

Н. П. МУРУ

О С Н О В Ы
НЕПОТОПЛЯЕМОСТИ
К О Р А Б Л Я



*Издание второе,
переработанное и дополненное*

МОСКВА
ВОЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
1990

expert22 для <http://rutracker.org>

ББК 68.66
М91
УДК 359:355.233.21

Рецензент
кандидат технических наук *А. И. Кузьминых*

Редактор *Е. П. Куроедов*

Муру Н. П.

М91 Основы непотопляемости корабля. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Воениздат, 1990. — 223 с., ил.

ISBN 5-203-00616-4

В популярной форме изложены основы непотопляемости корабля, практические меры и средства ее обеспечения. Даны теоретические обоснования и конкретный анализ борьбы за непотопляемость кораблей на примерах аварий и боевых повреждений.

Книга рассчитана на офицеров и курсантов ВМФ, а также на специалистов судостроения и гражданского морского флота.

М 1305040000—015 63—90,
068 (02)—90

ББК 68.66

ISBN 5-203-00616-4

© Н. П. Муру, 1965

ВВЕДЕНИЕ

При проектировании и эксплуатации кораблей* необходимо считаться с определенной вероятностью их повреждений, аварий и катастроф, сопряженных с тяжелыми условиями и опасностями мореплавания. Так, по данным учета Ллойда, с 1948 по 1960 г. ежегодные потери мирового торгового флота (по судам валовой вместимостью более 500 рег. т) составляли от 0,23 до 0,35% к общему тоннажу и 0,47% к общему числу судов. В тот же период среднегодовая численность аварийных судов превышала 5% общего состава флота.

Несмотря на техническое совершенствование флота и средств навигационного обеспечения, показатели аварийности и гибели судов остаются примерно на том же уровне.

Согласно статистике Ливерпульской ассоциации страховщиков и Института лондонских страховщиков за 24 года (1961—1984 гг.) погибло (судов валовой вместимостью более 500 рег. т) 4413 единиц тоннажем 25 116 тыс. рег. т, что составило 0,37% валовой вместимости всего мирового торгового флота. Наименьшая аварийность была в 1961 г. (78 судов, или 0,27% общей вместимости), а наибольшая — в 1979 г. (278 судов, или 0,56% общей вместимости). Аварийность незначительно снизилась и относительно стабилизировалась в 1981—1986 гг. При этом за 1981—1985 гг. среднегодовая численность погибших судов составила 219 единиц (0,34% общего регистрового тоннажа, снижаясь по годам от 0,35 до 0,32%). В 1986 г. погибло 156 судов вместимостью 1 207 тыс. рег. т (0,3% мирового тоннажа).

* Далее для краткости употребляется **корабль**. Другие наименования (судно, подводная лодка и т. п.) употребляются лишь тогда, когда этого требует специфика вопроса.

Большое внимание к вопросам непотопляемости привлекли катастрофы крупных пассажирских судов «Михаил Лермонтов» (16 февраля 1986 г. в проливе Кука) и «Адмирал Нахимов» (31 августа 1986 г. вблизи Новороссийска), а также английского парома «Геральд оф фри Энтерпрайз» (6 марта 1987 г. в проливе Ла-Манш вблизи порта Зебрюгге).

В военное время, естественно, потери флота резко возрастают. Так, во время первой мировой войны потери мирового торгового флота возросли примерно в 5 раз по сравнению с довоенными, а во время второй мировой войны — примерно в 10 раз.

Причинами аварий и гибели судов являются гидрометеорологические факторы (воздействие стихийных сил природы), навигационные ошибки (столкновения, посадки на мель), пожары, поломки двигательного-двигательного комплекса или органов управления и т. п. В военное время к перечисленным причинам добавляется воздействие противника.

Для военных кораблей воздействие боевых средств противника следует рассматривать в качестве главного источника повреждений, поскольку, предназначаясь для боевых действий, эти корабли должны рассчитываться на возможность получения ответных ударов. Это не означает, однако, что для военных кораблей уменьшается вероятность повреждений иного рода. По опубликованным данным, более 20% всех потерь корабельного состава ВМС США во второй мировой войне произошло из-за навигационных аварий (150 кораблей, в том числе 139 боевых). Правда, в основном это были малые корабли, хотя среди них находилось 7 эскадренных миноносцев и 4 подводные лодки. Так что недооценка вероятности навигационных и других небоевых повреждений военных кораблей была бы ошибкой.

Повреждения ведут к ухудшению или полной потере мореходных и других боевых и эксплуатационных качеств кораблей. Поэтому весьма важно свести до минимума их вредные последствия.

Особенно опасны повреждения корпуса, ведущие к затоплению отсеков корабля. Корабль должен быть рассчитан на получение именно таких повреждений и при этом в возможно меньшей степени терять свои мореходные и другие качества.

В первую очередь корабль должен обладать непотопляемостью, т. е. способностью оставаться на плаву и не опрокидываться при повреждениях корпуса, вызывающих затопление части отсеков. Иначе говоря, **непотопляемость** — способность поврежденного корабля сохранять плавучесть и остойчивость.

Приведенное определение непотопляемости устанавливает пределы, при которых это мореходное качество утрачивается кораблем. Этими пределами будут случаи, когда корабль либо тонет из-за потери плавучести, либо опрокидывается из-за потери остойчивости. Пока корабль не потерял полностью плавучесть или остойчивость, его нельзя считать целиком утратившим непотопляемость. Следовательно, нельзя считать исчерпанными и все возможности ее поддержания.

Однако для выполнения кораблем своего назначения отнюдь не безразлично, какими будут его посадка и остойчивость. Поэтому непотопляемость часто определяют как способность корабля при нарушении водонепроницаемости корпуса и затоплении части отсеков оставаться на плаву, имея посадку и остойчивость, обеспечивающие хотя бы ограниченное использование его по назначению.

Допустимая посадка и остойчивость корабля при заданном расчетном затоплении определяются требованиями к непотопляемости, которыми руководствуются при проектировании. Эти же требования определяют расчетное затопление (одного, двух и более автономных отсеков) для кораблей различных классов и типов.

Для подводных лодок, учитывая специфику их конструкции и эксплуатации, вводят понятия надводной и подводной непотопляемости.

Надводная непотопляемость подводных лодок аналогична непотопляемости надводных кораблей и определяется как способность подводной лодки сохранять плавучесть и остойчивость при затоплении части отсеков и цистерн при получении повреждений в надводном положении или после всплытия на поверхность при получении повреждений в подводном положении.

Подводная непотопляемость — способность подводной лодки при повреждениях в подводном положении, связанных с поступлением воды

внутри прочного корпуса, удерживаться от проваливания на глубину, большую предельной, продолжать движение в подводном положении на безопасной по прочности переборке глубине или всплывать на поверхность в остойчивое положение равновесия.

Хотя современные подводные лодки, особенно атомные, предназначены действовать почти исключительно в подводном положении, вопросы надводной непотопляемости являются для них весьма актуальными уже потому, что наличие надводной непотопляемости является хотя и недостаточным, но обязательным условием обеспечения подводной непотопляемости. Действительно, подводная лодка, получившая повреждение в подводном положении и не погибшая, рано или поздно должна всплыть в надводное положение.

Непотопляемость корабля практически обеспечивается:

- конструктивными мероприятиями, предусмотренными проектом и осуществляемыми при постройке (модернизации) корабля;

- организационно-техническими мероприятиями, проводимыми на протяжении всего периода службы корабля;

- борьбой за непотопляемость, ведущейся после получения кораблем повреждений.

Практическое обеспечение непотопляемости осуществляется на базе выводов теории непотопляемости, возникновение и развитие которой непосредственно связано с практикой кораблестроения, мореплавания и боевых действий на море.

Появление во второй половине XIX в. новых средств поражения — тарана, разрывных снарядов, мин и торпед — поставило перед кораблестроителями задачу обеспечения корабля от потопления при больших пробоинах. Острота вопроса усугублялась тем, что введение бронирования привело к уменьшению высоты надводного борта кораблей, а следовательно, и к уменьшению их запаса плавучести. В то же время переход к использованию металлов в кораблестроении, а также широкое применение на кораблях механических двигателей создали предпосылки для практического решения возникшей задачи.

Появление ракетного и ядерного оружия привело, в частности, к отказу от тяжелого бронирования как

средства сохранения запаса плавучести и устойчивости.

История развития учения о непотопляемости корабля представляет яркий пример новаторства русских ученых и моряков. С чувством законной гордости за нашу науку можно отметить, что неоспоримый приоритет в создании этого учения принадлежит русским ученым и морякам.

Первым, кто взялся за разработку действенных средств обеспечения непотопляемости корабля, был выдающийся русский флотоводец и ученый С. О. Макаров, начавший эту работу в 1870 г. 22-летним мичманом и продолжавший ее более 30 лет до конца своей жизни.

Труды С. О. Макарова, заложившие основы учения о непотопляемости корабля, нашли дальнейшее развитие в работах его современника А. Н. Крылова. Горячо поддерживая начинания С. О. Макарова и развивая его идеи, А. Н. Крылов «с краткостью и точностью математической» (по оценке С. О. Макарова) сформулировал основные принципы обеспечения непотопляемости, сохранившие свое значение и до наших дней. Благодаря работам А. Н. Крылова учение о непотопляемости было доведено до уровня науки, позволяющей исследовать различные случаи затопления отсеков корабля.

Особенно большое практическое значение имели разработанные А. Н. Крыловым в 1903 г. таблицы непотопляемости, которые позволяли находить изменения посадки и устойчивости корабля в зависимости от затопления отсеков и принятых мер по спрямлению и восстановлению устойчивости. Таблицы такого типа впоследствии были введены во всех флотах мира. Известно, что англичане, не желавшие долгое время признавать разработанные А. Н. Крыловым таблицы, все же начиная с 1926 г. вынуждены были ввести их на своих кораблях, а американцы впоследствии переняли их уже из третьих рук.

Важную роль в разработке методов обеспечения непотопляемости кораблей сыграли также исследования И. Г. Бубнова, выдвинувшего ряд новых принципиальных положений, на которых должно базироваться обеспечение непотопляемости корабля, и Р. А. Матросова, предложившего новые методы расчета не-

потопляемости с построением диаграммы поперечной статической остойчивости поврежденного корабля.

После Великой Октябрьской социалистической революции наиболее значительные достижения в области теории непотопляемости принадлежат В. Г. Власову, разработавшему весьма совершенные аналитические методы исследования непотопляемости корабля при тяжелых повреждениях, а также предложившему оригинальные практические способы спрямления поврежденного корабля, пришедшие на смену таблицам А. Н. Крылова.

Существенный вклад в развитие учения о непотопляемости внесли такие советские ученые, как Ю. А. Шиманский, В. В. Семенов-Тянь-Шанский, С. Н. Благовещенский, Д. В. Дорогостайский, Н. Я. Мальцев, Г. Е. Павленко, А. В. Герасимов, Д. Л. Гармашов, П. Г. Гойнкис, С. А. Базилевский, разработавшие новые способы расчета непотопляемости, расширяющие круг вычислительных приемов. В. Г. Власов, Д. В. Дорогостайский и Н. Я. Мальцев впервые применили для решения задач непотопляемости универсальные и специализированные ЭВМ.

В настоящее время наращиваются темпы ввода в строй новых кораблей и судов. Совершенствуется и их непотопляемость. Ученые и моряки разрабатывают новые крупные теоретические и практические проблемы в этой области, обобщают передовой опыт мореплавания.

Как правило, в литературе по проектированию и теории корабля и даже в специальных курсах по живучести кораблей вопросы обеспечения непотопляемости получают главным образом теоретическое освещение и трактуются в отрыве от богатейшего опыта эксплуатации судов транспортного и промыслового флота, боевого использования кораблей ВМФ. В то же время в трудах, в которых освещается опыт эксплуатации и боевого использования флота, не уделяется должного внимания вопросам непотопляемости.

В настоящей книге предпринята попытка систематически изложить основные выводы теории непотопляемости в тесной связи с практикой обеспечения этого важнейшего мореходного качества и опытом борьбы за непотопляемость. Общие положения теории иллюстрированы примерами, призванными показать, что правильное понимание теоретических выво-

дѳв при проектировании и эксплуатаци корабля обеспечивает успешное преодоление последствий весьма тяжелых повреждений. Наоборот, отсутствие ясного понимания выводов теории непотопляемости или пренебрежение ими ведет к созданию нерациональных конструкций и к неправильным действиям в борьбе за непотопляемость, которые могут привести к катастрофическим последствиям. Изложенный в книге материал в основном относится к обеспечению непотопляемости надводных кораблей и отчасти к обеспечению надводной непотопляемости подводных лодок, поскольку она имеет много общего с непотопляемостью надводных кораблей.

Глава I

КОНСТРУКТИВНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ НЕПОТОПЛЯЕМОСТИ

§1.1. ЦЕЛЬ И СОДЕРЖАНИЕ КОНСТРУКТИВНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НЕПОТОПЛЯЕМОСТИ

Целью конструктивного обеспечения непотопляемости является придание кораблю при постройке таких свойств и оснащение его такими техническими средствами, которые обеспечивают заданный уровень непотопляемости и возможность успешной борьбы за непотопляемость.

Мероприятия по конструктивному обеспечению непотопляемости корабля можно разделить на следующие три группы:

- 1) придание кораблю достаточных запасов плавучести, остойчивости и прочности;
- 2) конструктивное ограничение потерь запаса плавучести и остойчивости при повреждениях корабля;
- 3) конструктивное и материально-техническое обеспечение борьбы за непотопляемость корабля.

Мероприятиями первой группы закладываются основы обеспечения непотопляемости корабля. В особенности это относится к запасам плавучести и остойчивости. Однако наличие больших значений этих запасов у неповрежденного корабля далеко еще не гарантирует сохранение им плавучести и остойчивости при повреждениях. Поэтому не менее важны конструктивные мероприятия, направленные на ограничение потерь запасов плавучести и остойчивости при получении кораблем повреждений, а именно:

— разделение корабля поперечными и продольными переборками, а также палубами и платформами на водонепроницаемые отсеки;

— конструктивное обеспечение водонепроницаемости и прочности переборок, палуб, платформ и наружной обшивки, ограничивающих отсеки;

— применение средств конструктивной защиты для обеспечения непотопляемости.

Велико также значение конструктивного обеспечения возможности ведения борьбы за непотопляемость поврежденного корабля. Оно состоит главным образом в создании корабельных систем, которые используются в борьбе за непотопляемость.

Конструктивное обеспечение непотопляемости регламентируется требованиями к непотопляемости, входящими в состав общих требований к проектированию корабля. Эти требования определяют состав расчетных затоплений, выдерживаемых кораблем, предельно допустимые изменения посадки и остойчивости при этих затоплениях, а также конструктивные характеристики основных средств борьбы за непотопляемость.

§ 1.2. ПРИДАНИЕ КОРАБЛЮ ДОСТАТОЧНЫХ ЗАПАСОВ ПЛАВУЧЕСТИ, ОСТОЙЧИВОСТИ И ПРОЧНОСТИ

1.2.1. Запас плавучести

Запас плавучести, измеряемый величиной надводного непроницаемого объема корабля A , определяет предельный объем воды, который корабль может принять внутрь корпуса, оставаясь на плаву. Это основной фактор, обеспечивающий непотопляемость корабля. Важность его очевидна, поскольку во всех случаях, когда поврежденные корабли не тонут при поступлении внутрь их воды, они были обязаны этим наличию достаточного запаса плавучести.

Наглядной характеристикой запаса плавучести служит высота непроницаемого надводного борта корабля. Высокобортные корабли в этом отношении имеют преимущества перед низкобортными. Особенно это ощутимо тогда, когда потеря кораблем плавучести из-за поступления в него воды не сопровождается существенными изменениями крена и дифферента, а изменение высоты надводного борта обусловле-

но в основном увеличением осадки. При этом очевидно приближение момента гибели корабля с уменьшением высоты его надводного борта (с приближением ватерлинии к открытой палубе).

С подобными случаями приходится часто сталкиваться в практике аварийно-спасательных работ при переводе морем аварийных кораблей, имеющих большую водотечность. При перебоях в работе водоотливных средств единственной гарантией от затопления таких кораблей является наличие у них достаточного запаса плавучести. Осенью 1945 г. автору пришлось быть участником перехода в Таллинн снятого с камней у о. Осмуссаар теплохода «Тельма» (водоизмещение около 900 т) с грузом угля. Судно имело значительную водотечность в грузовых трюмах, занимавших большую часть его объема. Переносные водоотливные средства, откачивавшие воду, часто выходили из строя, так как сетки приемных шлангов забивались углем. При этом вода в трюмах довольно быстро прибывала и судно заметно погружалось, что вынуждало менять курс в сторону берега, чтобы в критической ситуации иметь возможность выброситься на мель. Тем не менее переход закончился благополучно благодаря наличию достаточного запаса плавучести (часть угля была выгружена при снятии судна с мели, так что при осушенных трюмах высота надводного борта достигала 1,5 м).

У современных боевых надводных кораблей запас плавучести весьма велик и, как правило, значительно превышает их объемное водоизмещение. Так, например, у некоторых кораблей при посадке по конструктивную ватерлинию (КВЛ) он превышает 150% соответствующего объемного водоизмещения. Это значит, что теоретически такой корабль может сохранить плавучесть при затоплении водой объема, более чем в 1,5 раза превышающего весь его объем ниже КВЛ. Почти столь же велик запас плавучести пассажирских судов и ледоколов (достигает 80—100% объемного водоизмещения). Значительно ниже значения запаса плавучести у грузовых судов разных типов (25—30%), что соответствует меньшему уровню обеспечения их непотопляемости.

У современных подводных лодок запас плавучести составляет 15—40% их крейсерского объемного водоизмещения, и в редких случаях его уменьшают

до 10%. Малый запас плавучести обусловлен стремлением уменьшить размеры подводных лодок для улучшения их ходовых и маневренных качеств, а также скрытности в подводном положении. Вместе с тем сокращение запаса плавучести снижает непотопляемость подводных лодок по сравнению с надводными кораблями.

Неблагоприятно сказывается на надводной непотопляемости подводных лодок не только малый запас плавучести, но и большая вероятность его уменьшения в аварийных и эксплуатационных условиях при наличии бескингстонных цистерн главного балласта (ЦГБ).

Это уменьшение происходит за счет обжатия воздушных подушек в бескингстонных ЦГБ при увеличении осадки подводной лодки; вытравливания воздуха из бескингстонных ЦГБ при качке подводной лодки на волнении; уменьшения продуваемого объема ЦГБ при наклонениях подводной лодки (это справедливо и для ЦГБ, имеющих кингстоны, если они открыты).

Уменьшение запаса плавучести в первых двух случаях можно компенсировать периодической поддувкой неповрежденных бескингстонных ЦГБ.

