

УДК 629.5.01
С 60

ЖИВУЧЕСТЬ ФРЕГАТА С АУТРИГГЕРАМИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ УДАРНОЙ ПОГРУЗКИ

О. И. Соломенцев, д-р техн. наук, проф. ;
Фам Куанг Шон, магистрант

Национальный университет кораблестроения, г. Николаев

Аннотация. Приведены условия, при которых аутриггер корвета или фрегата с аутриггерами может выполнять функции защиты корабля от подводных взрывов. Рассмотрены условия остойчивости и водонепроницаемости центрального корпуса при подводном взрыве.

Ключевые слова: корабль с аутриггерами, подводный взрыв, конструктивная подводная защита.

Анотація. Наведено умови, за яких аутриггер корвета чи фрегата з аутриггерами може виконувати функції захисту корабля від підводних вибухів. Розглянуто умови остійності та водонепроникності центрального корпусу при підводному вибуху.

Ключові слова: корабель з аутриггерами, підводний вибух, конструктивний підводний захист.

Abstract. In this article we analyse the situation, in which outrigger of the outrigger concept corvette or frigate can minimize underwater explosions effect. Then, stability and flooding equations also are learned.

Keywords: outrigger concept ship, underwater explosion, constructive underwater protection.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

На современном этапе основной проблемой живучести многоцелевых кораблей подклассов корвет–фрегат–эсминец является воздействие крылатых ракет, однако сохраняется актуальность обеспечения живучести этих кораблей и при воздействии минно-торпедного оружия. Об этом говорят как потопление аргентинского крейсера «General Belgrano» английской атомной подводной лодкой «Conqueror» 2 мая 1982 г. во время англо-аргентинского конфликта из-за Фолклендских островов, так и случаи подрыва кораблей на минах в 1987–1991 гг. во время локального конфликта в Персидском заливе.

Основным способом обеспечения живучести проектируемого корабля при воздействии мин и торпед является применение так называемой конструктивной подводной защиты (КПЗ, в некоторых источниках – противоминной защиты – ПМЗ). Эта защита обычно представляет собой систему продольных переборок в подводной части корабля у бортов на протяжении примерно $\frac{1}{6} \dots \frac{1}{8}$ ширины корабля с каждого борта.

Такая защита достаточно эффективно ослабляет действие на корабль подводного взрыва. Однако установление полноразмерной КПЗ, включающей в себя три–пять продольных переборок, возможно при водоизмещении корабля 25000...30000 т и более. При водоизмещении 8000...10000 т устанавливается КПЗ сокращенных размеров, включающая в себя одну–две продольные переборки [5]. На кораблях меньшего водоизмещения КПЗ отсутствует. Это приводит к тому, что, по опыту Второй Мировой войны, корабль водоизмещением 1500...3000 т (по классификации того времени – эсминец) от попадания одной торпеды

в среднюю часть обычно погибает [5]. При попадании в оконечность имеет место ее отрыв, и иногда тяжело поврежденный корабль удается спасти [5].

Однако в последние годы одним из перспективных архитектурно-конструктивных типов многоцелевого корабля подклассов корвет–фрегат признается корабль с аутриггерами. Это трехкорпусный корабль, боковые корпуса которого (аутриггеры) значительно меньше центрального корпуса. Так, в США строится серия фрегат этого архитектурно-конструктивного типа. Первый корабль «Independence» вошел в строй в 2008 г., второй («Coronado») находится в постройке. Известны проектные проработки по таким кораблям, выполненные в России, Франции, Великобритании и Испании. Поверхность такого фрегата представлена на рис. 1.

Очевидно, что при выборе характеристик архитектурно-конструктивного типа проектируемого корабля (традиционный однокорпусный, с аутриггерами, какой-либо иной) должен в полной мере аналитически учитываться баланс достоинств и недостатков каждого типа. И здесь следовало бы учесть, что корабль с аутриггерами может иметь заметное преимущество в части живучести при действии подводного взрыва над традиционными кораблями. При этом предполагается, что абсолютные размеры сопоставляемых кораблей не слишком велики, так что КПЗ у них нет.

Дело в том, что в аутриггере, как правило, не содержатся какие-либо жизненно важные элементы корабля. Поэтому разрушение аутриггера, неизбежное при торпедном попадании в него (рис. 2), может не означать ни гибель корабля, ни даже необходимость немедленной его буксировки в базу для ремонта – если только взрывом не затронут центральный корпус. Аутриггер, таким образом, выполняет роль своего рода КПЗ на корабле малых абсолютных размеров.

