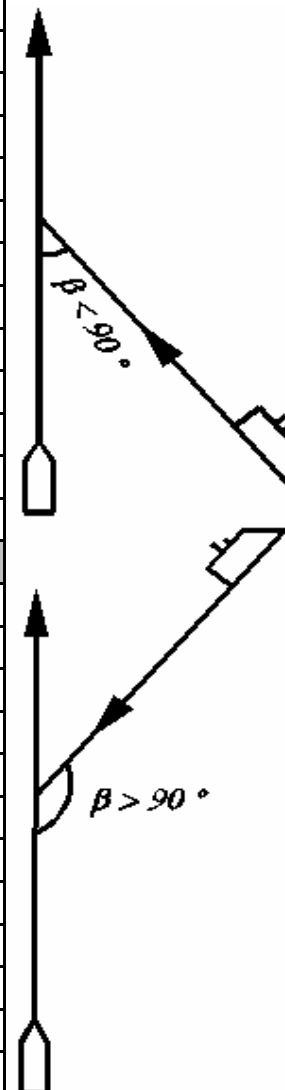
Результаты тестирования таблицы упреждений

№ п/п	Цель	Дальность в момент пуска торпеды, м	Скорость, уз	Измеренный угол β , град	Режим торпеды	Ближайшие значения		Упреждение, град.	Результат
						A	β , град.		
1	Буксир	3800	7	90	II	0,15	90	8,5	Промых (К)
2	Малое грузовое судно	1550	10	90	II	0,2	90	12,5	Попадание (М)
3	Транспорт типа «Виктория»	2500	15	90	I	0,5	90	26,0	Попадание (К)
4	Гигантский европейский лайнер	5900	21	90	I	0,7	90	35	Попадание (Н)
5	Малый старый танкер	1000	5	118	II	0,1	120	5	Попадание (К)
6	Малый пассажирский лайнер	4650	12	117	I	0,4	115	16,5	Попадание (К)
7	Большой современный танкер	5600	20	111	I	0,65	110	27	Промых (Н)
8	Буксир	900	6	144	II	0,15	145	4	Попадание (М)
9	Войсковой транспорт	2800	15	147	I	0,5	145	10,5	Промых (К)
10	Большое современное грузовое судно	4500	19	140	I	0,6	140	15	Попадание (К)
11	Рейдовая шхуна	3200	7	36	II	0,15	35	6	Попадание (М)
12	Буксир	1760	15	34	I	0,5	35	25	Попадание (М)
13	Гигантский европейский лайнер	2700	21	44	I	0,7	45	44	Промых (Н)
14	Малое грузовое судно	2000	5	65	II	0,1	65	6	Попадание (М)
15	Транспорт типа «Виктория»	4700	15	60	I	0,5	60	29,5	Попадание (Н)
16	Большой современный танкер	2600	20	57	I	0,65	55	41	Попадание (Н)

Углы упреждения при стрельбе прямоидущими торпедами.