При наличии седловатости верхней палубы корабля или палубы полубака весь запас плавучести никогда не может быть использован в интересах обеспечения непотопляемости, так как это потребовало бы ухода под воду части открытой палубы (рис. 1.1, где ВЛ — ватерлиния при исходной посадке ко-

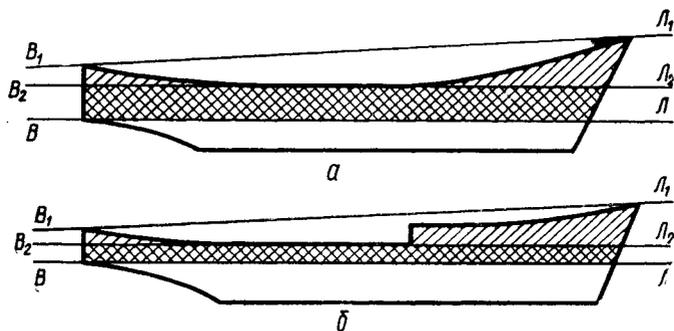


Рис. 1.1. Возможности использования запаса плавучести корабля:
а — гладкопалубного; б — полубачного

рабля; B_1L_1 — ватерлиния полного погружения). Практически может быть использована лишь часть запаса плавучести, ограниченная сверху ватерлинией B_2L_2 , проходящей ниже открытой палубы. Непроницаемый объем, дважды заштрихованный на рис. 1.1, называют эффективным запасом плавучести (A^*). Выделение эффективного запаса плавучести не означает, что не входящие в него непроницаемые объемы, расположенные выше ватерлинии B_2L_2 , не имеют значения для безопасности плавания корабля. Они играют существенную роль в обеспечении мореходности корабля (всхожести на волну, незаливаемости) и его остойчивости при больших наклонениях.

Что же касается возможности сохранения кораблем плавучести при затоплении отсеков, то ее следует оценивать эффективным запасом плавучести. У современных надводных кораблей он превосходит, как правило, 100% объемного водоизмещения.

Запас плавучести конструктивно обеспечивается приданием кораблю надлежащей высоты надводного борта и его водонепроницаемостью (включая непроницаемость верхней открытой палубы). Всякое нарушение непроницаемости надводного борта снижает запас плавучести. В частности, наличие открытых иллюминаторов ниже верхней непроницаемой палубы, а также незадраенных люков на самой этой палубе может резко уменьшить запас плавучести. В связи с этим законную тревогу вызывают случаи плавания кораблей с открытыми иллюминаторами, нижняя кромка которых незначительно возвышается над ватерлинией. Катастрофические последствия нарушения непроницаемости надводного борта кораблей даже в условиях нормальной эксплуатации иллюстрированы ниже рядом примеров из практики мореплавания.

Весьма велика роль запаса плавучести, точнее говоря, высоты непроницаемого надводного борта для мореходности (в первую очередь для незаливаемости) корабля и его остойчивости при больших наклонениях.

В практике мореплавания есть много примеров, когда поврежденные корабли попадали в тяжелое положение и даже погибли из-за малого исходного запаса плавучести (малой высоты надводного борта до повреждения). Известны также многочисленные слу-

чаи, когда недостаточная высота надводного борта являлась причиной аварийных повреждений кораблей и судов, в том числе и крупных. Так, например, английский линейный корабль «Эльбемерае», имевший недостаточную высоту надводного борта, идя вразрез крупной волне в Средиземном море, ночью 7 ноября 1915 г. был накрыт двумя мощными волнами, прокатившимися по всей палубе. Волны разрушили и снесли мостик со штурманской и рулевой рубкой, причем погибло несколько человек. Внутрь корабля попали сотни тонн воды, и он надолго вышел из строя.

Недостаточная высота надводного борта привела также к штормовым повреждениям в Атлантике линейного корабля «Парижская коммуна» (позднее — «Севастополь»), совершавшего совместно с крейсером «Профинтерн» (позднее — «Красный Крым») переход из Балтийского на Черное море.

Построенный для использования в закрытом Балтийском море, линейный корабль «Парижская коммуна» (водоизмещение около 23 000 т) имел гладкопалубную конструкцию корпуса с высотой надводного борта около $L/30$ (L — длина корабля), тогда как для достаточной мореходности в океанских условиях эта высота в носу должна быть не менее $L/20$. В целях улучшения мореходности уже в советский период была сооружена небольшая носовая наделка типа полубака, которая увеличила примерно на 1 м высоту борта в носу. 2 декабря 1929 г. во время сильного шторма в Бискайском заливе набор носовой наделки получил повреждения, был залит забортной водой ряд помещений внутри корпуса, что вызвало необходимость захода в порт Брест для исправлений.

Выйдя из порта через трое суток, корабли попали в шторм еще большей силы (во время шторма, как стало известно позднее, получили различные повреждения до 600 судов, а 60 из них погибли). Волны высотой до 10 м заливали всю палубу линейного корабля. Шлюпки были разбиты. Чехлы с вентиляционных грибков сорваны, и вода заливала батарейную палубу, коцегарки, помещения дизель-генераторов. Носовая надстройка была разрушена ударами волн, под тяжестью которых прогнулись пиллерсы, подкреплявшие носовую часть верхней палубы.

Устранение новых штормовых повреждений заня-

ло еще 16 суток в порту Брест, куда корабли вынуждены были вернуться 10 декабря.

Таким образом, высота непроницаемого надводного борта не только характеризует запас плавучести корабля, обеспечивая поддержание плавучести при перегрузках и затоплении отсеков, но чрезвычайно важна и для обеспечения других мореходных качеств. От общей высоты борта, включая и надводную, существенно зависит также общая продольная прочность корабля.

На гражданских судах запас плавучести принято измерять так называемой высотой безопасного надводного борта, которая регламентируется правилами классификационных обществ и международными соглашениями о грузовой марке.

Для гражданских морских судов и судов обеспечения ВМФ СССР высота безопасного надводного борта определяется Правилами Регистра СССР, которые разработаны в развитие международной конвенции о грузовой марке. Требования Правил дифференцированы по типам судов, их назначению, времени года и району плавания.

Назначенный судну базисный надводный борт фиксируется нанесением посередине длины судна с каждого борта отметки палубной линии и грузовой марки. Верхняя кромка отметки палубной линии совпадает с линией пересечения наружных поверхностей верхней палубы и борта судна.

Грузовая марка состоит из диска и «гребенки», линии которой определяют наименьшую допустимую высоту надводного борта для различных условий плавания и времени года.

1.2.2. Запас остойчивости

Кроме уменьшения плавучести следствием повреждений, связанных с затоплением части отсеков корабля, может быть снижение его остойчивости и получение поврежденным кораблем крена и дифферента, также существенно зависящих от остойчивости. Поэтому важным мероприятием по конструктивному обеспечению непотопляемости является придание кораблю остойчивости, не только достаточной для его безопасного плавания в неповрежденном состоянии, но и гарантирующей необходимый минимум бе-

запасности с учетом возможных аварийных потерь остойчивости и действия на поврежденный корабль кренящих и дифференцирующих моментов, возникающих в результате затопления отсеков.

В отличие от плавучести при оценке остойчивости корабля обычно не принято выделять ее запас. Дело в том, что потребная величина плавучести, измеряемая погруженным непроницаемым объемом плавающего корабля V , точно определяется условием равновесия $\gamma V = P$, где P — сила тяжести корабля, а γ — удельный вес забортной воды. Поэтому точному определению поддается и запас плавучести A как избыток полного непроницаемого объема корабля $V_{\text{пн}}$ над необходимым для обеспечения плавучести (равновесия) объемом $V (A = V_{\text{пн}} - V)$.

Остойчивость проявляется только при отклонениях корабля от положения равновесия. Ее «необходимая» величина зависит от ограничений, наложенных на углы наклонов, и от выбранных расчетных значений внешних моментов, вызывающих наклонения. Эти условия, устанавливаемые нормами остойчивости, не столь строги и определены, как условия равновесия. Поэтому разделение остойчивости корабля на «необходимую» и составляющую «запас» имело бы сугубо условный характер. Вследствие сказанного, как правило, специального запаса на покрытие аварийных потерь остойчивости и противодействие дополнительным кренящим и дифференцирующим моментам от затопления отсеков не вводят, а формулируют общие требования к остойчивости так, чтобы одновременно удовлетворять и требованиям к непотопляемости корабля. Обычно требования к остойчивости поврежденного корабля столь ограничены, что выполняют даже при сохранении малого остатка остойчивости, приданной неповрежденному кораблю. Это позволяет остойчивость неповрежденного корабля рассматривать в качестве запаса, рассчитанного на обеспечение аварийной остойчивости.

Остойчивость — важнейшее мореходное качество корабля, состоящее в способности корабля, выведенного из положения равновесия воздействием внешних сил, вновь возвращаться в исходное положение после прекращения действия этих сил.

Корабль возвращается в исходное положение равновесия под действием восстанавливающего момента,

действующего против наклона. Этот момент создается парой сил тяжести P и плавучести корабля γV , которые приложены соответственно в центре тяжести (ЦТ) и центре величины (ЦВ) корабля. Плечо восстанавливающего момента называется плечом статической остойчивости.

Остойчивость принято разделять на остойчивость веса и остойчивость формы. Остойчивость веса зависит только от исходной посадки корабля и распределения на нем грузов по высоте (от исходного положения ЦТ и ЦВ корабля). Остойчивость формы обусловлена перемещением ЦВ при наклонении корабля. Можно сказать, что ее создают силы наращенной и потерянной плавучести клиновидных объемов: входящего в воду и выходящего из воды при наклонении корабля. Момент остойчивости формы всегда направлен против наклона, обеспечивая остойчивость корабля, а момент остойчивости веса в подавляющем большинстве случаев (когда ЦТ находится выше ЦВ) действует в сторону наклона, уменьшая остойчивость. У подводных лодок в подводном положении остойчивость формы отсутствует, поэтому у них в этом положении момент остойчивости веса должен действовать против наклона, обеспечивая остойчивость (ЦТ должен находиться ниже ЦВ).

В зависимости от величины наклона различают остойчивость на больших наклонах и начальную остойчивость (при малых наклонах), а в за-

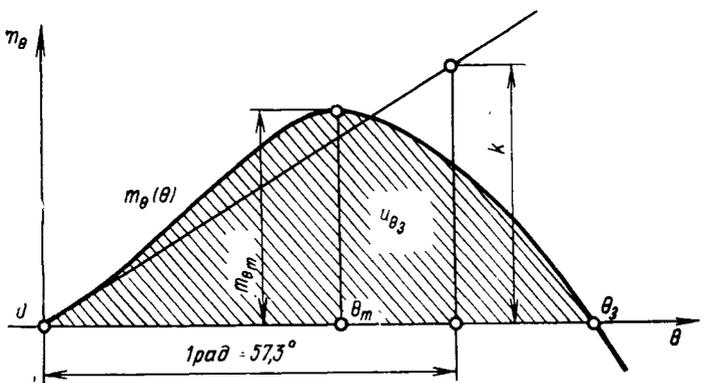


Рис. 1.2. Диаграмма поперечной статической остойчивости и ее основные характеристики

висимости от плоскости наклона — поперечную и продольную.

Как правило, минимальной является поперечная остойчивость (продольная остойчивость обычно много больше, кроме подводных лодок в подводном положении, где продольная остойчивость примерно равна поперечной). Таким образом, обычно именно поперечная остойчивость определяет остойчивость корабля в целом.

Наиболее полную характеристику поперечной остойчивости дает соответствующая диаграмма статической остойчивости (поперечная ДСО). Она представляет собой (рис. 1.2) график зависимости поперечного восстанавливающего момента m_{θ} от угла крена Θ . Основными характеристиками диаграммы являются:

— коэффициент поперечной начальной остойчивости

$$k = \frac{d}{d\theta} (m_{\theta})_{\theta=0};$$

— максимальный поперечный восстанавливающий момент $m_{\theta m}$;

— угол крена Θ_m , соответствующий максимуму восстанавливающего момента;

— угол заката диаграммы Θ_z (протяженность положительного участка диаграммы при положительной начальной остойчивости);

— площадь, ограниченная положительным участком диаграммы поперечной статической остойчивости и осью углов крена:

$$u_{\theta z} = \int_0^{\theta_z} m_{\theta} d\theta.$$

Максимальный восстанавливающий момент $m_{\theta m}$; определяющий предельную величину выдерживаемого кораблем статически приложенного кренящего момента, рассматривается в качестве **запаса статической остойчивости** корабля, а величина $u_{\theta z}$ — в качестве **запаса динамической остойчивости**. Коэффициент остойчивости k служит **мерой поперечной начальной остойчивости** корабля (стойчивости при малых наклонах). Он характеризует скорость (интенсив-

ность) нарастания восстанавливающего момента m_0 по углу крена Θ .

Угол максимума диаграммы Θ_m практически является пределом статического крена корабля. С приближением статического крена к углу Θ_m возникает непосредственная угроза опрокидывания корабля.

Угол заката диаграммы Θ_3 служит пределом сохранения кораблем положительной остойчивости при наклонениях. Достигнув этого угла, корабль теряет способность выпрямиться даже в тех случаях, когда он предоставлен самому себе, т. е. свободен от действия на него каких-либо внешних моментов.

Обычно принято считать увеличение углов Θ_m и Θ_3 благоприятным для остойчивости корабля, что находит отражение в требованиях к остойчивости, устанавливающих нижние пределы этих углов.

Перечисленные меры остойчивости и ее запаса m_{0m} , u_0 , и k , имеющие размерность момента, можно назвать **абсолютными**, так как они дают абсолютную количественную оценку остойчивости корабля независимо от его размеров и водоизмещения. Абсолютные меры удобны для оценки остойчивости одного и того же корабля в различных условиях эксплуатации, в том числе и в поврежденном состоянии. Они непосредственно определяют способность корабля противодействовать внешним моментам, что, собственно, и представляет наибольший практический интерес для его экипажа.

Использование абсолютных мер для сравнительной оценки остойчивости различных кораблей, в особенности существенно отличающихся размерами, неудобно, поскольку при этом оценивается только способность их противодействия одинаковым внешним моментам. Фактически же внешние моменты, воздействию которых подвергаются корабли в условиях эксплуатации и при повреждениях, зависят от их размеров. Очевидно, что при прочих равных условиях чем больше корабль, тем большими могут быть и действующие на него внешние моменты, такие, например, как ветровой кренящий момент, моменты от перемещения перевозимых грузов, затопления отсеков и др. Поэтому наряду с абсолютной оценкой остойчивости корабля возникает необходимость ее относительной оценки, учитывающей различие условий, в которых должно проявляться это мореходное каче-

ство. Такая задача возникает прежде всего при проектировании кораблей, в частности при нормировании их остойчивости в интересах обеспечения непотопляемости. При этом используются **относительные меры** остойчивости и ее запаса.

Относительной мерой поперечной остойчивости обычно служит поперечное плечо статической остойчивости $l_0 = m_0 / P$, а относительной мерой поперечной начальной остойчивости — поперечная начальная метacentрическая высота $h = \frac{k}{P} = \frac{d}{d\theta} (l_0)_{\theta=0}$.

Обе величины имеют размерность длины.

При использовании l_0 и h в качестве поперечной ДСО служит график $l_0(\Theta)$, отличающийся от графика $m_0(\Theta)$ только масштабом по оси ординат.

Относительными мерами запаса статической и динамической остойчивости с размерностью длины служат следующие величины:

— максимальное плечо поперечной статической остойчивости

$$l_{0m} = m_{0m} / P;$$

— максимальное плечо поперечной динамической остойчивости

$$d_{0z} = u_{0z} / P.$$

В качестве относительных мер остойчивости могут быть использованы также безразмерные величины, получаемые делением l_0 и h на некоторую характеристику корабля с размерностью длины, например на $V^{1/3}$, на ширину корабля B или на поперечный метacentрический радиус $r = I_x / V$, где I_x — момент инерции площади ватерлинии относительно продольной центральной оси*. Для поперечной начальной остойчивости тогда получаем следующие безразмерные относительные меры: $h' = h / V^{1/3}$; $h'' = h / B$; $h''' = h / r = k / \gamma I_x$.

Равенство линейных относительных мер остойчивости l_{0m} , d_{0z} и h у различных кораблей характеризует одинаковое их противодействие кренящим моментам, пропорциональным водоизмещениям сравни-

* Момент инерции плоской фигуры относительно оси — геометрическая характеристика, определяющая распределение площади фигуры относительно этой оси. Момент инерции фигуры площадью S относительно оси ξ определяется выражением $I_\xi = \int_S \eta^2 dS$, где dS — элемент площади, а η — отстояние элемента от осц.

ваемых кораблей. При наличии геометрического подобия это означает одинаковую ветростойкость таких кораблей.

Равенство безразмерных относительных мер остойчивости различных кораблей соответственно характеризует их одинаковое противодействие кренящим моментам, пропорциональным линейным размерам кораблей в четвертой степени. При геометрическом подобии сравниваемых кораблей это означает, в частности, одинаковое противодействие кренящим моментам при одинаковых вариантах затопления отсеков.

Особый интерес в этом отношении представляет безразмерная величина h''' . Она характеризует предельно допустимую потерю момента инерции площади ватерлинии I_x при повреждении корабля. Действительно, $h = r - a$, где $a = z_g - z_c$ — разность аппликат ЦТ и ЦВ корабля (возвышение ЦТ над ЦВ). Пусть, например, $h''' = 0,25$, что, вообще говоря, характерно для боевых надводных кораблей. Тогда $r = 4h$ и $a = 3h$. Уменьшение $I_x = Vr$ на 25% приводит к новому значению $r_1 = 0,75r = 3h$, и при $a = \text{const}$ $h_1 = r_1 - a = 0$, что означает потерю кораблем начальной остойчивости. В случае $h''' = 0,3$ допустимая потеря момента инерции площади ватерлинии возрастает до 30%.

Из приведенных рассуждений следует, что в интересах обеспечения непотопляемости, когда возможны сокращения величины I_x , желательно увеличение h''' . При $h''' = \text{const}$ это соответствует уменьшению доли остойчивости формы в общем обеспечении остойчивости корабля (увеличению в алгебраическом смысле остойчивости веса).

Относительные меры характеризуют степень совершенства кораблей с точки зрения остойчивости при одинаковых для сравниваемых кораблей внешних условиях. Поэтому естественно, что значения относительных мер остойчивости и ее запаса у близких по типу и назначению кораблей меняются в узких пределах. Так, например, у военных надводных кораблей основных классов поперечные начальные метацентрические высоты при нормальных водоизмещениях составляют 0,7—2 м, тогда как соответствующие абсолютные меры — коэффициенты остойчивости — могут отличаться у этих же кораблей в десятки раз.