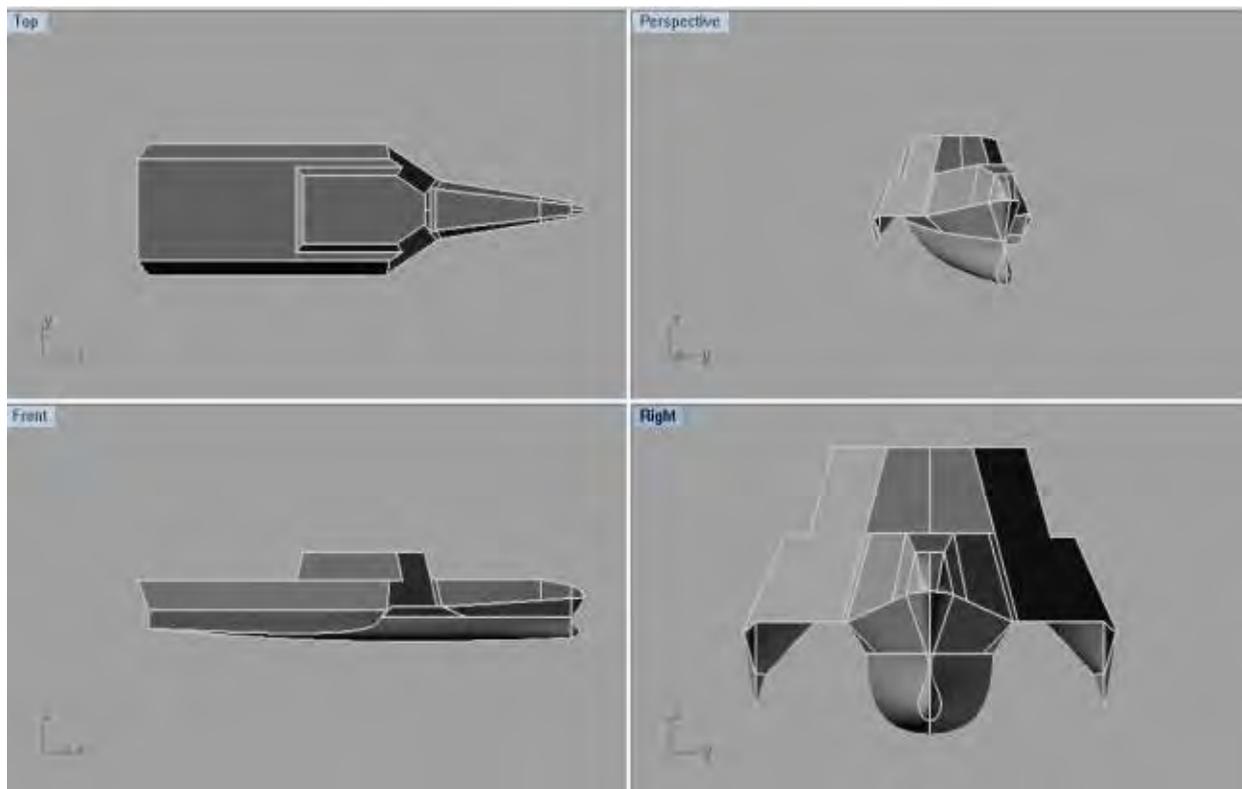


Рис. 1. Проектная проработка фрегата с аутригерами – поверхность в среде Rhino Ceros

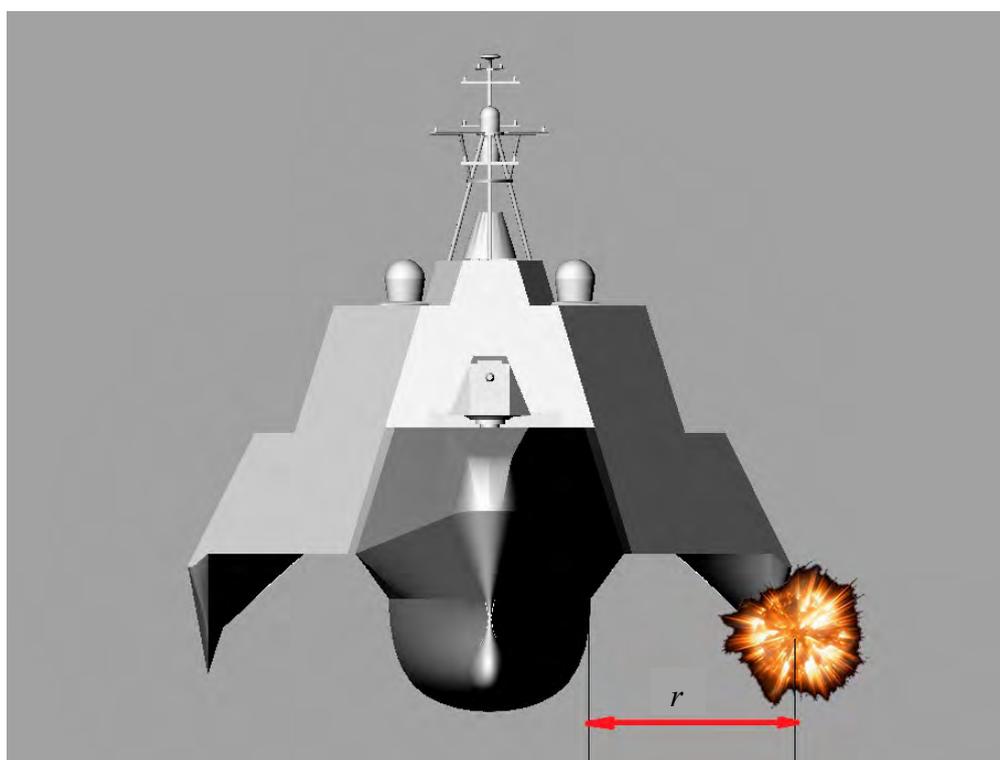


Рис. 2. Подводный взрыв у аутригера (неконтактный по отношению к центральному корпусу)

Если аутриггер, с одной стороны, разрушен и мешает движению корабля, но, с другой стороны, в нем не содержится никаких жизненно

важных для корабля элементов, то от него можно избавиться, подорвав соединительный мост на соответствующем участке. При этом нормальное

прямолинейное движение корабля с одним аутриггером возможно.