$A = V_{ц} / V_{т}$, β - угол между курсами ПЛ (торпеды) и цели

$\beta \backslash A$	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5	0.55	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8	0.85	0.9	0.95	1.00
30	1,5	3,1	4,9	6,9	9,1	11,5	14,1	17,0	20,2	23,8	27,7	32,0	36,6	41,6	46,9	52,5	58,2	63,9	69,5	75,0
35	1,7	3,6	5,6	7,8	10,2	12,9	15,7	18,8	22,2	25,9	29,9	34,1	38,6	43,3	48,1	53,1	58,1	63,0	67,9	72,5
40	1,9	4,0	6,2	8,6	11,2	14,1	17,1	20,3	23,8	27,5	31,4	35,5	39,8	44,1	48,6	53,0	57,4	61,8	66,0	70,0
45	2,1	4,4	6,8	9,4	12,1	15,1	18,2	21,5	25,0	28,7	32,5	36,4	40,4	44,4	48,5	52,5	56,4	60,3	64,0	67,5
50	2,3	4,7	7,2	10,0	12,9	15,9	19,1	22,4	25,9	29,4	33,1	36,8	40,5	44,3	48,0	51,6	55,1	58,6	61,9	65,0
55	2,4	5,0	7,7	10,5	13,4	16,5	19,7	23,0	26,4	29,9	33,4	36,8	40,3	43,8	47,2	50,5	53,6	56,7	59,7	62,5
60	2,5	5,2	8,0	10,9	13,9	17,0	20,2	23,4	26,7	30,0	33,3	36,6	39,8	43,0	46,1	49,1	52,0	54,8	57,5	60,0
65	2,7	5,4	8,3	11,2	14,2	17,3	20,4	23,6	26,7	29,9	33,0	36,1	39,1	42,0	44,9	47,6	50,2	52,8	55,2	57,5
70	2,7	5,6	8,5	11,4	14,4	17,4	20,5	23,5	26,6	29,5	32,5	35,4	38,1	40,9	43,5	46,0	48,4	50,7	52,9	55,0
75	2,8	5,7	8,6	11,5	14,5	17,4	20,4	23,3	26,2	29,0	31,8	34,5	37,0	39,5	42,0	44,3	46,5	48,6	50,6	52,5
80	2,8	5,7	8,6	11,5	14,4	17,3	20,2	22,9	25,7	28,3	30,9	33,4	35,8	38,1	40,3	42,5	44,5	46,4	48,2	50,0
85	2,9	5,7	8,6	11,5	14,3	17,1	19,8	22,4	25,0	27,5	29,9	32,2	34,5	36,6	38,6	40,6	42,4	44,2	45,9	47,5
90	2,9	5,7	8,5	11,3	14,0	16,7	19,3	21,8	24,2	26,6	28,8	31,0	33,0	35,0	36,9	38,7	40,4	42,0	43,5	45,0
95	2,8	5,6	8,4	11,1	13,7	16,2	18,7	21,1	23,3	25,5	27,6	29,6	31,5	33,3	35,0	36,7	38,3	39,7	41,2	42,5
100	2,8	5,5	8,2	10,8	13,3	15,7	18,0	20,2	22,3	24,4	26,3	28,2	29,9	31,6	33,2	34,7	36,1	37,5	38,8	40,0
105	2,7	5,4	7,9	10,4	12,8	15,1	17,2	19,3	21,3	23,2	24,9	26,6	28,3	29,8	31,2	32,6	33,9	35,2	36,4	37,5
110	2,6	5,2	7,6	10,0	12,2	14,3	16,4	18,3	20,1	21,9	23,5	25,1	26,6	28,0	29,3	30,6	31,8	32,9	34,0	35,0
115	2,5	5,0	7,3	9,5	11,6	13,6	15,4	17,2	18,9	20,5	22,0	23,5	24,8	26,1	27,3	28,5	29,5	30,6	31,6	32,5
120	2,4	4,7	6,9	8,9	10,9	12,7	14,5	16,1	17,6	19,1	20,5	21,8	23,0	24,2	25,3	26,3	27,3	28,3	29,2	30,0
125	2,3	4,4	6,5	8,4	10,2	11,8	13,4	14,9	16,3	17,7	18,9	20,1	21,2	22,3	23,2	24,2	25,1	25,9	26,7	27,5
130	2,1	4,1	6,0	7,7	9,4	10,9	12,3	13,7	15,0	16,2	17,3	18,4	19,4	20,3	21,2	22,0	22,8	23,6	24,3	25,0
135	2,0	3,8	5,5	7,1	8,5	9,9	11,2	12,4	13,6	14,6	15,6	16,6	17,5	18,3	19,1	19,9	20,6	21,3	21,9	22,5
140	1,8	3,4	4,9	6,4	7,7	8,9	10,1	11,1	12,1	13,1	14,0	14,8	15,6	16,3	17,0	17,7	18,3	18,9	19,5	20,0
145	1,6	3,0	4,4	5,6	6,8	7,9	8,9	9,8	10,7	11,5	12,3	13,0	13,7	14,3	14,9	15,5	16,0	16,5	17,0	17,5
150	1,4	2,6	3,8	4,9	5,9	6,8	7,6	8,4	9,2	9,9	10,6	11,2	11,7	12,3	12,8	13,3	13,8	14,2	14,6	15,0



Относительная скорость $A = V_{\text{ц}} / V_{\text{т}}$

Скорость цели, уз	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Торпеда 53-38															
Режим 1: 30,5 уз (10000 м)	0,03	0,07	0,10	0,13	0,16	0,20	0,23	0,26	0,30	0,33	0,36	0,39	0,43	0,46	0,49
Режим 2: 44,5 уз (4000 м)	0,02	0,04	0,07	0,09	0,11	0,13	0,16	0,18	0,20	0,22	0,25	0,27	0,29	0,31	0,34
Торпеда 53-39															
Режим 1: 34,0 уз (10000 м)	0,03	0,06	0,09	0,12	0,15	0,18	0,21	0,24	0,26	0,29	0,32	0,35	0,38	0,41	0,44
Режим 2: 39,0 уз (8000 м)	0,03	0,05	0,08	0,10	0,13	0,15	0,18	0,21	0,23	0,26	0,28	0,31	0,33	0,36	0,38
Режим 23: 51,0 уз (4000 м)	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24	0,25	0,27	0,29
Торпеда ЭТ-80															
Режим 1: 29 уз (4000 м)	0,03	0,07	0,10	0,14	0,17	0,21	0,24	0,28	0,31	0,34	0,38	0,41	0,45	0,48	0,52

Скорость цели, уз	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Торпеда 53-38															
Режим 1: 30,5 уз (10000 м)	0,52	0,56	0,59	0,62	0,66	0,69	0,72	0,75	0,79	0,82	0,85	0,89	0,92	0,95	0,98
Режим 2: 44,5 уз (4000 м)	0,36	0,38	0,40	0,43	0,45	0,47	0,49	0,52	0,54	0,56	0,58	0,61	0,63	0,65	0,67
Торпеда 53-39															
Режим 1: 34,0 уз (10000 м)	0,47	0,50	0,53	0,56	0,59	0,62	0,65	0,68	0,71	0,74	0,76	0,79	0,82	0,85	0,88
Режим 2: 39,0 уз (8000 м)	0,41	0,44	0,46	0,49	0,51	0,54	0,56	0,59	0,62	0,64	0,67	0,69	0,72	0,74	0,77
Режим 23: 51,0 уз (4000 м)	0,31	0,33	0,35	0,37	0,39	0,41	0,43	0,45	0,47	0,49	0,51	0,53	0,55	0,57	0,59
Торпеда ЭТ-80															
Режим 1: 29 уз (4000 м)	0,55	0,59	0,62	0,66	0,69	0,72	0,76	0,79	0,83	0,86	0,90	0,93	0,97	1,00	1,03