Еще более стабильны, как правило, безразмерные относительные меры остойчивости. Стабильность относительных мер облегчает их использование для нормирования остойчивости.

Требования к остойчивости и ее нормированию имеют целью, с одной стороны, обеспечить безопасность плавания и непотопляемость, а с другой — обеспечить наиболее благоприятное для боевого использования и эксплуатации поведение корабля в различных морских условиях.

Для военных кораблей в качестве основной нормы остойчивости обычно задают скорость (балльность) ветра, динамическое воздействие которого выдерживает, не опрокидываясь, корабль при наличии бортовой качки заданной амплитуды. Выдерживаемая скорость ветра находится для самого неблагоприятного положения корабля относительно ветра и для случая, когда ветровой кренящий момент мгновенно приложен к кораблю при наибольшем его наклонении навстречу ветру. Поэтому попадание корабля в условия, при которых амплитуда качки и скорость ветра превышают выдерживаемые, еще не означает, что он неизбежно погибнет. Рациональным маневрированием относительно ветра и волн безопасность плавания корабля может быть обеспечена и при более тяжелых условиях. (В иностранной практике за основной критерий остойчивости также принимается динамическая остойчивость корабля при действии на него ветра и волнения.) Так, например, рассматривается бортовая качка корабля, расположенного лагом к ветру и волнению и имеющего статический ветровой крен Θ_p (рис. 1.3). Расчетная амплитуда качки принимается $\Theta_k = 25^\circ$. Остойчивость считается достаточной при соблюдении следующих условий:

$$A_1/A_2 \geq 1,4; l_{0p}/l_{0m} < 0,6,$$

где $A_1 = A'_1 P$ и $A_2 = A'_2 P$ — избыточная работа кренящего и восстанавливающего моментов; l_{0p} — плечо статической остойчивости при ветровом крене Θ_p ; l_{0m} — максимальная ордината диаграммы $l_0(\Theta)$. Первое условие определяет запас динамической, а второе условие — запас статической остойчивости.

Кроме основного критерия остойчивости, обеспечивающего безопасность плавания, нормирование ос-

Тойчивости военных кораблей предусматривает дополнительные критерии, обеспечивающие удобства эксплуатации, мореходность и улучшение условий боевого использования корабля. При этом нормированием остойчивости должна быть устранена **валкость** корабля, т. е. способность его к получению

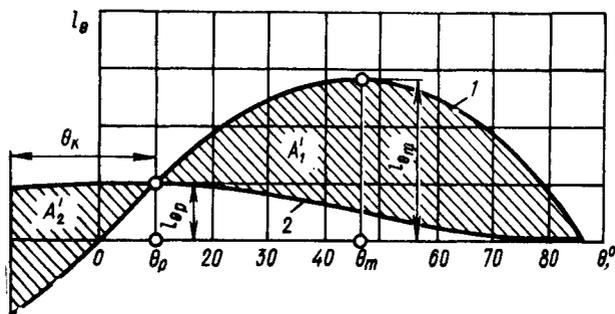


Рис. 1.3. Схема нормирования остойчивости при действии ветра и волнения:

1 — диаграмма поперечной статической остойчивости $I, (\theta)$; 2 — кривая плеч ветрового кренящего момента

больших кренов при воздействии сравнительно малых внешних кренящих моментов. Это достигается нормированием поперечной метацентрической высоты и угла крена на установившейся циркуляции, из которых первая должна быть больше некоторого минимума, а второй — меньше заданного предельного угла.

С другой стороны, необходимо обеспечить **плавность качки** корабля, малые ее амплитуды и угловые скорости, что достигается в условиях волнения ограниченной балльности увеличением периода свободных колебаний корабля. Нормирование периода качки устанавливает верхний предел поперечной метацентрической высоты.

У легких надводных кораблей начальная остойчивость, по иностранным данным, удовлетворяет обоим этим требованиям, если их относительные метацентрические высоты h''' составляют от 0,07 до 0,10.

Определенные дополнительные требования к остойчивости неповрежденного корабля обуславливаются также требованиями к его непотопляемости (огра-

ничениями углов крена при расчетных повреждениях и нормированием запаса остойчивости поврежденного корабля).

Остойчивость гражданских морских судов и судов обеспечения ВМФ СССР регламентируется Правилами классификации и постройки морских судов Регистра СССР. Основным критерием остойчивости согласно Правилам является критерий погоды, по которому судно признается достаточно остойчивым, если оно способно в условиях качки противостоять, не опрокидываясь, заданному динамически приложенному давлению ветра.

Кроме удовлетворения критерию погоды нормы Регистра СССР предписывают соблюдение ряда особых требований, нормирующих значения поперечной метацентрической высоты, углов максимума и заката диаграммы статической остойчивости, максимального плеча статической остойчивости, углов крена на циркуляции и от скопления пассажиров на одном борту, а также других величин.

Несмотря на возросшее в последнее время внимание к надлежащему нормированию остойчивости и на совершенствование самих норм остойчивости, случаи аварий и гибели судов из-за потери остойчивости продолжают оставаться довольно многочисленными. По статистическим данным, до настоящего времени гибель около 10% судов происходит от потери остойчивости. В 1957 г. было зафиксировано 23 случая опрокидывания иностранных судов, из них 19 не удалось спасти. При этом погибло около 250 человек. В 1967—1971 гг. вследствие потери остойчивости ежегодно гибло в среднем 17 судов.

Из промысловых судов в 1960—1964 гг. от потери остойчивости ежегодно погибали (опрокидывались) в среднем: в СССР — 0,013%, в Англии — 0,08%, в ФРГ — 0,105%, в США — 0,13%, а в Японии — 0,29% всех судов, находившихся в эксплуатации. Заслуживает внимания то, что в советском промысловом флоте, занимающем первое место в мире по числу судов и их суммарному тоннажу, аварийность из-за потери остойчивости намного ниже, чем в развитых капиталистических странах, не имеющих для этих судов обязательных государственных норм остойчивости.

В ряде случаев при проектировании военных кораблей обеспечению их остойчивости не уделяют должного внимания, о чем свидетельствуют аварии, в результате которых корабли гибли из-за неудовлетворительного конструктивного обеспечения остойчивости, даже не получив повреждений.

Классический пример пренебрежения конструктивным обеспечением остойчивости дает история военного кораблестроения Японии в 1930—1935 гг. Неумеренное стремление вложить максимум вооружения в минимум водоизмещения привело к тому, что у большинства новых надводных боевых кораблей остойчивость оказалась сильно заниженной. Хотя опыт эксплуатации ряда кораблей уже обнаружил недостаточную их остойчивость, практических мер по ее повышению и пересмотру норм остойчивости принято не было до тех пор, пока 12 марта 1934 г. во время шторма не опрокинулся находившийся в исправном состоянии и едва вступивший в строй новый миноносец «Томодуру» (водоизмещение 527 т). При этом погибло около 100 человек из 113. Плавающий в перевернутом состоянии миноносец был отбуксирован в порт Сасебо.

Анализ этой катастрофы потребовал пересмотра всех норм остойчивости, в результате были серьезно переделаны многие построенные корабли японского флота и существенно изменены проекты кораблей, намеченных к постройке. Так, в целях повышения остойчивости при постройке следующих 16 миноносцев пришлось при сохранении прежнего вооружения увеличить водоизмещение более чем на 13%, а у готовых миноносцев уменьшить вооружение; на эскадренных миноносцах типа «Хатухару», «Сигуре» — уменьшить число артиллерийских стволов с шести до пяти и опустить ниже одну из кормовых артустановок; на крейсерах типа «Могами» — снять одну трехорудийную башню главного калибра 155 мм, а на проектировавшихся крейсерах следующей серии «Кумано» — наряду с таким же сокращением артиллерийского вооружения дополнительно увеличить ширину корпуса (в пределах 1 м).

Как уже было отмечено, увеличение остойчивости, особенно начальной, рационально лишь до некоторых пределов. Чрезмерная начальная остойчивость ведет к неблагоприятной (резкой, порывистой) бор-

фовой качке корабля, что само по себе уже может явиться причиной аварий, не говоря уже об ухудшении условий эксплуатации корабля и использования оружия.

1.2.3. Запас прочности

По формальным соображениям прочность не принято относить к мореходным качествам корабля или факторам, обеспечивающим его непотопляемость. Однако фактически непотопляемость корабля существенно зависит от его прочности.

Местная прочность обеспечивает водонепроницаемость наружной обшивки корабля, его палуб, платформ и переборок, препятствующих проникновению воды внутрь корпуса и распространению ее по отсекам, отчего корабль потерял бы непотопляемость. Обеспечение общей прочности предохраняет корабль от общего разрушения, следствием которого в конечном счете также явилась бы гибель корабля.

Повреждения корабля ведут к уменьшению его общей прочности вследствие разрушения отдельных прочных связей. Кроме того, общая прочность может уменьшаться вследствие изменений приложенных к кораблю внешних нагрузок от затопления отсеков и вызванного этим изменения посадки корабля. Затопление отсеков в средней части корабля может вызвать прогиб, а затопление отсеков в оконечностях — перегиб поврежденного корабля. В этих случаях, особенно в моменты нахождения корабля на вершине волны при прогибе и на подошве при перегибе, в палубе и днище могут возникать опасные напряжения, угрожающие кораблю потерей общей продольной прочности.

Как и при нормировании остойчивости, при нормировании общей прочности специальных запасов, учитывающих возможные повреждения корабля, в явном виде обычно не вводят. Возможные уменьшения общей прочности корабля при его повреждениях практически ничем не компенсируются, так что общая прочность может быть обеспечена только при более благоприятных внешних условиях, чем условия, принятые для неповрежденного корабля (при меньшей балльности моря, при плавании более благоприятными курсами по отношению к волнению и т. п.).

В связи с этим разграничение «необходимой» общей прочности корабля и ее «аварийного запаса», а также само определение этого запаса в интересах непотопляемости становятся весьма условными.

Местная прочность корабля всегда обеспечивается с определенным запасом на аварийные нагрузки. Все водонепроницаемые конструкции корпуса рассчитываются на аварийные напоры, существенно превосходящие нагрузки, отвечающие нормальным эксплуатационным условиям.

Важность придания кораблю достаточной прочности для его непотопляемости убедительно подтверждается рядом примеров, в том числе таких, в которых сами повреждения кораблей явились следствием их малой прочности. Примерами такого рода могут служить многочисленные аварии серийных транспортных судов американской постройки типа «Либерти» (водоизмещение около 15 000 т). Низкое качество стали, склонной к разрушению при низких температурах и ударных нагрузках, а также конструктивные и технологические ошибки, приведшие к концентрации напряжений в отдельных связях палубы, вызвали появление трещин и полные переломы корпусов ряда судов этого типа в различных условиях их эксплуатации.

Так, из числа судов типа «Либерти», принадлежавших Советскому Союзу, пароходы «Херсон», «Войков», «Витебск» и «Брянск» переломились при посадках на мель и камни; у парохода «Сучан» образовались трещины по верхней палубе и ширстреку при зимней стоянке в порту; пароход «В. Чкалов» переломился пополам при шторме на переходе в балласте.

Недостаточное обеспечение прочности характерно и для других типов транспортных судов американской постройки, в частности для танкеров типа «Т-2». Так, танкер «Эссо Манхэттэн» переломился на две части через полгода после постройки в марте 1943 г. на небольшой зыби при ветре около 2 баллов; аналогичная судьба постигла танкер «Джон Кэнс» через 4 месяца после постройки на зыби при ветре 6 баллов в ноябре 1943 г., а танкер «Шенектеди» переломился на тихой воде через две недели после постройки в январе 1943 г. у заводской стенки верфи Кайзер в Портленде (рис. 1.4).

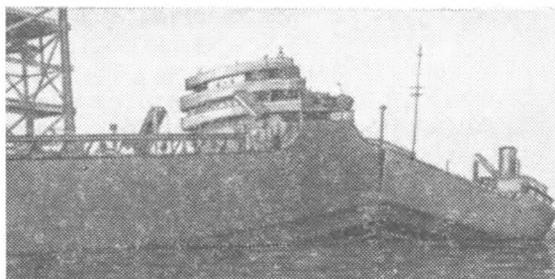


Рис. 1.4. Перелом корпуса танкера «Шенектеди»

Аналогичные аварии с танкерами американской постройки происходили в послевоенный период. В декабре 1960 г. у Атлантического побережья США переломился американский танкер «Пайн Ридж» (валовая вместимость 10 417 рег. т), построенный в 1943 г.; в 1962 г. в Южно-Китайском море переломился панамский танкер «Станвак Суматра» (валовая вместимость 10 202 рег. т), построенный в 1949 г.; в том же году переломились два либерийских танкера довоенной постройки «Бридуствотер» и «Джем».

Известен также ряд серьезных штормовых повреждений американских военных кораблей. Например, в июле 1945 г. во время тайфуна у о. Окинава ударами волн была оторвана носовая оконечность длиной 30 м у крейсера «Питсбург». Тяжелые повреждения во время этого же тайфуна получили три линкора, четыре авианосца, несколько крейсеров и эскадренных миноносцев.

Хотя американцы извлекли опыт из штормовых повреждений своих кораблей в период второй мировой войны и повысили их прочность, отдельные аварии такого рода в американском флоте происходили до последнего времени. Известно, в частности, о серьезном штормовом повреждении противолодочного авианосца (позднее десантного вертолетоносца) «Велли Фордж» (водоизмещение 38 500 т) в феврале 1959 г., на котором была разрушена волнами носовая часть полетной палубы.

Из-за недостаточной прочности корпуса в 1942 г. во время жестоких штормов в Баренцевом море у эскадренного миноносца «Громкий» волнами почти

оторвало нос, а у эскадренного миноносца «Сокрушительный» — корму, в результате чего он погиб.

Наряду с приведенными примерами недостаточной прочности известно также много случаев, когда удавалось сохранить непотопляемость тяжело поврежденных кораблей именно благодаря их высокой местной и общей прочности. Например, тральщик «Фугас» (водоизмещение 152 т) 20 ноября 1916 г. подорвался на немецкой mine заграждения. Взрывом была оторвана носовая часть до носовой переборки котельного отделения. Переборка получила прогиб, но сохранила прочность и водонепроницаемость. Тральщик был взят на буксир и отведен (кормой вперед) в порт.

Эскадренный миноносец «Донской казак» (водоизмещение 660 т) 21 августа 1916 г. в Ирбенском проливе подорвался на немецкой mine заграждения. Взрыв произошел в кормовой части корабля, которая была целиком разрушена. Однако благодаря высокой прочности и водонепроницаемости кормовой переборки машинного отделения расположенные в нос от нее отсеки остались незатопленными. Корабль сохранил плавучесть и на буксире был отведен в базу для ремонта.

К прочности боевых надводных кораблей обычно предъявляются требования, чтобы она обеспечивала их безопасное плавание при любом состоянии моря, любым курсом и с любой скоростью хода вплоть до полной. При невозможности выполнить это требование в корабельной документации специально оговаривают, в каких случаях скорость хода должна быть снижена и до каких пределов.

Общая продольная прочность, состоящая в способности корпуса корабля выдерживать без разрушений и чрезмерных деформаций, рассчитывается на действие статического $M_{ст}$ и динамического $M_{дин}$ изгибающих моментов. Первый из них определяется статической постановкой корабля на расчетную волну заданных параметров, а второй учитывает дополнительные динамические нагрузки, возникающие при ходе корабля против волн. Общая продольная прочность считается обеспеченной, если предельный выдерживаемый кораблем изгибающий момент $M_{пред}$, при котором наиболее удаленные от нейтральной оси связи корпуса нагружены до предела текучести,

превосходит расчетный изгибающий момент $M_{изг} = M_{ст} + M_{дин}$. Отношение $M_{пред}/M_{изг}$ носит название коэффициента запаса прочности.

Местная прочность рассчитывается на действие гидростатического давления, определяемого линией аварийных напоров. Эта линия проходит значительно выше палубы переборок, при погружении по которую обеспечивается непотопляемость*.

Требования к прочности гражданских судов советского морского флота регламентируются Правилами классификации и постройки морских судов Регистра СССР. Согласно этим Правилам общая продольная прочность проверяется как по допустимым напряжениям, так и по предельным изгибающим моментам. Как и для военных кораблей, расчетный момент определяется суммированием статического и динамического моментов.

В целях наилучшего обеспечения общей продольной прочности разрабатываются специальные инструкции, рекомендуемые наиболее благоприятные варианты распределения по длине судна переменных грузов. В этих же инструкциях указываются и наиболее опасные с точки зрения продольной прочности варианты загрузки, которых следует избегать или не допускать вовсе.

Местная прочность судов рассчитывается на гидростатические напоры, а второе дно дополнительно проверяется на нагрузку от давления перевозимых грузов. Водонепроницаемые переборки сухогрузных судов проверяются на расчетную нагрузку по треугольнику или трапеции при максимальном напоре, равном возвышению палубы переборок над основной плоскостью судна.

§ 1.3. ДЕЛЕНИЕ КОРПУСА КОРАБЛЯ НА ВОДОНЕПРОНИЦАЕМЫЕ ОТСЕКИ

1.3.1. Роль водонепроницаемого деления корпуса в обеспечении непотопляемости

Деление корабля на водонепроницаемые отсеки представляет собой естественное средство сокращения количества воды, поступающей внутрь

* Палуба переборок — верхняя непрерывная палуба, до которой доведены непроницаемые переборки.

корпуса через пробоину, и является, таким образом, важнейшим конструктивным мероприятием по ограничению потерь запаса плавучести, а также устойчивости при получении кораблем повреждений. Его эффективность существенно зависит от величины самого запаса плавучести, ограничивать потерю которого призвана разбивка корабля на отсеки. Подчеркивая это положение, академик А. Н. Крылов указывал: «Часто говорят: непотопляемость корабля обеспечивается разделением трюма на отсеки. Это выражение неточно. Непотопляемость обеспечивается запасом плавучести корабля... Подразделение трюма на отсеки есть одно из средств для использования запаса плавучести».

Деление корпуса на водонепроницаемые отсеки стало практически осуществимым с переходом к использованию металлов в судостроении. Первым крупным кораблем, на котором успешно реализовано такое деление, был пароход «Грейт Истерн», далеко опередивший свое время (1860—1887 гг.) как по размерам, так и по совершенству своей конструкции. Его водоизмещение в полном грузу достигало 25 000 т. Более крупный корабль был построен только через 47 лет, в 1907 г. Корпус «Грейт Истерна» был набран по чисто продольной системе, причем не только в днищевой части, но и по бортам наружная обшивка была дублирована внутренней, отстоящей от первой на расстоянии, равном высоте стрингеров. Наряду с обеспечением высокой прочности корпуса такая конструкция ограничивала потерю запаса плавучести корабля при повреждениях наружной обшивки только малыми объемами междудонных и междубортовых отсеков в поврежденном районе.