Как показали эксперименты с масштабной моделью боевого корабля с аутриггерами, модель при отрыве одного аутриггера имела возможность двигаться прямым курсом при переключке руля 5 град на противоположный борт. В описанной ситуации модель могла свободно маневрировать на любой борт при переключке руля в пределах нормального штатного сектора поворота руля, в том числе и в направлении, противоположном направлению тяги гребного винта [10].

Но аутриггер может выполнить роль КПЗ на малом корабле только при правильном подходе к проектированию такого корабля. Во-первых, представляется очевидным, что не во всяком районе по длине и по ширине корабля воздействие торпедного попадания или минного взрыва может быть ослаблено за счет аутриггера. Поэтому необходимо оценить относительную вероятность торпедных попаданий и минных взрывов в тех районах, где такое ослабление возможно (при этом с единичной вероятностью предполагается, что торпедное или минное попадание кораблем получено). Во-вторых, должна быть обеспечена остойчивость корабля с одним аутриггером, хотя, конечно, и не на том же уровне, что у неповрежденного корабля. В-третьих, необходимо установить, при каких горизонтальных клиренсах и при каких массах взрывчатого вещества торпедное попадание в аутриггер или взрыв мины в соответствующем районе не приведет к нарушению водонепроницаемости центрального корпуса. Эти три вопроса и представляют собой решаемые в данной статье проблемы.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ДОСТИЖЕНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Уравнение начальной остойчивости корабля с аутриггерами приведено в работе [11]. Материалы по влиянию подводного взрыва на водонепроницаемость содержатся в [3, 4, 6]. По отношению к решаемой задаче все это имеет, очевидно, частный характер. Однако какие-либо материалы по решению поставленной в статье проблемы в целом авторам не известны.

ЦЕЛЮЮ РАБОТЫ является установление условий, при которых аутриггер корвета или фрегата с аутриггерами может выполнять функции конструктивной подводной защиты.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Рассмотрим закономерности, определяющие наиболее вероятные места боевых подводных повреждений.

Для торпед без акустической головки самонаведения (ГСН) попадание в любой район по длине корабля будет примерно равновероятным. Но в настоящее время такие торпеды практически вышли из употребления. Акустическая ГСН наводит торпеду

на основной источник шума – или в кормовую оконечность, где находятся движители, или в кормовую часть корабля, где расположены главные двигатели. Те же закономерности справедливы и для реактивно-всплывающих мин, ГСН которых имеет акустический канал, но указанные районы обычно прикрыты аутриггером, поэтому вероятность попадания торпеды или реактивно-всплывающей мины именно в аутриггер получается достаточно высокой. Аналогичная вероятность для якорной, плавающей или донной мины будет меньше, но все равно остается достаточно высокой.

Рассмотрим теперь остойчивость корабля с аутриггерами. Если один из аутриггеров потерян, то для избежания гибели корабля должны быть выполнены следующие условия:

центральный корпус и один аутриггер должны обеспечивать некоторый минимальный уровень остойчивости корабля;

потеря аутриггера не должна вести к статическому крену корабля.

Условие сохранения начальной остойчивости после потери одного аутриггера в предположении, что центральный корпус и второй аутриггер сохранили водонепроницаемость, по аналогии зависимостями для неповрежденного корабля с аутриггерами [11]:

$$C_{\Pi} - y_{fa} \geq [C_{\Pi 0}]; \quad (1)$$

$$[C_{\Pi 0}] = \sqrt{\frac{\Delta I_{XA}}{S_2}};$$

$$\Delta I_{XA} \cong \frac{\alpha_1^2 L_1 B_1^3}{12} + \frac{\alpha_2^2 L_2 B_2^3}{12} + V_1 T_1 \frac{\alpha_1}{\alpha_1 + \delta_1} + V_2 T_2 \frac{\alpha_2}{\alpha_2 + \delta_2} + S_1 y_{fa}^2 - (V_1 + V_2) z_{ga};$$

$$y_{fa} = \frac{S_2 C_{\Pi}}{S_1 + S_2}; \quad z_{ga} = \frac{z_{g1} V_1 + z_{g2} V_2}{V_1 + V_2},$$

где L_1, L_2 – длина центрального корпуса и аутриггера;
 B_1, B_2 – ширина центрального корпуса и аутриггера;

T_1, T_2 – осадка центрального корпуса и аутриггера;
 δ_1, δ_2 – коэффициенты общей полноты центрального корпуса и аутриггера;

α_1, α_2 – коэффициенты полноты площади конструктивной ватерлинии центрального корпуса и аутриггера;

V_1, V_2 – объемное водоизмещение центрального корпуса и аутриггера;

$S_1 = \alpha_1 L_1 B_1$ – площадь КВЛ центрального корпуса;

$S_2 = \alpha_2 L_2 B_2$ – площадь КВЛ аутриггера;

y_{fa} – ордината (отстояние от ДП центрального корпуса) центра тяжести площади действующей ватерлинии после потери аутриггера;

z_{g1} – аппликата центра тяжести центрального корпуса при разрезанных мостах с обеих сторон;

z_{g2} – аппликата центра тяжести аутриггера и прилегающей к нему половины моста;

ΔI_{XA} – недостающий (из условия положительности начальной поперечной метацентрической высоты корабля с одним аутриггером) момент инерции площади ватерлинии, обеспечиваемый за счет аутриггера;

C_{Π} $[C_{\Pi 0}]$ – фактическое и минимально допустимое из условий аварийной остойчивости расстояние между ДП центрального корпуса и аутриггера.