С указанной точки зрения эта конструкция целиком себя оправдала, когда корабль, получив в районе Ньюфаунленда от удара о камни днищевую пробоину длиной около 26 м и шириной более 1 м, пересек океан, даже не подмочив груза, так как затопление ограничилось только междудонными отсеками.

Примером исключительно высокой эффективности водонепроницаемого деления для обеспечения непотопляемости корабля может служить навигационная авария броненосного крейсера «Рюрик» (построен в 1908 г., водоизмещение 17 000 т). Во время боевого

похода в темную, пасмурную ночь 31 января 1915 г., имея ход 16 уз, крейсер перескочил через не обозначенную на картах каменистую банку у северо-восточной оконечности о. Готланд. В результате удара о камни днище оказалось поврежденным на протяжении 80% длины корабля (рис. 1.5). За счет достаточ-



Рис. 1.5. Схема повреждений днища броненосного крейсера «Рюрик»

ной герметичности второго дна и продольных переборок повреждение привело к затоплению лишь междудонных отсеков и угольных ям в районе повреждения. Из других отсеков было частично затоплено только одно из котельных отделений.

Корабль принял около 3000 т воды (18% водоизмещения) и после подкрепления второго дна и переборок аварийными подпорами (было поставлено более 200 подпор) своим ходом (4 уз) дошел до Ревеля (Таллинна), а затем в сопровождении трех ледоколов совершил тяжелый ледовый переход в Кронштадт. Малая скорость хода при следовании в Ревель была обусловлена опасным ростом выпучивания второго дна в носовой части корабля вследствие увеличения гидродинамических давлений на него при попытках дать ход более 4 уз.

Следует отметить, что наряду с высоким уровнем конструктивного обеспечения непотопляемости своим спасением корабль во многом был обязан высокой организации и умелым действиям экипажа по борьбе за непотопляемость.

Благодаря рациональному и надежному водонепроницаемому делению корпуса на отсеки избежал гибели серийный танкер отечественной постройки «Егорьевск» (водоизмещение около 16 000 т), полу-

чивший тяжелые повреждения от взрыва паров нефтепродуктов в танках во время перехода в балласте Бискайским заливом 20 декабря 1960 г. Через пробоины в корпусе и в результате фильтрации были затоплены несколько отсеков, помповое отделение и частично машинное отделение и некоторые другие помещения. (Общий объем затопленных отсеков составил свыше 50% водоизмещения.) Судно получило крен на левый борт около 24° (по некоторым данным, вначале даже до 40°). Палуба по левому борту на значительном протяжении ушла под воду.

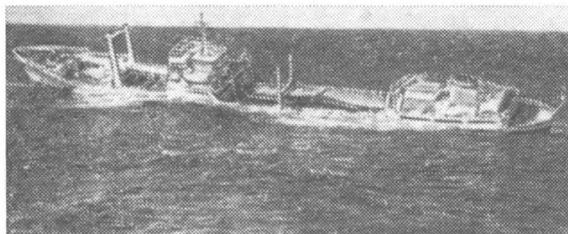


Рис. 1.6. Поврежденный танкер «Егорьевск»

Авария произошла в штормовую погоду при ветре 8 баллов и волнении моря до 7 баллов. Штормовые волны вкатывались на палубу аварийного танкера, заливая ее всю вплоть до правого борта. Ввиду создавшейся явной угрозы гибели судна экипаж, приняв все возможные меры по тушению пожара и предупреждению новых взрывов в танках, организованно покинул судно (был подобран английским танкером «Клайд Серджент»).

Однако конструктивное обеспечение непотопляемости танкера, и в первую очередь разделение его корпуса на водонепроницаемые отсеки, оказалось весьма совершенным, благодаря чему его в конце концов удалось спасти. 30 декабря танкер был прибуксирован на рейд французского порта Сен-Назер (рис. 1.6).

Рациональное деление корпуса на отсеки является весьма эффективным конструктивным средством обеспечения непотопляемости не только больших, но и малых кораблей, о чем свидетельствуют многочисленные примеры спасения миноносцев и тральщиков,

получивших тяжелые боевые повреждения. Так, в период русско-японской войны (1904—1905 гг.) русский миноносец «Бесшумный» (водоизмещение 350 т) у Порт-Артура получил тяжелые повреждения кормовой оконечности при взрыве плавающей мины в трех метрах за кормой. Близ миделя образовались гофры и трещины в наружной обшивке и настиле палубы. В корме у подзора корабль получил большую пробоину. Взрывом были повреждены левый гребной винт, его вал и кронштейн. Переборки миноносца выдержали напор воды и ограничили затопление. Поврежденный корабль не только не затонул, но и дошел своим ходом до базы под правой машиной.

Миноносец «Сторожевой» (водоизмещение 240 т) тогда же у Порт-Артура получил попадание японской торпеды в носовую оконечность. Благодаря наличию исправных и прочных водонепроницаемых переборок затопление оказалось ограниченным носовыми отсеками. Миноносец остался на плаву, сохранил управляемость и задним ходом дошел до базы.

Русский тральщик № 218 (построен в 1902 г., водоизмещение 154 т) 18 июля 1915 г. подорвался на немецкой мине заграждения. В результате взрыва был затоплен носовой отсек, но носовая переборка котельного отделения осталась цела. Корабль сохранил плавучесть и был благополучно отбуксирован в базу для ремонта. На переходе фильтрационная вода, проникавшая в котельное отделение, откачивалась корабельными водоотливными средствами.

Эскадренный миноносец «Беспокойный» (построен в 1913 г., водоизмещение 1472 т) 8 сентября 1916 г. подорвался на двух минах у порта Констанца. Первый взрыв произошел в средней части корабля под вторым котельным отделением, которое было сразу затоплено, но переборки повреждены не были и оказались в хорошем состоянии, так что дальнейшего распространения воды по кораблю не произошло. Второй взрыв последовал в районе кормового машинного отделения и привел к затоплению почти всех отсеков, расположенных в корму от носовой переборки этого отделения. В общей сложности оказались затопленными отсеки корабля более чем на 1/3 его длины (рис. 1.7). «Беспокойный» получил крен 11° на левый борт и значительный дифферент на корму, однако остался на плаву и сохранил остойчивость.

Вскоре поврежденный корабль был отбуксирован в базу для ремонта.

Во время гражданской войны в Испании 13 мая 1937 г. английский эскадренный миноносец «Хантер»

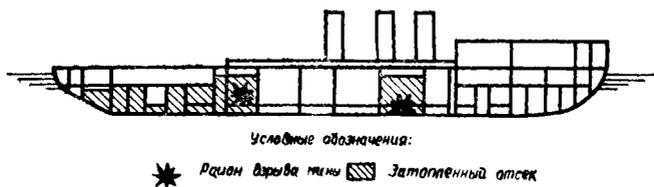


Рис. 1.7. Схема повреждений эскадренного миноносца «Беспокойный»

(построен в 1936 г., водоизмещение около 1200 т) подорвался на mine заграждения, в результате чего принял около 900 т воды (примерно 74% водоизмещения), но остался на плаву и был благополучно отбуксирован в базу.



Рис. 1.8. Схема повреждений английского эскадренного миноносца «Джевелин»

Английский эскадренный миноносец «Джевелин» (построен в 1939 г., водоизмещение 2250 т) 29 ноября 1940 г. в районе м. Лизард (пролив Ла-Манш) был поражен с правого борта почти одновременно двумя торпедами, из которых одна попала в носовую, а другая — в кормовую часть корабля. От взрывов торпед были оторваны носовая оконечность корабля

длиной 8—9 м и кормовая оконечность длиной около 25 м с рулями, винтами и валами (рис. 1.8). Была затоплена часть помещений в оконечностях. Корабль получил крен 5° на правый борт и дифферент на нос около 1,5 м. Ограничивающие неповрежденную среднюю часть корабля поперечные переборки сохранили в основном прочность и водонепроницаемость, что и спасло корабль, позволив отбуксировать его в базу. В течение первого часа после торпедирования сохранившая боеспособность часть экипажа вела борьбу с водой, поступавшей в машинное отделение через носовую переборку. В дальнейшем весь экипаж с корабля был снят.

Деление корпуса на водонепроницаемые отсеки (цистерны) является одним из важнейших условий конструктивного обеспечения непотопляемости также и для подводных лодок. У известных отечественных подводных лодок типа «Барс» (конструкции И. Г. Бубнова, 1911 г.) это условие выполнено не было. Проект «Барса» предусматривал мощное торпедное вооружение (12 аппаратов) и установку двух дизелей по 1320 л. с. каждый для обеспечения высокой скорости надводного хода (до 18 уз), но в целях сокращения водоизмещения не предусматривал водонепроницаемых переборок (кроме ограничивающих дифферентные и концевые цистерны). Поэтому подводные лодки этого типа при получении пробоины в прочном корпусе оказывались в весьма опасном положении.

Две подводные лодки типа «Барс» — № 4 («Леопард») и № 9 («Ерш») — находились в совместном плавании в Финском заливе. Ночью разыгрался сильный шторм; волной стало накрывать лодки. Потеряв друг друга из виду, лодки продолжали идти по установленному курсу. Командир подводной лодки № 4 пытался, очевидно, приблизиться к другой лодке, чтобы следовать за ней в кильватер. В результате маневрирования произошло столкновение: подводная лодка № 4 своим правым ограждением носовых горизонтальных рулей таранила подводную лодку № 9 в левый борт с кормы под углом около 30°. В прочном корпусе лодки № 9 образовалась пробоина величиной с ладонь.

Поступающая через пробоину вода стала разливаться по всему трюму. Были пущены помпы для от-

качивания воды, но их производительность оказалась недостаточной — вода продолжала прибывать. Все старания команды заделать пробойну не увенчались успехом. Пробойна оказалась в очень неудобном для заделки месте — ее заслоняли трубопроводы. Кроме того, пробойна находилась против соединительной муфты левого дизеля с электродвигателем. В этих условиях из-за отсутствия водонепроницаемых переборок гибель подводной лодки стала неизбежной. Потеряв плавучесть, лодка погрузилась с большим дифферентом и затонула.

Эффективность деления корпуса корабля на водонепроницаемые отсеки в большой степени зависит от их размеров и расположения. Если размеры отсеков столь велики, что затопление любого из них ведет к полной потере кораблем плавучести или остойчивости, то такое разделение не принесет никакой пользы. Наоборот, водонепроницаемое подразделение корпуса, которое обеспечивает малые изменения посадки и остойчивости при заданных повреждениях, следует признать эффективным.

Критерием рациональности разделения корпуса корабля на отсеки надо считать не их число, а те изменения посадки, плавучести и остойчивости корабля, к которым ведет затопление отсеков при различных вариантах повреждений. Рациональность деления на отсеки должна, следовательно, проверяться расчетом непотопляемости.

Однако, как отмечал А. Н. Крылов, «...мало было гибели в бою корабля «Ре д'Италия» от таранного удара*, гибели «Венгард», протараненного «Айрон Дюк», мало было гибели «Гроссе Курфюрст», протараненного «Кайзер», нужна была крупная катастрофа с броненосцем «Виктория», протараненным «Кампердаун», чтобы начали подвергать расчету подразделение трюма, но и то — задним числом. Недаром в 1898 г. на общем собрании членов английского Общества корабельных инженеров при обсуждении доклада сэра В. Уайта, бывшего тогда главным строителем флота, о вновь построенных морских кораблях типа «Маджестик» адмирал лорд Чарльс Бересфорд, морским глазом оценив недостатки в расположении

* Этот корабль был потоплен в бою при Лиссе (1866 г.) таранным ударом австрийского броненосца «Фердинанд Макс».

переборок, сказал: «Мы будем тонуть на этих кораблях, а сэр В. Уайт будет объяснять, почему мы потонули». Действительно, в первом же бою при попытке прорыва через Дарданеллы «Маджестик», получив пробоину, потонул и опрокинулся».

Заслуга введения в практику кораблестроения расчетной проверки непотопляемости кораблей в процессе их проектирования принадлежала А. Н. Крылову в бытность его главным инспектором кораблестроения и председателем Морского технического комитета русского флота в 1908—1910 гг. Методы таких расчетов были разработаны А. Н. Крыловым, а также И. Г. Бубновым и Р. А. Матросовым. Впоследствии эти методы были значительно развиты и усовершенствованы рядом советских ученых, в особенности В. Г. Власовым.

Чтобы лучше понять сущность требований к разделению корабля на отсеки, необходимо рассмотреть эти требования в тесной связи с особенностями изменений плавучести, остойчивости и посадки корабля от затопления различных отсеков.

1.3.2. Изменения запаса плавучести от затопления отсеков

В любом случае затопления отсеков запас плавучести уменьшается на величину объема влившейся внутрь корабля воды. В ряде случаев кроме этого уменьшения запаса плавучести имеет место дополнительная его потеря, вызванная нарушением водонепроницаемости части надводного объема корабля.

Так, затопление отсека III категории (т. е. отсек открыт сверху и сообщается с забортной водой) приводит к потере запаса плавучести в объеме надводной части этого отсека, поскольку при последующих изменениях посадки этот объем заполняется водой по забортный уровень (рис. 1.9). Следовательно, всякое нарушение непроницаемости палуб, накрывающих сверху затопленные в результате повреждений отсеки, ведет к потере запаса плавучести даже в тех случаях, когда лежащие выше поврежденных палуб отсеки при данном повреждении не затопляются (рис. 1.10),

Всегда ведут к потерям запаса плавучести надводные пробоины и всякое иное нарушение непроницаемости надводного борта или верхней открытой палубы корабля. При последующих изменениях посадки

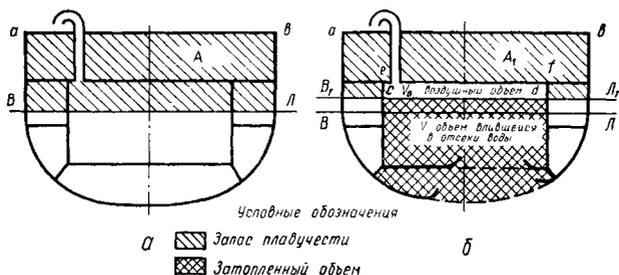


Рис. 1.9. Уменьшение и потеря запаса плавучести при затоплении отсеков III категории:

a — до повреждения запас плавучести равен объему $V_{авЛ}$; *б* — после затопления запас плавучести равен объему $V_{ааЛ,дфс}$; уменьшение запаса плавучести равно затопленному объему V , а потеря — воздушному объему $V_{в}$

эти пробоины могут войти в воду, и через них окажутся затопленными те или иные объемы внутри корабля. Потерю запаса плавучести в этих случаях принято считать равной полному объему отсеков, могу-

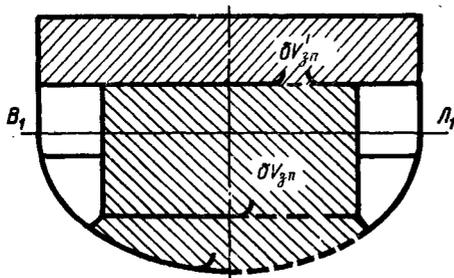


Рис. 1.10. Дополнительные потери запаса плавучести при повреждении палуб, накрывающих затопленные отсеки:

δV_{zn} — уменьшение и потеря запаса плавучести при поврежденной палубе;
 $\delta V'_{zn}$ — дополнительная потеря запаса плавучести вследствие повреждения палубы

щих быть затопленными через вошедшую в воду пробоину (рис. 1.11).

Из сказанного следует, что для ограничения потерь запаса плавучести чрезвычайно важно распространить разделение корпуса корабля на отсеки не только на подводную, но и на надводную его часть, а

также обеспечить водонепроницаемость внутренних палуб, накрывающих отсеки. Этот принцип долгое время не учитывался в практике военного кораблестроения, а порою нарушается и в наши дни. Катастрофические последствия этого убедительно подтверждаются рядом примеров.

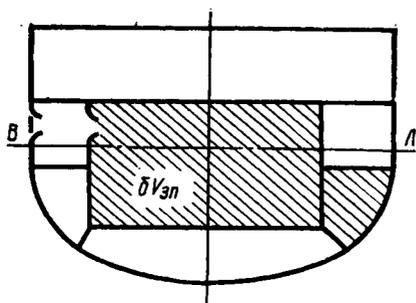


Рис. 1.11. Потеря запаса плавучести $\delta V_{вп}$ при наличии пробоя в надводном борту

Броненосец «Гангут» (водоизмещение около 6600 т) вступил в строй в 1896 г. При постройке, продолжавшейся более 7 лет, броненосец был чрезвычайно перегружен, так что его осадка на 1,07 м превышала проектную. Наряду с другими вредными последствиями перегрузка привела к тому, что нижняя палуба, до которой было доведено большинство водонепроницаемых переборок, опустилась почти до уровня ватерлинии и надводный объем корабля оказался разделенным на весьма малое число отсеков. Кроме того, выше нижней палубы дымоходы четырех котельных отделений были сведены в один общий дымоход, так что через них все котельные отделения оказывались сообщенными выше этой палубы.

Вследствие указанных конструктивных недостатков в делении корабля на отсеки подводная пробойна в одном из котельных отделений при навигационной аварии (удар днищем о камень во время учебного плавания в Выборгском заливе летом 1897 г.) привела к затоплению через дымоходы всех четырех котельных отделений и в конечном счете к гибели корабля.

Широко известная катастрофа с английским лайнером «Титаник» (водоизмещение 52 310 т) во время его первого трансатлантического рейса в 1912 г. также может служить убедительным примером тяже-

лых последствий нарушения указанного принципа рационального деления корпуса на отсеки.

На ходу 22,5 уз лайнер «Титаник» ночью коснулся подводной части айсберга и получил длинную узкую пробоину в обшивке от форпика до носового котельного отделения (рис. 1.12). Таким образом, пов-

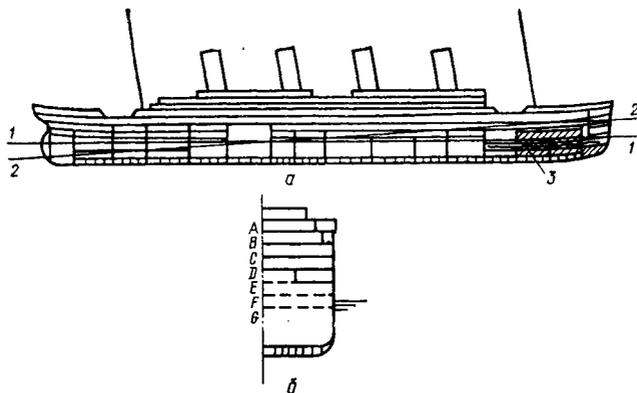


Рис. 1.12. Авария лайнера «Титаник»:

a — схема затопления отсеков; *1-1* — ватерлиния неповрежденного корабля; *2-2* — аварийная ватерлиния при условии непроницаемости палубы переборок (заштрихованы затопляемые при этом условия отсеки корабля); *b* — поперечное сечение судна в районе трюма; *3* — пробоина

режденными оказались пять носовых автономных отсеков. В результате затопления котельного отделения и носовых трюмов, продолжавшегося около 1 ч, что свидетельствовало о сравнительно небольшой площади пробоины, корабль получил дифферент на нос*, при этом нижняя палуба, до которой были доведены непроницаемые переборки (палуба переборок), ушла в носовой части под воду (до аварии она возвышалась в носу над ватерлинией на 6—8 м).

Если бы эта палуба была непроницаема, то указанным изменением посадки последствия столкновения и ограничились бы. Однако при постройке «Титаника» руководствовались не научно обоснованными требованиями к обеспечению непотопляемости и безопасности, а капиталистическим принципом погони за прибылью. Так как обеспечение водонепроницаемости палуб и продолжение вверх водонепроницаемых пе-

* Форпик вначале был затоплен только в междудонной части.

реборок в районе пассажирских кают первых классов противоречили этому, указанные конструктивные меры обеспечения непотопляемости приняты не были.

Через лишенные затворов люки нижней палубы вода из затопленных носовых трюмов проникла в вышележащее межпалубное пространство, не разделенное переборками на отсеки, и сверху начала поступать в расположенные далее в корму автономные отсеки. В результате распространения воды корабль погрузился в воду носом, затем стал почти вертикально и затонул, сохраняя большой дифферент.

Так как запас плавучести лайнера составлял около 200% объемного водоизмещения, его потенциальные возможности остаться на плаву были огромны, однако невыполнение элементарных конструктивных мероприятий, обеспечивающих сохранение запаса плавучести при повреждениях, свело эти возможности к нулю.

1.3.3. Изменения остойчивости от затопления отсеков

К выводу о необходимости согласования деления надводной и подводной частей корабля на водонепроницаемые отсеки приводит также анализ изменений остойчивости при повреждениях.

Из теории непотопляемости известно, что затопление через пробоину отсека, заполняющегося водой целиком (отсека I категории), увеличивает начальную остойчивость корабля, а в большинстве случаев и остойчивость его при больших наклонениях (рис. 1.13). Остойчивость веса при этом увеличивается (в алгебраическом смысле), поскольку ЦВ влившейся в отсек воды лежит ниже ЦВ дополнительно входящего в воду объема корабля, расположенного выше исходной ватерлинии*. Остойчивость формы, по крайней мере начальная, также растет с увеличением осадки вследствие наличия развала бортов (исключение составляют подводные лодки, у которых борта выше ватерлинии завалены к палубе). Потери остой-

* Согласно принятой классификации отсеком I категории называют и целиком затопленный отсек, расположенный выше ватерлинии. Однако аварийные затопления такого типа не характерны. С ними чаще приходится иметь дело при намеренном затоплении отсеков в процессе борьбы за непотопляемость.

чивости, вызванные влиянием свободных поверхностей воды, в рассматриваемом случае отсутствуют.

Частично затопленные отсеки, не сообщающиеся с забортной водой (отсеки II категории), могут быть при авариях как ниже, так и выше ватерлинии. В последнем случае при их затоплении остойчивость

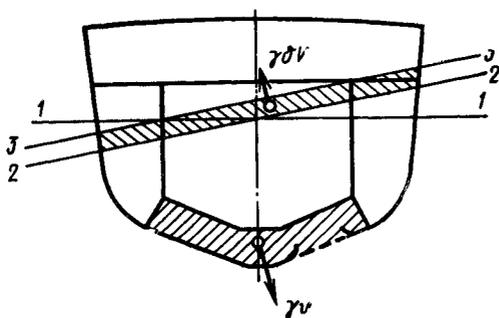


Рис. 1.13. Влияние на остойчивость затопления отсека I категории:

1-1 — ватерлиния равновесия до повреждения; 2-2 — равнообъемная ей наклонная ватерлиния; 3-3 — параллельная ей ватерлиния поврежденного корабля (стойчивость веса увеличивается за счет момента пары сил γv , $\gamma \delta V$, действующего против наклона)

веса уменьшается (в алгебраическом смысле). Кроме того, во всех случаях остойчивость уменьшается из-за наличия в отсеках этой категории свободных поверхностей воды (рис. 1.14).

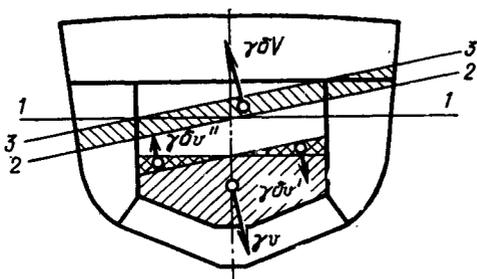


Рис. 1.14. Влияние на остойчивость затопления отсека II категории:

1-1 и 2-2 — равнообъемные ватерлинии до повреждения; 3-3 — ватерлиния, параллельная 2-2 после повреждения (пара γv , $\gamma \delta V$ увеличивается, а пара $\gamma \delta v'$, $\gamma \delta v''$, вызванная переливом воды, уменьшает остойчивость)

Если отсек III категории симметричен относительно диаметральной плоскости (ДП) корабля, а по длине расположен в районе ЦТ его ватерлинии, то затопление отсека окажет практически такое же влияние на начальную остойчивость корабля, как аналогичное затопление по типу II категории. Указанные условия расположения отсеков III категории практически эквивалентны условиям неизменности крена и дифферента при их затоплении.

Таким образом, если исключить влияние на остойчивость крена и дифферента, а также других обстоятельств, связанных с изменением положения затопленных отсеков по длине и ширине*, то наибольшую опасность для остойчивости представляет затопление высоко расположенных отсеков II и III категории, характерное в случаях ухода под воду надводных пробоев или повреждений внутренних палуб, накрывающих отсеки с подводными пробоями. В этих случаях при отсутствии в междупалубных пространствах достаточно часто расставленных переборок вода может распространиться по большим площадям палуб, далеко за пределы района повреждения, создавая чрезвычайную угрозу потери кораблем остойчивости. Кроме того, распространение воды по палубам вдоль корабля создает угрозу затопления сверху неповрежденных нижележащих автономных отсеков.

Весьма опасно с точки зрения потери остойчивости также распространение по палубам воды, налитой при тушении пожаров или при повреждении трубопроводов. Для ограничения потерь остойчивости в этих условиях особенно важно опять-таки деление на отсеки надводного объема корабля. С этой целью необходимо доводить непроницаемые переборки (в первую очередь поперечные) до палубы, достаточно высоко расположенной над ватерлинией (оптимальный вариант — до верхней открытой палубы). Подчеркивая этот принцип, академик А. Н. Крылов кратко сформулировал его так: «Остойчивость при повреждениях обеспечивается соответствием подразделения надводной части подразделению трюма...»

Примером катастрофических последствий нарушения такого соответствия может служить гибель в 1941 г. новейшего тогда английского авианосца «Арк Ройял» (вступил в строй в 1939 г., водоизмещение около 27 000 т). Роковую роль при этом сыграл тот же конструктивный недостаток, который за 44 года до этого вызвал гибель броненосца «Гангут». По соображениям удобства размещения ангарная палуба авианосца, являвшаяся палубой переборок, была расположена на малой высоте над ватерлинией. Все три

* Имеется в виду зависимость от этого изменения потерянных моментов инерции площади ватерлинии поврежденного корабля.

котельных отделения размещались в пределах одного автономного отсека, разделенного по ширине двумя продольными переборками. Дымоходы всех котлов под ангарной палубой были соединены вместе для выводов в одну дымовую трубу.

14 ноября 1941 г. в районе пролива Гибралтар авианосец был атакован немецкой подводной лодкой. Одна торпеда попала в правый борт в районе котельного отделения, которое сразу было затоплено. Через дымоходы вода проникла в два других котельных отделения, а также начала распространяться по другим отсекам. Авианосец получил крен 15° , вскоре возросший до 20° . Большая часть экипажа сразу же покинула корабль, а оставшиеся аварийные партии пытались приостановить распространение воды и спасти корабль еще в течение 12 ч, после чего также были сняты. Через 2 ч после этого (через 14 ч после торпедирования) авианосец опрокинулся и затонул.

1.3.4. Изменения крена и дифферента от затопления отсеков и их влияние на остойчивость поврежденного корабля

В результате повреждения, не вызвавшего гибели корабля, меняется его посадка. Увеличивается осадка, и в общем случае корабль получает крен и дифферент. При этом особенно неблагоприятно сказываются крен и дифферент, большие значения которых не только резко ухудшают условия использования оружия и технических средств, снижают ходовые и маневренные качества корабля, но и чрезвычайно опасны для его остойчивости, особенно в тех случаях, которые ведут к уходу под воду части верхней открытой палубы или затапливаемой через надводные пробоины внутренней палубы.

Вредное влияние на остойчивость корабля больших кренов и дифферентов легко показать на двух примерах, в которых намеренно исключено влияние всех прочих факторов. Это, например, изменение остойчивости корабля в результате получения им в одном случае большого крена, а в другом случае — большого дифферента в результате одного только горизонтально-поперечного или горизонтально-продольного смещения ЦТ корабля.

Сравнение диаграмм поперечной статической остойчивости корабля, плавающего в прямом положении, и того же корабля, плавающего с большим креном Θ_1 , вызванным одним только горизонтально-поперечным смещением ЦТ корабля (рис. 1.15), пока-

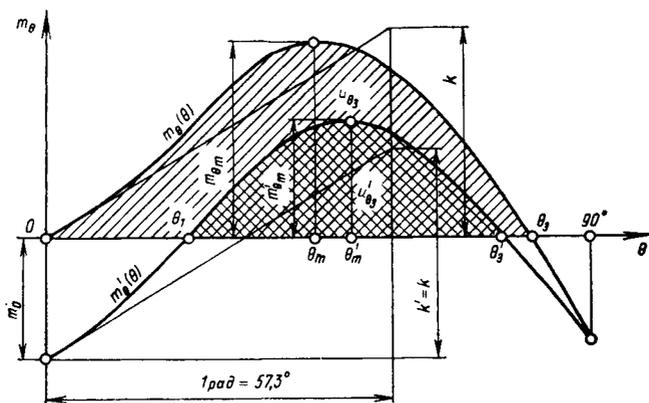


Рис. 1.15. Влияние крена на диаграмму поперечной статической остойчивости:

$m_\theta(\theta)$ — ДСО до приложения кренящего момента; $m'_\theta(\theta)$ — ДСО после приложения поперечного кренящего момента $m_{кр}$, создающего крен на угол θ_1

зывает, что у корабля, плавающего с креном, резко уменьшаются все характеристики запаса остойчивости. Максимальный восстанавливающий момент $m'_{\theta m}$, характеризующий запас статической остойчивости корабля, плавающего с креном, меньше соответствующего максимального восстанавливающего момента $m_{\theta m}$ у корабля, не имеющего крена. Соответственно уменьшается при наличии крена протяженность положительного участка ДСО Θ'_m — Θ_1 по сравнению с Θ_m .

Еще резче сокращаются характеристики запаса динамической остойчивости корабля, плавающего с креном (u_{θ_3} и Θ'_3 — Θ_1), по сравнению с соответствующими характеристиками прямо сидящего корабля (u_{θ_3} и Θ_3).

Уменьшение способности корабля противодействовать поперечным наклонениям из-за наличия у не-

го большого крена можно рассматривать не как следствие изменения его остойчивости, а как результат частичного «расхода» ее на уравновешивание ранее приложенного кренящего момента $m_{кр} = -m_0$, вызывающего крен Θ_1 .

Классическим примером катастрофических последствий снижения запаса остойчивости вследствие

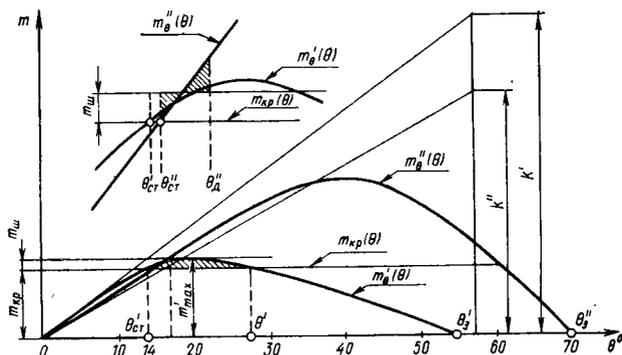


Рис. 1.16. Диаграммы поперечной статической остойчивости броненосцев «Монарх» и «Кэптэн» и определение по ним динамического воздействия шквала

наличия начального крена является гибель английского броненосца «Кэптэн» в 1870 г., описанная академиком А. Н. Крыловым. При создании этого броненосца его конструктор капитан Кольз хотел соединить в одном корабле несоединимое — сильную артиллерию во вращающихся башнях, толстую бортовую броню, малую цель для противника, т. е. низкий надводный борт, и, наконец, полную парусность.

Одновременно с «Кэптэном» (водоизмещение 7915 т) был построен близкий по размерам и парусности, но значительно более высокобортный броненосец «Монарх» (водоизмещение 8439 т). Как видно из сравнения диаграмм на рис. 1.16, хотя начальная остойчивость «Кэптэна» была несколько больше, чем у «Монарха», но его остойчивость на больших наклонениях обеспечивалась значительно хуже (характеристики остойчивости «Кэптэна» отмечены одним штрихом, а «Монарха» — двумя штрихами).

Не учитывая этого обстоятельства, во время эскадренной гонки, в которой принимали участие оба

корабля, на «Кэптэне» наравне с другими кораблями эскадры допускали сохранение большой парусности при ветре 7 баллов. Статический крен при этом достигал 14° , так что кромка верхней палубы касалась воды. При таком крене «Кэптэн» имел ничтожные запасы динамической и статической остойчивости, характеризируемые на рис. 1.16 заштрихованной площадью его диаграммы.

У высокобортного «Монарха», имевшего примерно тот же крен, эти запасы были много больше (запас динамической остойчивости примерно в 20 раз больше, чем у «Кэптэна»). При посадке без крена эта разница была существенно меньшей (примерно в 2,5 раза). При резком сокращении запаса остойчивости, вызванном большим начальным креном, динамическое приложение даже небольшого дополнительного момента $m_{ш}$ неизбежно должно было привести к опрокидыванию «Кэптэна» (при отсутствии начального крена тот же момент вызвал бы лишь динамическое наклонение на $5-6^\circ$).

Никто на корабле этой опасности не сознавал, и меры для уменьшения начального крена своевременно приняты не были. В результате при шквале 9 баллов (резком усилении ветра на 2 балла) «Кэптэн» опрокинулся (из всей команды спаслось лишь 13 человек), тогда как остальные 10 кораблей эскадры, включая «Монарх», этот шквал благополучно выдержали.

Анализ диаграммы остойчивости «Монарха» показывает, что при наличии начального крена $\Theta_{ст}'' = 15^\circ$, обусловленного установившимся ветром 7 баллов, дополнительный момент от шквала $m_{ш}$, достаточный для опрокидывания «Кэптэна», вызвал у него лишь динамическое возрастание крена примерно на 3° (до $\Theta_{д}' \approx 18^\circ$), совершенно безопасное для корабля.

Из этого примера видно, что уменьшение запаса остойчивости с увеличением крена особенно опасно для низкобортных кораблей.

Сравнение начальной поперечной остойчивости корабля, плавающего без дифферента, и того же корабля, имеющего большой дифферент, вызванный горизонтально-продольным перемещением его ЦТ (рис. 1.17), показывает, что с появлением дифферента остойчивость веса несколько возрастает (в алгебраи-

ческом смысле) в результате перемещения вверх ЦВ корабля, а остойчивость формы в случае ухода под воду открытой палубы в опустившейся оконечности уменьшается из-за сокращения размеров ватерлинии. Действительно, для корабля, сидящего без дифферента, начальная поперечная метацентрическая высота

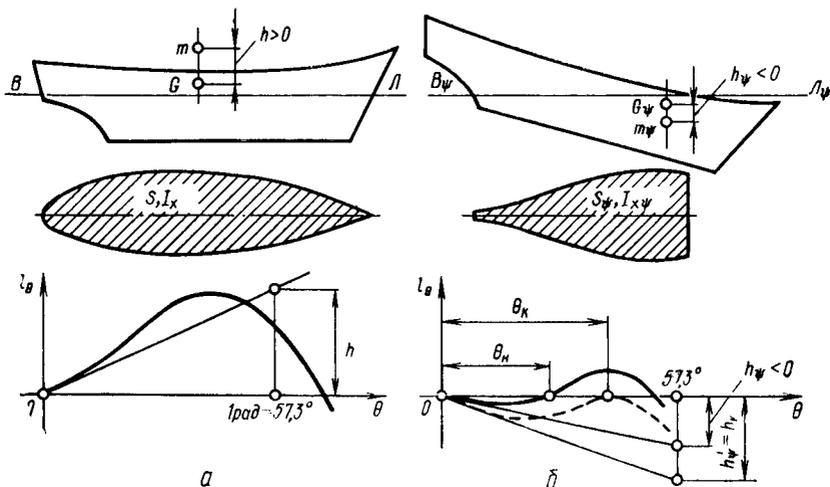


Рис. 1.17. Влияние дифферента на поперечную остойчивость корабля:

а — посадка без дифферента; б — посадка с дифферентом

определяется выражением $h = r - a$, где $r = I_x / V$ — мера остойчивости формы, а величина $(-a) = Z_c - Z_q$ — мера остойчивости веса. При дифференте на угол ψ соответственно получаем $h_\psi = r_\psi - a_\psi$, где $r_\psi = I_{x\psi} / V$ и $(-a_\psi) = (Z_{c\psi} - Z_{q\psi}) / \cos \psi$. Как правило, различие между a_ψ и a даже при больших дифферентах не существенное. В то же время при уходе открытой палубы в воду и оголении подзора в противоположной оконечности корабля $I_{x\psi} < I_x$ и $r_\psi < r$. Это уменьшение может быть столь существенным, что приводит к потере начальной поперечной остойчивости, когда $h_\psi < 0$.

Как было показано выше, поперечная начальная остойчивость теряется, если уменьшение момента инерции площади ватерлинии $I_x - I_{x\psi}$ превосходит величину $h'' I_x$. Так, при $h'' = 0,25$ для этого достаточно уменьшение I_x на 25%.

С ростом дифферента уменьшение поперечной остойчивости может привести к опрокидыванию корабля. Это происходит (см. рис. 1.17), когда h_{ψ} достигает критического значения $h_{\kappa} < 0$. Корабль, накренившись до угла Θ_{κ} , оказывается в положении нестойчивого равновесия и опрокидывается (при крене Θ_{κ} диаграмма поперечной статической остойчивости лишь касается оси углов Θ).