Для проектной проработки изображенного на рис. 1 фрегата с аутриггерами, основным прототипом для которой был американский фрегат для действий у побережья противника LCS-2 «Independence», имели $L_1 = 117,06$ м; $L_2 = 62,47$ м; $B_1 = 9,85$ м; $B_2 = 1,03$ м; $T_1 = 4,21$ м; $T_2 = 2,2$ м; $C_{\Pi} = 13,8$ м; $\delta_1 = 0,61$; $\delta_2 = 0,36$; $\alpha_1 = 0,83$; $\alpha_2 = 0,69$; $V_1 = 3006$ м³; $V_2 = 51$ м³; $S_1 = 1150$ м²; $S_2 = 44,58$ м²; $z_{g1} = 2,52$ м; $z_{g2} = 3,11$ м.

По результатам расчетов в соответствии с зависимостью (1) и последующими формулами получено: $\Delta I_{XA} = 6360$ м⁴; $z_{ga} = 2,53$ м; $y_{fa} = 0,51$ м. Наконец, $[C_{\Pi 0}] = 11,9$ м и проверка условия (1) дает $C_{\Pi} - y_{fa} = 13,3 > [C_{\Pi 0}]$. Таким образом, для указанной проектной проработки условие сохранения начальной остойчивости после потери одного аутриггера обеспечено.

Подводный объем корабля после потери аутриггера будет асимметричным. Поэтому центр величины уже не будет лежать в ДП корабля, а будет отстоять от нее на величину

$$y_{c0a} = \frac{V_2 C_{\Pi}}{V_1 + V_2}, \quad (2)$$

причем для рассматриваемой проектной проработки $y_{c0a} = 0,23$ м.

Центр тяжести корабля после потери аутриггера также не будет лежать в ДП центрального корпуса, а будет отстоять от нее на величину y_{ga} . Тогда условие отсутствия статического крена после повреждения, очевидно, будет

$$y_{c0a} = y_{ga}. \quad (3)$$

Условия (2), (3) должны учитываться при проектировании корабля с аутриггерами. Операция, предусмотренная соотношением (3), может быть названа аварийной укреповкой корабля с аутриггерами. Если этого условия не выполнить, то корабль после потери аутриггера получит аварийный крен

$$\theta_a \approx \frac{y_{c0a} - y_{ga}}{h_a},$$

где h_a – аварийная (обусловленная потерей аутриггера, но не затоплением отсеков) начальная поперечная метацентрическая высота, которую при $C_{\Pi} - y_{fa} > [C_{\Pi 0}]$ можно найти как

$$h_a \approx \frac{S_2 (C_{\Pi} - [C_{\Pi 0}] - y_{fa})^2}{V_1 + V_2}.$$

Отметим, что при $C_{\Pi} - y_{fa} > [C_{\Pi 0}]$ будем иметь $h_a > 0$, при $C_{\Pi} - y_{fa} = [C_{\Pi 0}]$, $-h_a = 0$ и при $C_{\Pi} - y_{fa} < [C_{\Pi 0}] - h_a < 0$.

Расчеты остойчивости на больших углах крена выполнялись для неповрежденного и поврежденного (с одним аутриггером) корабля, поверхность которого изображена на рис. 1, при помощи программного комплекса Hydromax в среде MaxSurf.

Диаграммы статической остойчивости для неповрежденного и для поврежденного (с одним аутриггером) корабля для случая, когда выполнено условие (1), показаны на рис. 3. Видно, что потеря одного аутриггера весьма мало сказывается на площади диаграммы статической остойчивости, которая определяет способность корабля выдерживать ветер и волнение без опрокидывания.

Найдем теперь по аналогии с (1) величину минимально допустимого расстояния между ДП центрального корпуса и аутриггера $C_{\Pi} = [C_{\Pi B}]$ такую, чтобы при $C_{\Pi} - \kappa_H(x_B, z_B) B_1 \geq [C_{\Pi B}]$ в случае подводного взрыва у аутриггера водонепроницаемость центрального корпуса не была бы нарушена. Здесь x_B, z_B – отстояния центра взрыва от миделя центрального корпуса и от свободной поверхности соответственно.

Аналитическую зависимость вида $\kappa_H = \kappa_H(x_B, z_B)$ при положении начала координат на пересечении ДП, плоскостей миделя и КВЛ центрального корпуса и положительных направлениях оси x в нос и оси z вниз при $-\frac{L_1}{2} \leq x_B \leq \frac{L_1}{2}$ и $0 \leq z_B \leq T$ в первом приближении можно задать как

$$\kappa_H \approx \left[1 - \left(\frac{2|x_B|}{L_1} \right)^{\alpha_1} \right] \left[1 - \left(\frac{z_B}{T_1} \right)^{\beta_1} \right],$$

где β_1 – коэффициент полноты погруженной площади мидель-шпангоута центрального корпуса,

Таким образом, в общем случае $0 \leq \kappa_H(x_B, z_B) \leq 1$, а при $z_B > T_1$ всегда $\kappa_H(x_B, z_B) = 0$. Предсказать фактические значения величин x_B, z_B , равно как и коэффициента κ_H , весьма сложно. Поэтому далее примем в качестве среднего значения величину $\bar{\kappa}_H = \alpha_1 \beta_1 \approx 0,6$.