Таким образом, рост дифферента, при котором палуба в оконечности входит в воду, может привести к потере кораблем поперечной остойчивости и опрокидыванию (через борт).

Характерным примером потери кораблем поперечной остойчивости вследствие возникновения большого дифферента является гибель английского броненосца «Виктория», описанная академиком А. Н. Крыловым.

В 1893 г. флагманский корабль английской Средиземноморской эскадры броненосец «Виктория» (водоизмещение 10 470 т) во время маневрирования у берегов Сирии днем в штилевую погоду был протаранен (с малого хода) броненосцем «Кампердаун». Вода тотчас же затопила носовые отсеки ниже карапасной палубы и некоторые отсеки выше нее.

Несмотря на то что за 1 мин до столкновения была дана команда задраить водонепроницаемые двери, выполнить ее в районе аварийного повреждения, очевидно, не успели, так как на это требовалось не менее 3—4 мин. Затопление распространилось на смежные неповрежденные отсеки, в том числе и на расположенные на опустившейся ниже ватерлинии броневой палубе. Распространению воды способствовали общие аварийные деформации корпуса, нарушившие водонепроницаемость закрытий.

Корабль сразу сел носом (за 4 мин после столкновения осадка носом увеличилась примерно на 3 м), так что носовая оконечность верхней палубы ушла под воду. Это, однако, не вызвало у принявшего командование адмирала Трайона серьезных опасений за безопасность состояния корабля. Он приказал следовать малым ходом к берегу, отказавшись от присылки шлюпок с других кораблей для оказания помощи и снятия команды.

В результате дальнейшего распространения воды, сопровождавшегося нарастанием дифферента, корабль начал медленно крениться. Причиной крена

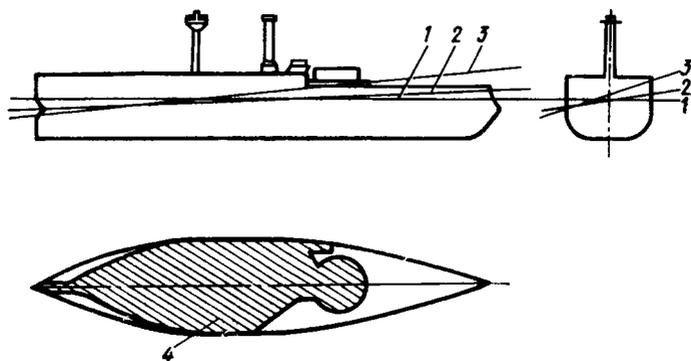


Рис. 1.18. Схема изменения посадки броненосца «Виктория» при аварии:

1 — ватерлиния неповрежденного корабля; 2 — аварийная ватерлиния при условии непроницаемости переборок и палуб (при своевременном задривании дверей и люков в них); 3 — аварийная ватерлиния перед началом опрокидывания корабля; 4 — действующая площадь аварийной ватерлинии

явилось действие небольшого кренящего момента, возникшего вследствие некоторой несимметричности затопления. При нормальной остойчивости этот момент вызвал бы крен Θ_1 всего 5° (рис. 1.18 и 1.19) и

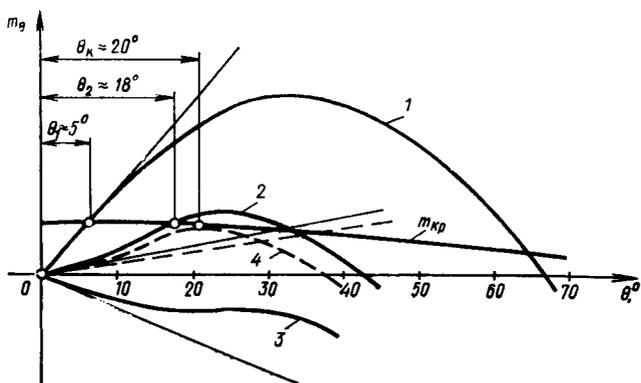


Рис. 1.19. Диаграммы поперечной статической остойчивости броненосца «Виктория»:

1 — до аварии; 2 — непосредственно перед затоплением башни и батареи через амбразуры и порты; 3 — после затопления башни и батареи; 4 — в момент начала опрокидывания

никакой опасности для корабля не представлял бы. Но остойчивость поврежденного корабля резко упала за счет уменьшения остойчивости формы от ухода под воду палубы при дифференте. Так, к моменту ухода в воду амбразур носовой башни корабль потерял около 65% продольного и около 35% поперечного моментов инерции ватерлинии I_{yf} и I_x , в результате чего его продольная метацентрическая высота уменьшилась примерно в 3 раза, а поперечная — с 1,54 до 0,24 м, т. е. более чем в 6 раз. При этом тот же кренящий момент вызвал крен Θ_2 около 18°. Запас остойчивости корабля сократился до ничтожно малой величины.

Затопление подбашенного отделения и части батарейной палубы через вошедшие в воду амбразуры башни и орудийные порты вызвало дальнейшее резкое падение остойчивости за счет уменьшения момента инерции I_x , величина которого к концу затопления сокращалась до 45% от первоначальной. В результате начальная остойчивость броненосца стала отрицательной ($h = -0,55$ м). Небольшой запас остойчивости, еще сохранившийся у корабля до затопления башни и батареи, был сразу же потерян, и корабль, достигнув крена Θ_k (около 20°), почти мгновенно опрокинулся и затонул, погружаясь носом. При этом погибло более половины команды. Опрокидывание произошло при потере плавучести около 2200 т, что составляло примерно 20% от водоизмещения корабля. Таким образом, гибель корабля произошла от потери поперечной остойчивости, вызванной уходом под воду открытой палубы при большом дифференте.

Несмотря на тяжелые повреждения, гибель корабля отнюдь не была неизбежной, как это показал на опытах с его моделью С. О. Макаров. Достаточно было своевременно затопить ряд кормовых отсеков, чтобы не дать кораблю носовой частью верхней палубы уйти под воду и за счет этого утратить остойчивость. Кроме того, тяжелые последствия аварии были обусловлены некоторыми конструктивными недостатками корабля и упущениями в организационно-техническом обеспечении непотопляемости. Главными из них явились недостатки в водонепроницаемом делении корпуса (большое число малонадежных за-

творов в переборках и палубах) и отсутствие предупредительных мероприятий по обеспечению водонепроницаемости корпуса. Приказания о принятии таких мер были отданы слишком поздно (о задранивании водонепроницаемых дверей — за 1 мин до столкновения, а о задрайке орудийных портов на батарейной палубе — непосредственно перед уходом их в воду). В создавшейся аварийной обстановке они уже не могли быть выполнены.

Одним из конструктивных недостатков броненосца, обусловивших быструю потерю им поперечной устойчивости при дифференте, явилась малая высота его надводного борта в носу.

Рассмотренный пример является одним из наиболее убедительных доказательств справедливости высказанного А. Н. Крыловым положения о том, что «...часто истинная причина аварий лежала не в действии неотвратимых и непреодолимых сил природы, не в «неизбежных случайностях на море», а в непонимании основных свойств и качеств корабля, несоблюдении правил службы и самых простых мер предосторожности, непонимании опасности, в которую корабль ставится, в небрежности, неосторожности, отсутствии предусмотрительности...».

Из опыта второй мировой войны известен случай гибели от потери поперечной устойчивости вследствие получения большого дифферента японского авианосца «Сейкаку» (построен в 1941 г., водоизмещение 25 700 т). 19 июня 1944 г. в сражении у Филиппинских островов авианосец был атакован американской подводной лодкой. Три торпеды попали в носовую оконечность корабля, получившего сразу большой дифферент, продолжавший нарастать по мере распрстранения воды по кораблю. Носовая оконечность полетной палубы опустилась до поверхности воды. Через отверстия в борту были залиты расположенные под ней ангары. Из-за потери действующей площади ватерлинии и ухудшения устойчивости веса, вызванной затоплением высоко расположенных ангаров, корабль потерял поперечную устойчивость, опрокинулся и затонул.

Следует заметить, что уход под воду оконечности открытой палубы при дифференте корабля уменьшает также его продольную устойчивость из-за резкого уменьшения соответствующей устойчивости формы

(уменьшения момента инерции ватерлинии относительно поперечной центральной оси I_{yf}). Однако само по себе это уменьшение менее опасно. Дело в том, что обычно $H''' = H/R$ (где H — продольная начальная метацентрическая высота, а $R = I_{yf}/V$ — продольный метацентрический радиус) достигает величины 0,98—0,99. Это значит, что продольная остойчивость уменьшается практически пропорционально уменьшению I_{yf} и для потери продольной остойчивости момент инерции I_{yf} должен уменьшиться почти до нуля (до 1—2% исходной величины).

Большой дифферент, ведущий к уходу под воду верхней открытой палубы в оконечности корабля, опасен не только из-за возможности потери поперечной остойчивости, но и вследствие роста аварийных напоров на переборки и палубы в поврежденной оконечности. Последовательное их разрушение (нарушение водонепроницаемости) может привести к распространению воды по кораблю, дальнейшему падению продольной остойчивости и нарастанию дифферента, а в конечном счете к гибели корабля от потери плавучести. Корабль тонет, погружаясь носом или кормой с углом дифферента, близким по величине к 90° . Такой процесс затопления корабля (рис. 1.20), складывающийся из взаимосвязанных уменьшения продольной остойчивости, нарастания дифферента и потери запаса плавучести, условно называют гибелью от потери продольной остойчивости. Это определение не вполне точно, поскольку корабль не опрокидывается, вращаясь вокруг поперечной оси, а тонет из-за потери плавучести, хотя сама эта потеря действительно обуславливается уменьшением его продольной остойчивости и ростом дифферента.

Показательным примером потери кораблем плавучести в результате появления большого дифферента является рассмотренная ранее гибель лайнера «Титаник». Подобные же примеры дает гибель ряда кораблей, получивших тяжелые боевые повреждения в оконечностях, в период второй мировой войны.

Большой дифферент, в общем, ухудшает условия использования боевых и технических средств, а дифферент на нос, в частности, резко ухудшает ходовые и маневренные качества корабля вплоть до полной потери хода и управляемости вследствие выхода из воды винтов и рулей.

Так, например, германский линейный крейсер «Лютцов» (водоизмещение 26 600 т), получивший в Ютландском бою (1916 г.) 24 попадания тяжелых

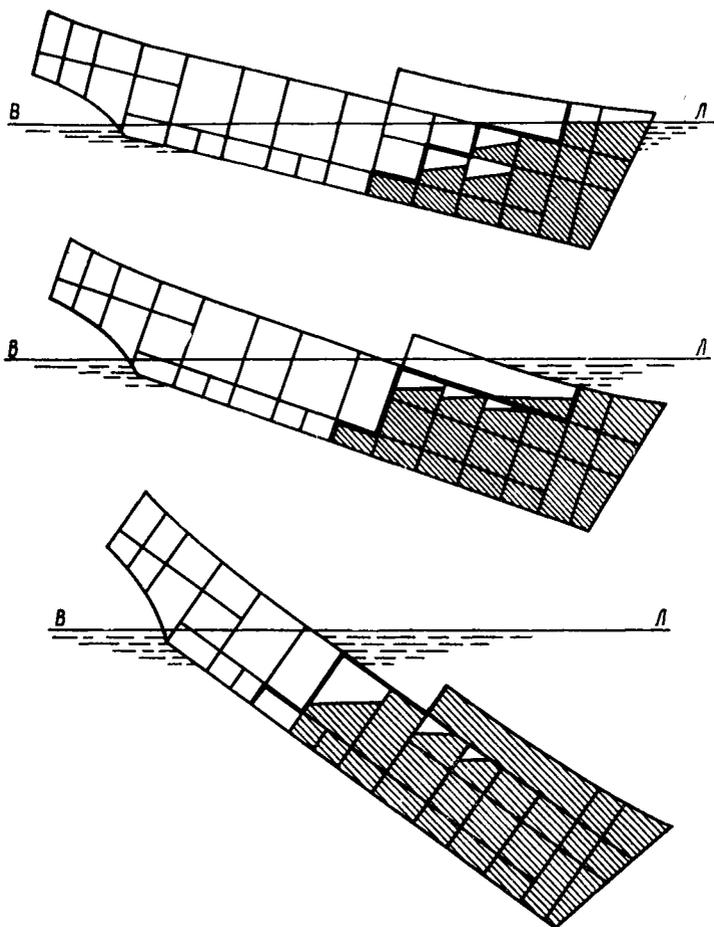


Рис. 1.20. Потеря продольной остойчивости

снарядов калибром 305 и 343 мм, принял через пробоины около 8000 т воды (около 30% от водоизмещения). На переходе в базу его дифферент на нос достиг 13,2 м, так что винты вышли из воды. Дальняя буксировка поврежденного корабля морем под угрозой новых атак англичан была признана невозмож-

ной. В результате корабль, сохранивший еще значительный запас плавучести и не потерявший устойчивости, через 7 ч после выхода из боя был покинут личным составом и потоплен двумя торпедами, выпущенными с немецких эскадренных миноносцев.

Другим примером полной потери кораблем хода и управляемости из-за выхода из воды винтов и рулей при большом дифференте может служить случай торпедирования в районе Либавы (Лиелапи) 5 июня 1915 г. немецкого эскадренного миноносца «S-148». В результате взрыва торпеды оказались затопленными три носовых автономных отсека и корабль быстро получил большой дифферент на нос. Переборки выдержали напор воды, и распространение ее по кораблю удалось приостановить. Однако для того чтобы дать ход, пришлось уменьшить дифферент перекачкой штатных жидких грузов и переносом в корму боезапаса, пока винты не вошли в воду. Поврежденный корабль самостоятельно дошел до базы.

Многочисленные примеры аварий и теоретический анализ показывают, что при прочих равных условиях увеличение среднего углубления корабля менее опасно с точки зрения ухудшения его устойчивости, чем появление у него больших кренов и дифферентов. Поэтому следует избегать создания на корабле больших бортовых отсеков и больших отсеков в оконечностях, затопление которых может привести к значительным наклонениям.

Исходя из этих соображений в некоторых случаях оказывается целесообразным соединять друг с другом отсеки противоположных бортов системой перетока (автоматической противокреновой системой), исключающей возможность несимметричного затопления или, по крайней мере, уменьшающей эту несимметричность. Однако при частичном затоплении связанных между собой такой системой бортовых отсеков резко возрастает потеря поперечной устойчивости, обусловленная наличием свободных поверхностей воды в них. Поэтому системой перетока оборудуются обычно лишь низко расположенные и симметричные относительно ДП отсеки, как правило не предназначенные для перевозки жидких грузов. Лишь как исключение системы перетока со специальными клинкетам или другими запорными устройствами применяются для соединения отсеков с жидкими грузами.

Создание больших бортовых и концевых отсеков, могущих оказаться при затоплении отсеками III категории, опасно не только из-за возможности появления больших кренящих и дифференцирующих моментов, но и вследствие особенно вредного влияния на остойчивость формы потери площади ватерлинии: при затоплении бортовых отсеков — на поперечную остойчивость, а при затоплении концевых — на продольную.

Следует заметить, что затопление больших отсеков III категории в оконечностях (или отрыв оконечностей) практически только и может вызвать существенное уменьшение продольной остойчивости корабля. Это обстоятельство в совокупности с возникновением больших дифференцирующих моментов при затоплении концевых отсеков может явиться причиной появления у корабля опасных дифферентов*.

Нарастание дифферента может полностью лишить корабль боеспособности, хода, управляемости, а также привести его к гибели от потери остойчивости. Падение остойчивости становится особенно опасным при уходе в воду верхней открытой палубы в поврежденной оконечности корабля.

Случаи гибели от потери продольной остойчивости особенно характерны для подводных лодок. Дело в том, что вследствие малого запаса плавучести, вредного влияния бескингстонности ЦГБ и «завала» надводной части корпуса к палубе продольная остойчивость подводной лодки с увеличением осадки всегда падает, т. е. затопление отсеков и цистерн всегда (и весьма существенно) снижает продольную остойчивость подводной лодки. Наличие дифференцирующего момента, вызванного затоплением в оконечности, снижает и без того уменьшившийся запас продольной остойчивости, измеряемый максимальной ординатой диаграммы продольной остойчивости. Продолжающееся распространение воды ведет к взаимосвязанному дальнейшему падению продольной остойчивости и нарастанию дифферента. В конечном счете подводная лодка гибнет от потери плавучести при угле дифферента, близком к $\pm 90^\circ$.

* Отрыв оконечностей в этом отношении менее опасен, так как одновременно с потерей плавучести в этом случае из нагрузки корабля исключается масса оторванной оконечности.

1.3.5. Общие принципы деления корабля на отсеки

Наиболее эффективному решению задач сохранения кораблем запаса плавучести и остойчивости, а также уменьшения изменений его посадки при повреждениях, казалось бы, должно отвечать деление корабля на возможно большее число малых отсеков. Такое решение действительно было бы правильным при малых локальных повреждениях. С увеличением размеров повреждений эффективность такого дробления на мелкие отсеки резко падает. Кроме того, затопление различно расположенных отсеков одной и той же величины может вести к существенно различным изменениям посадки и остойчивости корабля. Отсюда следует, что нельзя считать число водонепроницаемых отсеков основным показателем конструктивного обеспечения непотопляемости корабля. Выделение мелких водонепроницаемых отсеков оказывается нерациональным, особенно при больших повреждениях. Увеличивая массу корабля, усложняя его конструкцию и эксплуатацию, мелкие отсеки не приносят существенной пользы в обеспечении непотопляемости.

Критерием эффективности водонепроницаемого деления корпуса следует считать изменения плавучести, посадки и остойчивости, к которым ведет затопление каждого отдельного отсека. В предположении равной вероятности повреждения каждого отсека водонепроницаемое деление можно считать рациональным, если затопление любого из отсеков ведет к одинаковым изменениям плавучести и остойчивости и равноценным по некоторым показателям изменениям посадки.

Ввиду относительно большой величины запаса плавучести современных надводных боевых кораблей быстрая его утрата в результате повреждений для них менее вероятна, нежели потеря остойчивости до полного израсходования запаса плавучести. Кроме того, при прочих равных условиях гибель корабля от опрокидывания в результате потери поперечной остойчивости более опасна, давая значительно меньше возможностей для спасения его экипажа, чем гибель от потери плавучести с ограниченным креном и дифферентом. Дело в том, что опрокидывание совер-

шаётся весьма быстро и момент его начала трудно предвидеть, тогда как погружение корабля в воду при потере плавучести в большинстве случаев происходит гораздо медленнее и опасность гибели корабля при этом легче оценить по величине оставшегося запаса плавучести.

Вследствие этого одним из важнейших обобщающих требований к делению корабля на отсеки должно быть требование обеспечения сохранения кораблем устойчивости при повреждениях до полного израсходования запаса плавучести.

Учитывая вредное влияние больших аварийных кренов, оптимальным вариантом подразделения корпуса был бы такой, который исключал возможность несимметричного (относительно ДП) затопления отсеков. Это определяет особую важность деления корпуса корабля на отсеки поперечными переборками.

В военном кораблестроении вопрос о рациональном распределении поперечных переборок подробно исследован в 1901 г. И. Г. Бубновым. Полагая повреждения по длине корабля равновероятными и отвлекаясь от вопросов изменения устойчивости при повреждениях, И. Г. Бубнов свел задачу о рациональном распределении поперечных переборок к отысканию так называемого эквивалентного их распределения, при котором затопление любого из отсеков вызывает одно и то же увеличение углубления носа или кормы (в зависимости от того, какое из них является наибольшим). Наглядное представление о зависимости длины эквивалентного отсека от положения его по длине корабля дает кривая эквивалентных длин отсеков, ординаты которой по середине длины каждого отсека равны самой его длине (рис. 1.21). В большинстве случаев наименьшие дли-

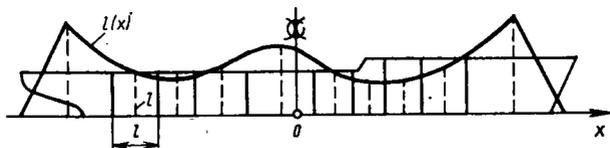


Рис. 1.21. Кривая эквивалентных длин отсеков по И. Г. Бубнову

ны отсеков получаются в районах, отстоящих на $L/4$ от носа и кормы корабля, где L — его длина. Получение кораблем повреждений в этих районах наиболее опасно с точки зрения возникновения у него больших дифферентов. Длины концевых отсеков получаются наибольшими, однако, учитывая повышенную вероятность повреждений в оконечностях (столкновения, удары о камни и т. п.), носовой и кормовой отсеки разделяют дополнительными переборками, выделяя форпик и ахтерпик.

Эквивалентному распределению поперечных переборок, как правило, препятствуют соображения общего расположения (размещение механизмов, вооружения, постов управления и т. п.). Размещение поперечных переборок обычно назначают по прототипу с учетом конструктивных особенностей проектируемого корабля. Принятая расстановка переборок проверяется расчетом непотопляемости.

Для советских гражданских судов и судов обеспечения ВМФ СССР исследование рационального распределения поперечных переборок регламентировано Правилами классификации и постройки морских судов Регистра СССР. Судно признается удовлетворяющим требованиям к посадке в поврежденном состоянии, если оно разделено поперечными переборками так, что после аварийного затопления аварийная ватерлиния проходит ниже предельной линии погружения, которая проводится касательно к линии пересечения наружных поверхностей палубы переборок и борта судна. Правила Регистра СССР содержат некоторое послабление в этом условии, допуская уход под воду предельной линии погружения в районе повреждения, но при этом все опасные отверстия, через которые вода может распространяться по судну, должны находиться выше аварийной ватерлинии не менее чем на 0,3 м.

С помощью предельной линии погружения строят кривую предельных длин затоплений, вычерчивая ее на боковой проекции судна (рис. 1.22). Ординаты этой кривой для любой точки по длине судна дают максимальную (предельную) длину условного отсека с серединой в данной точке, от затопления которого судно садится по ватерлинию, касательную к предельной линии погружения. Очевидно, что указанные ординаты зависят от коэффициентов

проницаемости отсеков (коэффициент проницаемости μ — отношение фактически заполняемого водой полного объема отсека к его теоретическому объему).

Согласно Правилам Регистра СССР за расчетную принимается предельная длина затопления, соответствующая коэффициенту проницаемости $\mu=0,8$ при

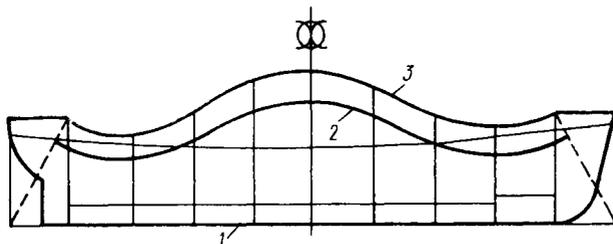


Рис. 1.22. Кривые предельных длин отсеков и предельных длин затоплений:

1 — водонепроницаемые отсеки; 2 — предельные длины отсеков; 3 — предельные длины затоплений

исходной посадке без дифферента по грузовую ватерлинию деления судна на отсеки (при минимально допустимой высоте надводного борта).

При проектировании судна поперечные водонепроницаемые переборки располагают с учетом конструктивных соображений и принятой схемы общего расположения, однако во всех случаях длина водонепроницаемого отсека (группы отсеков) должна быть не больше длины, определяемой кривой предельных длин затопления.

Исключение продольных переборок не всегда обеспечивает бескреновость корабля при повреждениях. Дело в том, что, исключая крены, вызванные несимметричностью затопления, ликвидация продольных переборок может привести к возникновению кренов, обусловленных появлением отрицательной начальной остойчивости. Как уже отмечалось, наибольшие потери остойчивости обычно имеют место при затоплении высоко расположенных широких отсеков II и III категории. Поэтому разделение надводных междупалубных пространств продольными переборками, как правило, целесообразно для сохранения остойчивости поврежденного корабля.

В некоторых случаях начальная остойчивость корабля может стать отрицательной и при затоплении

ях отсеков III категории, простирающихся вниз до второго дна, а при больших отношениях ширины корабля B к осадке T — и при затоплениях, включающих междудонные отсеки. В этих случаях может оказаться рациональной для сохранения остойчивости при повреждениях и постановка продольных переборок в подводной части корпуса. Кроме того, эти переборки могут оказаться полезными для предохранения от затопления больших отсеков при повреждениях, затрагивающих только наружную обшивку корабля (пример тому описанная выше авария парохода «Грейт Истерн»).

Для того чтобы затопление выделенных таким образом бортовых отсеков не вызвало чрезмерных кренов и больших потерь остойчивости (при затоплении по типу III категории), ширину бортовых отсеков рационально ограничить примерно 0,1 ширины корабля.

Особенно велика вероятность получения больших кренов и опрокидывания при повреждениях тяжелых военных кораблей, имеющих многочисленные продольные переборки конструктивной подводной защиты (КПЗ). Общая ширина бортовых отсеков этой системы в отдельных случаях достигает 0,2—0,35 ширины корабля. Об опасности несимметричных затоплений для таких кораблей свидетельствует тот факт, что большинство линкоров и авианосцев, погибших во второй мировой войне, опрокинулись, утратив остойчивость до того, как был израсходован их запас плавучести. Например, из четырех линкоров немецкого флота, которые все были уничтожены в ходе войны, три опрокинулись («Бисмарк», «Тирпиц», «Шарнхорст»). Анализ обстоятельств гибели английских линкоров «Ройял Оук», «Принс оф Уэйлс» и линейного крейсера «Рипалс» дает основание считать, что причинами их гибели от опрокидывания при поражении несколькими торпедами в один борт явились чрезмерная ширина порожних бортовых отсеков и отсутствие системы перетока.

Случаи опрокидывания при повреждениях крейсеров и особенно эскадренных миноносцев, имевших меньшее число несимметричных отсеков относительно ДП, были во время второй мировой войны менее часты. Сравнительно редки также случаи гибели от

опрокидывания поврежденных транспортных судов, однако уроки этих аварий весьма поучительны.

Примером вредного влияния широких бортовых отсеков на транспортных судах являются авария и гибель итальянского лайнера «Андреа Дориа» (построен в 1953 г., валовая вместимость 29 083 рег. т), последовавшая в результате столкновения его со шведским лайнером «Стокгольм» (построен в 1948 г., валовая вместимость 12 644 рег. т). Столкновение произошло поздним вечером 25 июля 1956 г. в Атлантическом океане примерно в 200 милях от Нью-Йорка при выходе «Андреа Дориа» из полосы густого тумана.

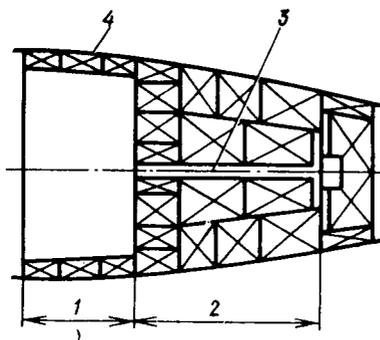


Рис. 1.23. План по трюму лайнера «Андреа Дориа» в районе пробоины:

1 — отсек дизель-генераторов;
2 — отсек дуптанков; 3 — коридор;
4 — бортовые топливные цистерны

Из-за небрежного несения штурманской вахты и неправильного маневрирования обоих судов «Стокгольм» врезался в правый борт «Андреа Дориа» в районе мостика, нанеся ему пробоину треугольной формы от киля до верхней палубы шириной по верхней кромке до 10 м и глубиной до диаметральной плоскости. Удар пришелся по району дуптанков (рис. 1.23). Сразу же были затоплены пять пустых дуптанков (глубоких топливных цистерн), отчего корабль получил крен 18° , намного превышающий допустимое значение крена согласно Международной конвенции об охране человеческой жизни на море. Большая величина крена объяснялась резким падением остойчивости лайнера, заканчивавшего трансатлантический рейс и имевшего поэтому минимальный остаток топлива (поперечная метацентрическая высота в конце рейса $h=0,6$ м). Балласт в цистерны принят не был,

Грубая конструктивная ошибка, заключающаяся в том, что поперечная переборка между отсеком топливных цистерн и генераторным отсеком фактически была проницаемой ввиду отсутствия двери при входе в туннель, привела к тому, что через пробойну сразу же начал затапливаться генераторный отсек. Это привело к увеличению крена до 20° , при котором верхние кромки ряда переборок на правом борту ушли под воду. После этого вода смогла проникнуть сверху в неповрежденные отсеки, растекаясь по палубе.

Последним шансом спасения аварийного корабля было его быстрое поперечное спрямление путем контрзатопления (намеренного затопления) пустых топливных цистерн левого борта. Такая попытка была предпринята, но не удалась из-за того, что насосы для заполнения топливных цистерн и средства управления ими находились в носовом тупике уже затопленного туннеля и добраться до них было уже невозможно. Приводы управления насосами в надводную часть судна выведены не были. Гибель лайнера стала неизбежной.

В дальнейшем крен обреченного судна продолжал нарастать по мере распространения воды по отсекам. Однако ожидавшегося немедленного опрокидывания не произошло. Аварийный лайнер затонул ровно через 11 ч после столкновения, имея крен около 90° (рис. 1.24). У теплохода «Стокгольм» носовая оконечность длиной 20 м отломилась (рис. 1.25), но он сохранил мореходность и своим ходом возвратился в Нью-Йорк.

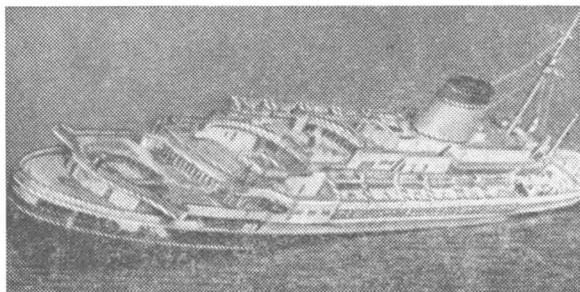


Рис. 1.24. Вид тонущего лайнера «Андреа Дориа»

Наряду с делением корпуса по ширине и длине поперечными и продольными переборками в ряде случаев осуществляется подразделение и по высоте с помощью горизонтальных водонепроницаемых преград — палуб и платформ. Это характерно, как правило, только для военных кораблей и некоторых кораблей специального назначения.

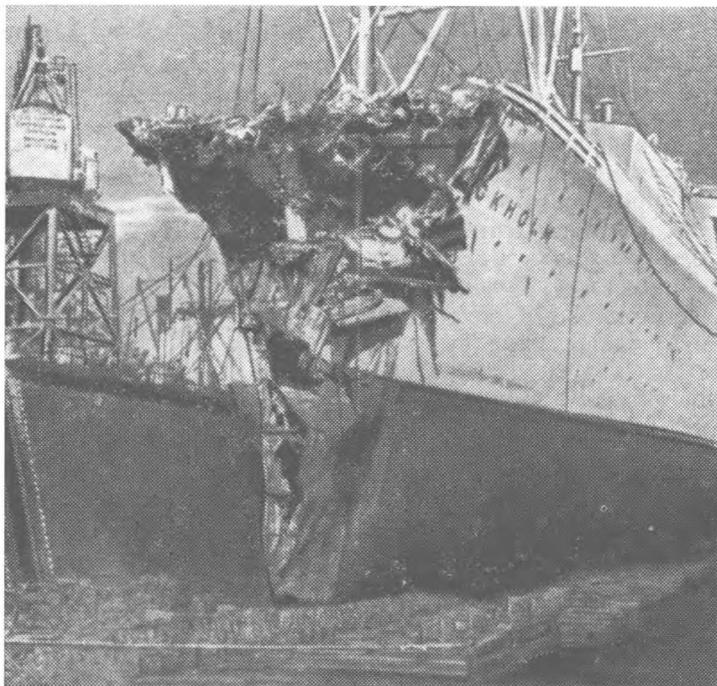


Рис. 1.25. Носовая оконечность лайнера «Стокгольм» после столкновения

О высокой эффективности использования водонепроницаемых палуб для обеспечения непотопляемости говорит анализ ряда приведенных выше примеров. Так, при условии непроницаемости палубы переборок «Титаника» количество влившейся внутрь корпуса воды ограничилось бы 4200 м³, дифферент при этом составил бы всего 8,1 м (при изменении осадки носом на 4,6 м и кормы — на 3,5 м) (см. рис. 1.12). Повреж-

денный лайнер благополучно мог бы закончить рейс, потеряв всего несколько узлов хода.

На транспортных и промысловых судах обеспечение водонепроницаемости внутренних палуб и платформ наталкивается на затруднения эксплуатационного характера. Поэтому у гражданских судов рассчитывать на водонепроницаемость внутренних палуб, как правило, не приходится. Водонепроницаемое подразделение корпуса ограничивается у них только наличием второго дна. В связи с этим особенно большое значение приобретает доведение поперечных переборок до возможно более высоко расположенной палубы (как оптимальное решение — до самой верхней открытой палубы), чтобы уменьшить вероятность затопления неповрежденных смежных отсеков поверх переборок, как это было на «Титанике».

Недостаточная высота переборок явилась также одной из причин гибели итальянского лайнера «Андреа Дориа», у которого из 11 главных поперечных переборок лишь 5 были доведены до третьей сверху непрерывной палубы, а остальные обрывались палубой ниже.

§ 1.4. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДОСТАТОЧНОЙ ПРОЧНОСТИ И ВОДОНЕПРОНИЦАЕМОСТИ ПЕРЕБОРОК, ПАЛУБ И ПЛАТФОРМ

Переборки, палубы и платформы, разделяющие корпус корабля на непроницаемые отсеки, могут выполнить это свое назначение только при условии достаточной их прочности и водонепроницаемости. В равной мере это относится и к борту корабля, в том числе и надводному.

Поэтому важным конструктивным мероприятием по обеспечению непотопляемости является оборудование водонепроницаемыми закрытиями и уплотнениями всех прорезанных в палубах, платформах, переборках, наружной обшивке дверей, люков, горловин, иллюминаторов, отверстий для прохода трубопроводов и электрокабелей и т. п. Необходимость обеспечения непроницаемости при больших аварийных напорах воды требует придания самим переборкам и

палубам, а также всем водонепроницаемым закрытиям достаточной прочности.

Невыполнение указанных требований к водонепроницаемости и прочности преград, разделяющих корабль на отсеки, лишает смысла само это деление, которое становится не только бесполезным, но даже вредным, порождая у экипажа лишь иллюзию безопасности.

Для повышения надежности водонепроницаемого деления корабля на отсеки необходимо стремиться при его проектировании к максимальному сокращению таких закрытий и возможно более высокому расположению их на переборках. В связи с этим устройство дверей в главных поперечных переборках допускается только в надводной части корабля, в верхних междупалубных пространствах. Чтобы уменьшить вероятность ухода под воду при крене водонепроницаемых дверей в поперечных переборках, их следует по возможности размещать в диаметральной плоскости корабля. Одной из главных причин тяжелых последствий описанной выше аварии броненосца «Виктория», по мнению большинства исследователей, было чрезмерно большое число дверей и люков в переборках, которые не могли быть быстро и надежно задрены.

Чрезвычайно важную роль играют водонепроницаемые закрытия палубных люков, поскольку они препятствуют поступлению воды из нижних поврежденных отсеков на погрузившиеся ниже ватерлинии палубы, а также затоплению сверху неповрежденных нижележащих отсеков. Катастрофические последствия отсутствия водонепроницаемых затворов на палубных люках были показаны на примере гибели «Титаника».

Неудовлетворительное обеспечение водонепроницаемости переборок и палуб является основной причиной распространения воды по неповрежденным отсекам корабля, получившего пробоину. Особенно часто источниками водотечности при этом являются неплотности дверей и люков, низкое качество уплотнений в местах прохода через переборки и палубы электрокабелей, а также шпигаты и другие отверстия сточной и фановой систем и системы вентиляции.

С. О. Макаров в 1894 г. приводил перечень кораблей, гибель которых была обусловлена негерметично-

стью переборок, числившихся водонепроницаемыми. Это русская броненосная канонерская лодка «Смерч» (1865 г.), английский броненосный фрегат «Венгард» (1875 г.) и английский броненосец «Виктория» (1893 г.), на которых вода распространилась по неповрежденным отсекам через вентиляционные трубы, пересекавшие (без затворов) непроницаемые переборки.

Поучительным примером тяжелых последствий не удовлетворительного конструктивного обеспечения действительной водонепроницаемости переборок и палуб может служить гибель английского линейного корабля «Одашиус» и японского авианосца «Синано». Так, в октябре 1914 г. новый английский линейный корабль «Одашиус» (водоизмещение 28 000 т) во время испытаний артиллерии подорвался на немецкой мине (масса взрывчатого вещества 112 кг). Повреждение ограничилось пределами одного отсека и не затронуло главных переборок. Но из-за неисправности люков, неправильного устройства дверей в надводной части корабля и конструктивных недостатков сточной системы вода постепенно распространялась из поврежденного отсека в неповрежденные, затопила все отсеки, расположенные в корму от пробоины (около четверти длины корабля). Линейный корабль, продержавшись на плаву 12 ч, затонул. Нужно сказать, что борьба с водой была организована плохо, по-видимому из-за неподготовленности личного состава.