Простейшие зависимости для параметра $[C_{\Pi B}]$ могут быть получены на основе формул и графиков Эббота [4]. Несмотря на простоту этих зависимостей, использование их для расчета характера поврежденных имеющих КПЗ линейных кораблей Второй Мировой войны привело к удовлетворительным (согласующимся с фактической картиной повреждений) результатам.*

В этом случае

$$[C_{\Pi B}] \approx 1,4 \sqrt{\frac{40G^{2/3}}{[p]}} \text{ м; } G = K_{ТНТ} G_0, \quad (4)$$

* Электронные ресурсы: <http://tsushima.su/forums/viewtopic.php?id=3062&p=3-5>; <http://tsushima.su/forums/viewtopic.php?id=3403&p=1>.

где G – масса взрывчатого вещества (ВВ) в торпедо (мине) в ТНТ-эквиваленте и в кг;

$K_{\text{ТНТ}}$ – переходный коэффициент к тротиловому эквиваленту, для применяемых в современных минах и торпедах взрывчатых веществ имеем $K_{\text{ТНТ}} = 1,5-2,0$;

G_0 – фактическое количество ВВ в торпедо или в мине, обычно $G_0 = 200...400$ кг;

$[p] \approx 120$ МПа – условное давление, отвечающее таким повреждениям, при которых возможно появление вмятин, но отсутствуют разрывы об-

шивки и, таким образом, сохраняется водонепроницаемость.

Однако применение этой зависимости связано с погрешностью в безопасную сторону, поскольку здесь не учитываются дополнительные затраты энергии на разрушение аутриггера. Приближенность этих зависимостей связана, в частности, и с тем, что в них не входит в явном виде толщина (приведенная толщина) повреждаемых конструкций. Эти зависимости неявно рассчитаны на некоторые усредненные толщины.

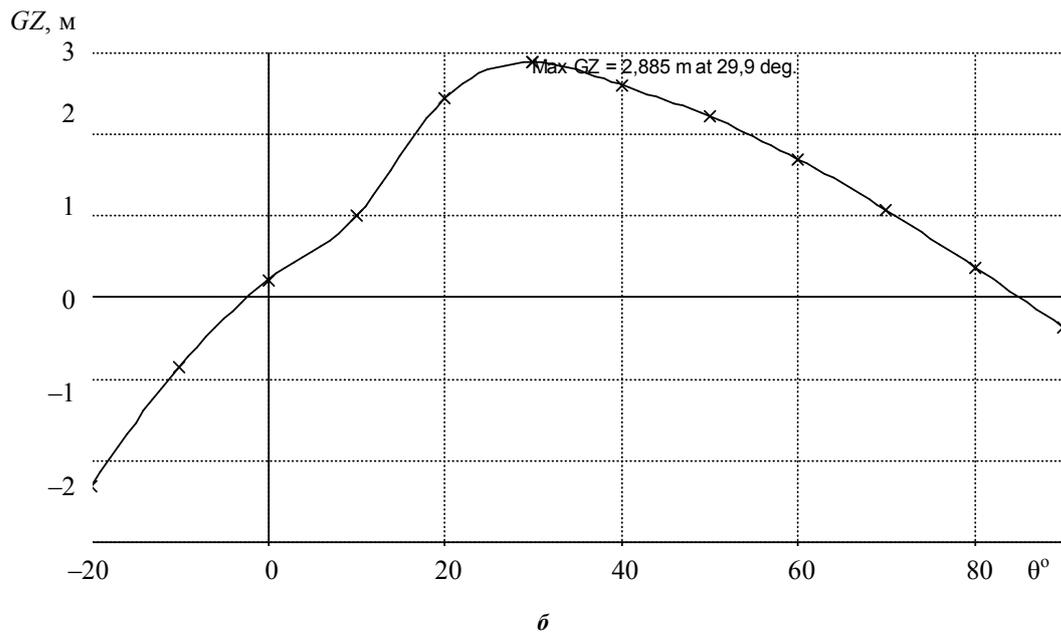
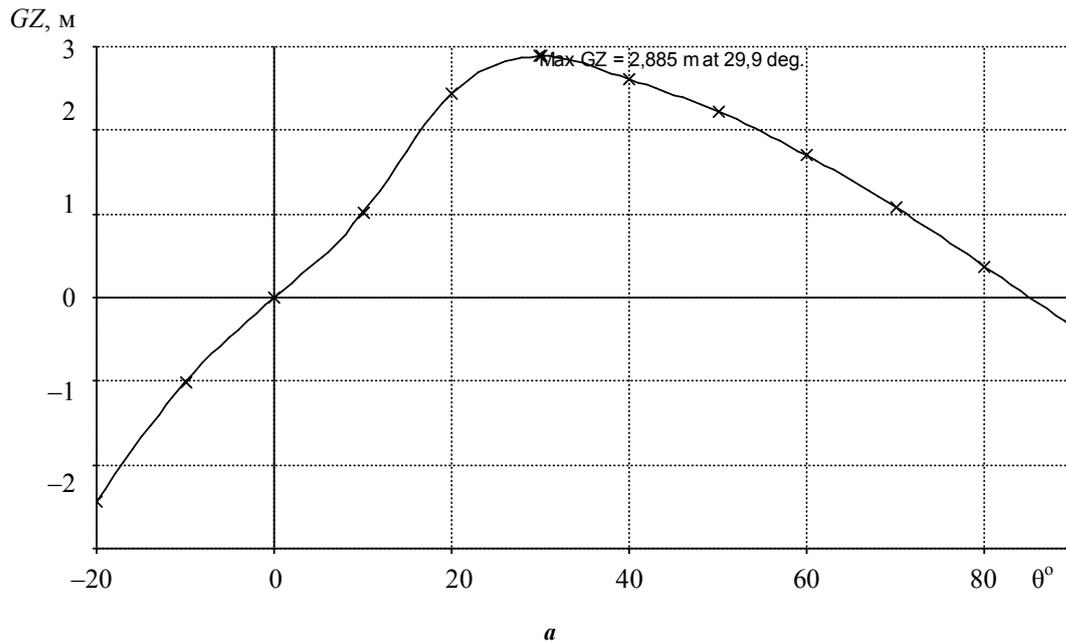


Рис. 3. Диаграммы статической остойчивости фрегата с аутриггерами для неповрежденного корабля (**a**) и для корабля с одним аутриггером (**б**): GZ – плечи статической остойчивости

Более достоверные результаты могут быть получены, если искать величину $[C_{ПВ}]$ на основе энергетического метода [6, 8]. В этом случае нарушение водонепроницаемости при неконтактном подводном взрыве на расстоянии r_B от обшивки будет иметь место, если хотя бы для одной ближайшей к центру взрыва пластины выполнено условие

$$E_p(r_B) \geq A; \quad (5)$$

$$A = \min(A_{П}, A_X),$$

где $E_p(r_B)$ – та часть удельной (на единицу площади наружной обшивки) энергии взрыва, которая идет на разрушение обшивки корабля, эта величина зависит от r_B ; $A_{П}$, A_X – работа пластического (вязкого) и хрупкого видов разрушения пластины.

Если в (5) заменить нестрогое неравенство строгим, то можно записать

$$E_p(r_B^*) = A. \quad (6)$$

Входящая в соотношение (6) величина r_B , которая может быть найдена из (6) в последовательных приближениях, носит название «дистанции нулевой трещины» [3]. Это то минимальное расстояние от центра взрыва до обшивки, при котором нарушение водонепроницаемости еще не происходит.

Тогда искомую величину $[C_{ПВ}]$ можно найти из (6), приняв, что $[C_{ПВ}] = r_B$. В этом случае для определения искомой величины $[C_{ПВ}] = r_B$ осталось найти величины E_p , $A_{П}$ и A_X , рис. 4.

Для удельной энергии взрыва E_p имеем

$$E_p = C_{EA} E_{P0},$$

где E_{P0} – удельная энергия взрыва на единицу поверхности во фронте ударной волны; C_{EA} – поправка, учитывающая изменение давления в ударной волне из-за наличия преграды (корпуса корабля).

Для E_{P0} имеем

$$E_{P0} = \kappa_A \frac{P_{E0}^2 \Theta_E}{\rho c_W}; \quad P_{E0} = 533 \left(\frac{\sqrt[3]{G}}{r_B} \right)^{1,13};$$

$$\Theta_E = 0,093 \cdot 10^{-33} \sqrt[3]{G} \left(\frac{\sqrt[3]{G}}{r_B} \right)^{-0,22};$$

где ρ – плотность воды;

$P_{E0} = P_{E0}(r_0)$ – начальное давление в невозмущенной ударной волне (использована известная формула Коула [3, 6, 7]);

Θ_E – постоянная времени подводного взрыва, мс, [3,7];

κ_A – коэффициент, учитывающий потери энергии на разрушение аутриггера.

Далее с погрешностью в безопасную сторону условимся принимать $\kappa_A \approx 1$.

Коэффициент C_{EA} принимает следующие значения [1–3]. Если центр взрыва находится между поперечными переборками центрального корпуса и отсек

в поперечном сечении, отвечающем центру взрыва, заполнен жидкостью (топливом или жидким балластом), то $C_{EA} = 1$ [3]. Если при тех же условиях указанный отсек пуст, то будет [1, 3]:

$$C_{EA} = \frac{4\beta_E^2}{(1-\beta_E)^2} \left(1 + \frac{1}{\beta_E} - \frac{4}{1+\beta_E} \right), \quad \beta_E \neq 1;$$

$$C_{EA} = 2, \quad \beta_E = 1, \quad \beta_E = \frac{E \cdot \Theta_E}{\rho c_W \delta_k^*},$$

где δ_k^* – приведенная (с учетом набора) толщина наружной обшивки центрального корпуса.

Если центр взрыва приходится на поперечную переборку центрального корпуса, то, с учетом работы [2], после некоторых преобразований находим:

$$C_{EA} = \frac{4\beta_E^2}{(1-\beta_E)^2} \left(1 + \frac{1}{\beta_E} - \frac{4}{1+\beta_E} \right), \quad \beta_E \neq 1;$$

$$C_{EA} = 2, \quad \beta_E = 1, \quad \beta_E = \frac{E \cdot \Theta_E}{\rho c_W \delta_k^*},$$

где E – модуль нормальной упругости (модуль Юнга) материала корпуса.

Величину $A_{П}$ найдем как энергию пластической деформации пластины П при максимальном по площади пластины прогибе w_{max} , с превышением которого уже не требуется приложение дополнительных усилий для разрушения пластины. Тогда с учетом рекомендаций работы [9] находим

$$A_{П} = \Pi(w) \Big|_{w=w_{max}} = \frac{\sqrt{3}}{24} \pi^2 \sigma_{ТД} \delta_k^* \bar{w}_{max}^2,$$

где $\bar{w}_{max} = \frac{w_{max}}{l_2}$; l_2 – длина короткой стороны пластины наружной обшивки центрального корпуса; $\sigma_{ТД}$ – предел текучести материала при динамическом нагружении, который может быть оценен по схеме Кемпбелла–Котляревского [8].

Расчетная зависимость для работы хрупкого разрушения пластины [6, 12]

$$A_X = (1 - \mu_{П}^2) \frac{K_{1Д}^2}{E} \approx (1 - \mu_{П}^2) \frac{K_{1С}^2}{2E},$$

где $K_{1Д}$, $K_{1С}$ – динамический и статический коэффициенты интенсивности напряжений (здесь $K_{1Д} \approx \frac{K_{1С}}{\sqrt{2}}$ [12]); $\mu_{П}$ – коэффициент Пуассона.

По результатам расчетов, при $\bar{w}_{max} = 0,07 - 0,10$; $\sigma_{ТД} = 600$ МПа и $K_{1С} = 150$ МПа·м находим $A_{П} = 128 \cdot 10^3$ Дж/м² (при $\delta_k^* = 0,03$ м) и $A_X = 51,1 \cdot 10^3$ Дж/м², причем $A_X \neq A_X(\delta_k^*)$. Очевидно, что в реальном диапазоне изменения приведенных толщин имеем $A_X < A_{П}$ и определяющим в данном случае будет условие именно хрупкого, а не пластического разрушения.

Для параметра $C_{EA} = 1$ в табл. 1 приведены полученные путем расчетов по формуле (6) величины $[C_{ПВ}]$ от массы ВВ в ТНТ-эквиваленте G . Там же приведены и аналогичные данные расчетов по формуле (4).

Таблица 1. Значения $[C_{пв}]$, м

Расчет	Масса ВВ в ТНТ-эквиваленте G , кг			
	300	400	500	600
По формуле (4)	6,9	8,4	9,1	9,8
По формуле (6)	8,0	8,8	9,6	10,2

Видно, что результаты расчетов по соотношениям (4) и (6) получаются достаточно близкими. При этом во всем реальном диапазоне масс ВВ в ТНТ-эквиваленте величина $[C_{пв}]$ получается меньше, чем отвечающая проектной проработке фрегата с аутриггерами величина $C_{пв} = 0,3В1 = 10,9$ м.

Рассмотрим далее, как соотносятся вероятности гибели корабля с аутриггерами и традиционного однокорпусного корабля от торпедного попадания. Вероятность такого попадания принимаем единичной. При этом используем формулы геометрической вероятности и предполагаем следующее:

1. Вероятность попадания торпеды в любой район по длине одна и та же.

2. При попадании торпеды в район носовой или кормовой оконечности (эти районы занимают примерно 10 % длины в носу и в корме) происходит отрыв оконечности, но корабль остается на плаву.

3. Попадание торпеды в корпус традиционного корабля или в центральный корпус корабля с аутриггерами вне указанного района ведет к гибели корабля.

4. Попадание торпеды в аутриггер корабля с аутриггерами ведет к разрушению аутриггера, но корабль при этом остается на плаву.

Тогда вероятность попадания торпеды в аутриггер

$$P_A = \frac{L_2}{L_1}$$

и вероятность попадания торпеды в оконечность $P_K = 0,1$. Вероятность гибели корабля с аутриггерами получается равной 0,37 и такая же вероятность для однокорпусного корабля – равной 0,8.

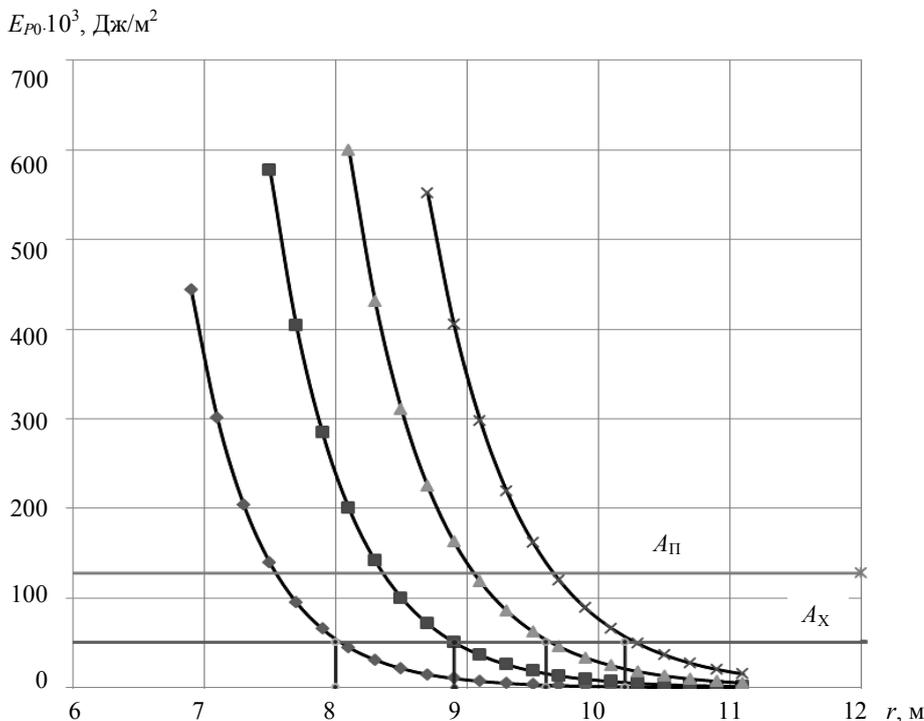


Рис. 4. Определение допустимого расстояния между ДП главного корпуса и аутриггера из условия сохранения водонепроницаемости центрального корпуса при разрушении аутриггера. Удельная (на единицу площади) энергия E_{p0} ударной волны: \blacklozenge – $G = 300$ кг; \blacksquare – $G = 400$ кг; \blacktriangle – $G = 500$ кг; \blackcross – $G = 600$ кг; $A_{п}$ – работа пластического разрушения пластин наружной обшивки центрального корпуса при $\delta_{пл}^* = 0,03$ м; $A_{х}$ – работа хрупкого разрушения пластин наружной обшивки центрального корпуса

ВЫВОДЫ

1. В результате выполненного исследования установлены условия, при которых аутриггер фрегата или корвета с аутриггерами может выполнять функции отсутствующей на таком корабле конструктивной подводной защиты.

2. Если указанные условия выполнены, то вероятность гибели корвета или фрегата с аутриггерами в результате торпедного попадания оказывается существенно меньше, чем у сопоставимого традиционного корабля.

3. Эти результаты должны быть учтены при сопоставлении боевой устойчивости традиционного корабля и корабля с аутриггерами.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] **Гаманович, В. И.** Взаимодействие ударной волны с преградой конечной толщины [Текст] / В. И. Гаманович, В. А. Стрельцов // Электрический заряд в жидкости и его применение : сб. науч. статей. – К. : Наукова думка, 1977. – С. 55–60.
- [2] **Гаманович, В. И.** Взаимодействие ударной волны с упругой преградой [Текст] / В. И. Гаманович, В. Г. Сыпко // Гидродинамика корабля : сб. науч. трудов НКИ. – Николаев : НКИ, 1983. – С. 94–97.
- [3] Защита судов от подводных взрывов [Текст] // Сборник статей по иностранному судостроению. – Л. : Судпромгиз, 1963. – Вып. 103. – С. 3–25.
- [4] **Иванов, С. В.** Живучесть боевого надводного корабля [Текст] / С. В. Иванов. – М. : Военмориздат, 1940. – 344 с.
- [5] **Короткин, И. М.** Боевые повреждения надводных кораблей [Текст] / И. М. Короткин. – Л. : Судпромгиз, 1960. – 302 с.
- [6] **Костылев, И. В.** Оценка размера пробоины в корпусе судна при близком неконтактном подводном взрыве [Текст] / И. В. Костылев // Сборник НТО им. акад. А.Н. Крылова. – СПб. : Судостроение, 1992. – Вып. 517. – С. 32–37.
- [7] **Патрашев, А. Н.** Прикладная гидродинамика [Текст] / А. Н. Патрашев, Л. А. Кивако, С. И. Гожий. – М. : Воениздат, 1970. – 686 с.
- [8] **Перцев, А. К.** О влиянии повышения предела текучести на устойчивость оболочек в динамике [Текст] / А. К. Перцев // Сборник НТО им. акад. А.Н. Крылова. – Л. : Судостроение, 1968. – Вып. 110. – С. 48–55.
- [9] **Перцев, А. К.** Динамика оболочек и пластин [Текст] / А. К. Перцев, Э. Г. Платонов. – Л. : Судостроение, 1987.
- [10] **Руденко, С. А.** Инновационной идее 38 лет... [Текст] / С. А. Руденко // Морской сборник. – 2012. – № 3. – С. 38–43.
- [11] **Соломенцев, О. И.** Определение главных элементов корабля с аутриггерами в начальном приближении [Текст] / О. И. Соломенцев, Буй Ши Тао // Зб. наук. праць УДМТУ. – Миколаїв : УДМТУ, 2001. – № 4 (376). – С. 51–57.
- [12] Сопротивление материалов деформированию и разрушению [Текст] / В. Т. Трощенко, А. Я. Красовский, В. В. Покровский [и др.]. – К. : Наукова думка, 1993. – Т. 1. – 288 с. ; 1994. – Т. 2. – 792 с.

© О. І. Соломенцев, Фам Куанг Шон

Надійшла до редколегії 28.09.13

Статтю рекомендує до друку член редколегії Вісника НУК
д-р техн. наук, проф. В. О. Некрасов

Статтю розміщено у Віснику НУК № 4, 2013