Крупнейший авианосец японского флота «Синано» (водоизмещение 72 000 т), первоначально строившийся в качестве линейного корабля типа «Ямато», 28 ноября 1944 г., через 10 дней после вступления в строй, был атакован американской подводной лодкой во время межбазового перехода у Японских островов. Почти одновременно шесть торпед попали в правый борт авианосца, в результате чего он получил крен около 10°, продолжавший быстро нарастать. Контрзатоплением отсеков противоположного борта удалось вначале удержать нарастание крена при 12°, но при дальнейшем распространении воды по кораблю крен вновь стал увеличиваться. Возник пожар, вышла из строя механическая установка. Среди личного состава и оставшихся на корабле рабочих возникла паника. Организованной борьбы за непотопля-

емость не было. Через 5—6 ч после повреждения авианосец опрокинулся и затонул.

Хотя повреждения, приведшие корабль к гибели, были довольно тяжелыми, его непотопляемость оказалась все же много ниже, чем у однотипных по конструкции подводной части корпуса линейных кораблей «Мусаси» и «Ямато», из которых первый погиб лишь при попадании в него 11 торпед и 20 авиабомб, а второй — при попадании 10 торпед и 13 авиабомб, причем в последнем случае в один борт попало 9 торпед.

Причиной пониженной непотопляемости авианосца явилось неудовлетворительное состояние его переборок, так как к моменту аварии не были закончены достроечные работы по уплотнению переборочных сальников кабелей и трубопроводов и отсеки не были проверены на герметичность воздушным давлением. Гибель корабля была также ускорена неподготовленностью его экипажа к борьбе за непотопляемость.

Еще одним примером катастрофических последствий неудовлетворительного обеспечения водонепроницаемости корпуса корабля является гибель от опрокидывания во время тайфуна 18 декабря 1944 г. у о. Лусон (Филиппинские острова) трех американских эскадренных миноносцев «Спенс», «Халл» и «Монагхэн». Корабли имели длительное время большой ветровой крен. При этом волны заливали вентиляционные шахты. Через них и через другие отверстия внутрь кораблей поступала вода. В машинных отделениях и других отсеках уровень воды поднимался на 0,6—0,9 м.

Частичное затопление ряда отсеков вызвало резкое падение остойчивости эскадренных миноносцев. Перед опрокидыванием они лежали на подветренном борту с креном 50—80°. Из однотипных эскадренных миноносцев уцелели лишь те, которые изменили курс.

В приказе командующего флотом адмирала Нимица по поводу последствий тайфуна отмечалось, что гибели эскадренного миноносца «Спенс» способствовали частично заполненные топливные и водяные цистерны, а также непринятие его командой мер по спрямлению большого ветрового крена. Отмечалось также возникновение на эскадренных миноносцах «Халл» и «Монагхэн» паники, приведшей к оставле-

нию личным составом своих постов в машинных отделениях, отчего эти эскадренные миноносцы в критической ситуации оказались практически без хода.

§ 1.5. РОЛЬ КОНСТРУКТИВНОЙ ЗАЩИТЫ В ОБЕСПЕЧЕНИИ НЕПОТОПЛЯЕМОСТИ КОРАБЛЯ

Существенное значение в конструктивном обеспечении непотопляемости корабля могут иметь меры по ограничению размеров повреждений для соответствующего уменьшения затапливаемых объемов. Эта цель достигается главным образом средствами конструктивной защиты от действия боевых средств противника.

Средством конструктивной надводной защиты является вертикальное и горизонтальное бронирование корабля. Средствами подводной защиты служат конструкции, поглощающие энергию подводного взрыва. Кроме того, к мероприятиям, уменьшающим размеры повреждений корпуса от ударной волны, относится конструктивное повышение местной прочности элементов корпуса, а также придание им взрывостойкости и равнопрочности со всеми корпусными конструкциями.

Бронирование надводного борта и палуб снижает вероятность их повреждения в бою, придавая кораблю так называемые боевой запас плавучести и боевую остойчивость*, т. е. обеспечивая запас плавучести и остойчивость при разрушении (нарушении водонепроницаемости) небронированного надводного борта. Защищенный броней надводный объем корабля, характеризующий величину боевого запаса плавучести, и диаграммы остойчивости корабля с целым и разрушенным небронированным бортом (для случая распространения бронирования по всей длине корабля) показаны на рис. 1.26.

Понятия «боевой запас плавучести» и «боевая остойчивость» чисто условные и характеризуют лишь относительно большую вероятность сохранения ко-

* Эти определения были введены А. Н. Крыловым, когда бронирование корпуса было практически обязательным для большинства крупных боевых кораблей. В настоящее время такая терминология официально не употребляется.

раблем в бою запаса плавучести и остойчивости за счет бронирования. Поэтому отсутствие у небронированных кораблей боевого запаса плавучести и боевой остойчивости в указанном выше смысле отнюдь не означает, что они не могут сохранять в боевых условиях плавучесть и остойчивость при повреждениях и их непотопляемость конструктивно не обеспечена.

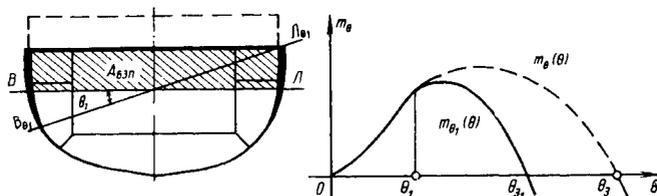


Рис. 1.26. Боевой запас плавучести и боевая остойчивость корабля:

$A_{взп}$ — боевой запас плавучести; $m_{\theta_1}(\theta)$ — диаграмма боевой остойчивости

При проектировании конструктивной подводной защиты помимо ее чисто защитных свойств необходимо учитывать также возникающие при затоплении ее отсеков кренящие моменты, стремясь к всемерному их уменьшению. Для этого могут быть использованы система перетока (автоматическая противокреновая система), постоянное наличие в бортовых отсеках того или иного заполнителя или другие меры.

Как показал опыт второй мировой войны, невыполнение этих требований (наличие в составе КПЗ больших по объему пустых бортовых отсеков) является одной из основных причин опрокидывания или получения больших кренов тяжелыми кораблями при их повреждениях подводными взрывами.

Все указанные средства защиты обеспечивают неповреждаемость корабля лишь при воздействии оружия весьма ограниченной эффективности или на достаточно больших дистанциях. Таких средств защиты, которые могли бы противостоять близким ядерным взрывам или прямым попаданиям ракет с мощными зарядами обычных взрывчатых веществ, в настоящее время нет. Тем не менее использование средств конструктивной защиты вовсе не лишено смысла, так как они позволяют уменьшить размеры повреждений и вызванных ими затоплений.

Эти же цели могут быть достигнуты и некоторыми другими специальными конструктивными мероприятиями: устройство двойного дна и нешироких бортовых отсеков с жидким наполнителем (двойной борт); применение легких сухих наполнителей из пористого пластика (пенопласт); устройство коффердамов; применение булевых наделок (блистеров). Большинство из этих мероприятий способствует ограничению затоплений при локальных повреждениях подводной части корпуса и с этой точки зрения может быть во многих случаях весьма полезным.

Примером удачного использования легкого наполнителя для обеспечения плавучести и остойчивости поврежденного корабля является случай буксировки из осажденного Севастополя в порт Потти осенью 1941 г. тяжело поврежденного эскадренного миноносца «Беспощадный», водотечные отсеки которого были заполнены листовой пробкой (всего внутрь корабля было уложено более 15 вагонов пробки). Корабль успешно выдержал длительный переход, во время которого он попадал в шторм силой 8—9 баллов.

§ 1.6. КОНСТРУКТИВНОЕ И МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ БОРЬБЫ ЗА НЕПОТОПЛЯЕМОСТЬ

1.6.1. Цель и содержание конструктивного и материально-технического обеспечения борьбы за непотопляемость

Перечисленные выше виды конструктивно-го обеспечения непотопляемости дают определенный положительный эффект даже тогда, когда после получения кораблем повреждений не принимают никаких мер по его спасению, т. е. не ведут борьбы за непотопляемость. Так, например, благодаря этим конструктивным мерам ряд боевых кораблей, получивших повреждения при экспериментальных атомных взрывах на атолле Бикини, проведенных американцами в 1946 г., остались на плаву и не опрокинулись, несмотря на отсутствие на них команд.

Немало было случаев, когда экипажи ряда американских и английских транспортов, перевозивших во время второй мировой войны военные материалы в наши северные порты, покидали поврежденные суда, не предприняв практически никаких мер по борьбе за их непотопляемость, и тем не менее некоторые из них длительное время оставались на плаву. В частности, в 1944 г. американский транспорт «Хорас Бушнелл» (типа «Либерти», водоизмещение около 15 000 т), следуя в составе англо-американского конвоя, в Баренцевом море был торпедирован немецкой подводной лодкой. В результате повреждения были затоплены машинное отделение и 3-й трюм транспорта. Началась фильтрация воды во 2-й и 4-й грузовые трюмы. Корабль потерял ход и был покинут командой. Конвой ушел. Примерно через 2 ч после торпедирования транспорт был взят на буксир советским спасательным судном. Несмотря на угрозу перелома судна, оно после шестичасовой буксировки в условиях свежей погоды было приведено в защищенную бухту, находящуюся в 12—15 милях от места аварии, и заведено на отмель.

Еще более характерным примером «пассивного» использования конструктивных мер обеспечения непотопляемости корабля является боевое повреждение американского авианосца «Йорктаун» (построен в 1939 г., водоизмещение 25 500 т), который 4 июня 1944 г. в бою с японским флотом у о. Мидуэй получил попадание в борт двух авиационных торпед. Корабль потерял ход из-за выхода из строя машин и начал крениться. Через 20 мин после повреждения крен достиг 23°, после чего экипаж покинул корабль, который был брошен на волю волн и ветра. (Одной из причин оставления корабля было опасение взрыва на нем паров бензина в связи с непрекращающимся пожаром.)

5 июня утром авианосец был найден небольшим американским буксиром, высланным ему на помощь из Пёрл-Харбора (Гавайские острова). При этом обнаружилось, что непосредственной опасности гибели корабля нет. На авианосце закрепили буксирный трос и начали буксировать корабль в базу. Только в середине следующего дня (6 июня) на поврежденный авианосец прибыла аварийно-спасательная группа из состава его экипажа, снятого ранее. Обследование

показало полную возможность исправить повреждения механической установки для движения своим ходом, а также возможность спрямления корабля. Но через 1,5 ч после высадки аварийной партии авианосец был атакован японской подводной лодкой, в него попало две торпеды. Корабль вновь был покинут личным составом, однако даже после этого он еще около 15 ч оставался на плаву и лишь утром 7 июня опрокинулся и затонул.

Таким образом, корабль погиб спустя почти трое суток (через 62 ч) после первого повреждения и через 15 ч после второго повреждения, будучи почти все время полностью покинутым личным составом, который не принял никаких мер по борьбе за его непотопляемость.

Приведенные примеры наглядно иллюстрируют тезис о первостепенной важности конструктивных мероприятий для обеспечения непотопляемости корабля, выдвинутый И. Г. Бубновым в 1901 г. Он отмечал, что «...судно, получившее большую пробоину, должно несколько часов, а может быть и дней, плавать с затопленными водой отделениями и поэтому должно и в таком виде сохранять в достаточной степени все свои мореходные качества».

Подчеркивая важность конструктивных мероприятий по обеспечению непотопляемости, И. Г. Бубнов тогда же писал: «...современное большое судно во многих отношениях — машина очень живучая, и если она в своей конструкции не будет заключать таких вещей, которые при всякой аварии неминуемо ведут ее к гибели, то она может вынести многие тяжелые испытания».

При активной борьбе личного состава за непотопляемость положительная роль указанных конструктивных мероприятий может быть существенно увеличена, а это, в свою очередь, требует конструктивного и материально-технического обеспечения борьбы за непотопляемость.

К числу конструктивных мер по обеспечению корабля средствами борьбы за непотопляемость относятся:

- создание систем: креновой, дифферентной, водоотливной, осушительной, перекачки штатных жидких грузов, затопления, спускной и перепускной и др.;
- оборудование командных пунктов и боевых по-

стов корабля необходимыми приборами (системой трюмной сигнализации, кренометрами, дифференцированными, осадкомерами и т. п.) и средствами связи.

К мерам материально-технического обеспечения борьбы за непотопляемость относится снабжение корабля переносными водоотливными средствами, а также другим аварийно-спасательным имуществом и материалами для борьбы с водой. Опыт борьбы за непотопляемость на ряде крупных аварий показал особенно большую потребность в аварийном лесе для подкрепления переборок и палуб. Например, при навигационной аварии крейсера «Рюрик» в 1915 г. было установлено более 200 деревянных подпор.

1.6.2. Роль корабельных систем в обеспечении борьбы за непотопляемость

Водоотливная система является техническим средством борьбы с поступлением воды в отсеки корабля при повреждениях.

Количество воды Q , вливающейся через пробоину за 1 ч, определяется по формуле

$$Q = 3600\mu f_{\text{пр}} \sqrt{2qH},$$

где $f_{\text{пр}}$ — площадь пробоины, м^2 ; H — гидростатический напор, м, равный глубине погружения центра пробоины, если уровень воды в отсеке ниже ее, и равный разности уровней воды за бортом и в отсеке, если пробоина затоплена; μ — коэффициент расхода ($\mu \approx 0,6$); g — ускорение свободного падения.

Вычисленные по этой формуле значения Q в зависимости от глубины погружения пробоины и площади ее сечения представлены графиками на рис. 1.27.

На современных кораблях, как правило, применяется автономная схема водоотливной системы, позволяющая использовать для борьбы с водой в одном районе затопления лишь часть водоотливных средств производительностью не свыше 500—1500 $\text{м}^3/\text{ч}$. Как видно из графиков рис. 1.27, эти средства позволяют справиться с поступлением воды через пробоину на глубине $H=4$ м площадью $f_{\text{пр}}=0,026 \div 0,078$ м^2 , что соответствует круглому отверстию диаметром 182—315 мм или щели длиной 2 м и шириной 13—39 мм.

Наиболее мощные насосы производительностью до $10\,000\text{ м}^3/\text{ч}$ устанавливаются на кораблях для откачки главных холодильников. В некоторых случаях они могут быть использованы в качестве водоотливных средств. Однако, как видно из рис. 1.27, даже эти

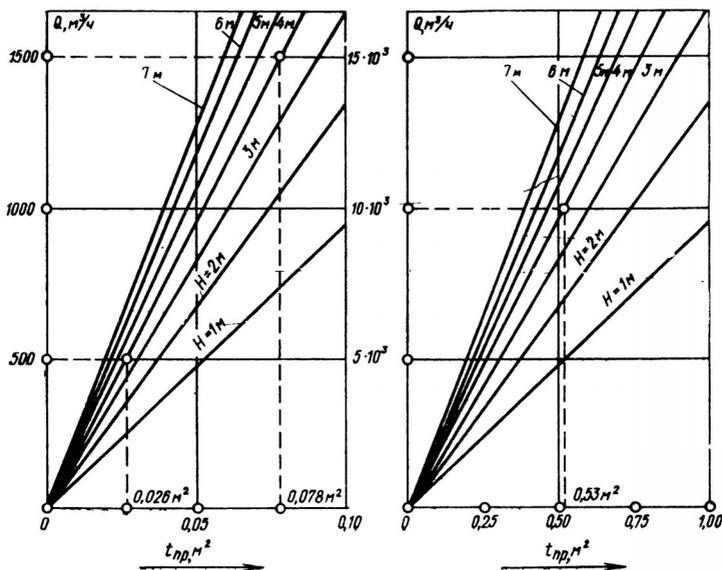


Рис. 1.27. Графики расхода воды через пробойну

насосы при $H=4\text{ м}$ могут справиться с поступлением воды через пробойну площадью $f_{\text{пр}}=0,53\text{ м}^2$ (круглое отверстие диаметром 820 мм). Площади же пробоин от повреждений кораблей минами и торпедами (с обычными, не ядерными зарядами ВВ) достигают десятков квадратных метров.

Из изложенного видно, что при сколько-нибудь значительной пробойне никакие водоотливные средства не в состоянии откачивать поступающую через пробойну воду — затопление поврежденного отсека неизбежно. Поэтому недопустима переоценка роли водоотливной системы как средства борьбы с поступлением воды в поврежденные отсеки,

Несмотря на это, мощная, автономная, могущая надежно работать на поврежденном корабле, водоотливная система имеет (наряду с другими конструктивными мерами) важнейшее значение в борьбе с распространением воды за пределы непосредственно поврежденных отсеков. Основное назначение водоотливной системы, исходя из которого она и должна проектироваться, — это откачка фильтрационной воды и восстановление плавучести и остойчивости корабля путем откачки воды из поврежденных отсеков после временной заделки пробоин корабельными средствами.

Совершенство корабельной водоотливной системы определяется не только ее общей производительностью, но и рациональной схемой размещения водоотливных средств, обеспечивающей как возможность максимальной их концентрации на угрожаемых участках, так и высокую живучесть самой системы. Весьма важным ее качеством является также возможность дистанционного автоматического управления водоотливными средствами и обслуживающими их системами спуска и перепуска.

Аналогичную роль призваны играть и **переносные водоотливные средства**, входящие в состав аварийно-спасательного имущества, поставляемого на корабли. Эти средства служат резервом на случай выхода из строя отдельных элементов стационарной водоотливной системы или на случай необходимости дополнительной концентрации водоотливных средств на наиболее ответственных участках.

Водоотливные средства играют важную роль также в обнаружении источников водотечности (малых пробоин и неплотностей) в затопленных отсеках и в обеспечении заделки этих неплотностей и пробоин. Положение о целесообразности использования водоотливных средств лишь после временной заделки в осушаемом отсеке нельзя применять формально. Действительно, отыскать, а в некоторых случаях и заделать источники водотечности, лежащие ниже уровня воды в затопленном отсеке, не производя откачки, оказывается намного более трудным, чем в процессе откачки, когда создается поток воды через пробоины и неплотности, а при достаточной производительности водоотливных средств источники водотечности цели-

ком или частично оголяются вследствие падения уровня воды в отсеке.

Поскольку не все источники фильтрации могут быть обнаружены и ликвидированы, а временные заделки пробоин, как правило, не полностью устраняют водотечность, исключительно велика роль водоотливных средств для поддержания плавучести и остойчивости поврежденного корабля после стабилизации его состояния в результате успешной борьбы за непотопляемость. Часто плавучесть и остойчивость спасенного от гибели корабля обеспечиваются только за счет непрерывной работы водоотливных средств, откачивающих поступающую в отсеки воду.

Как показывает опыт, особенно большое значение имеет при этом резервирование водоотливных средств, поскольку выход из строя части из них по тем или иным причинам создает прямую угрозу гибели корабля от потери плавучести или остойчивости.

Один из подобных случаев уже рассмотрен (теплоход «Тельма»). Не менее критическая ситуация складывалась при переходе осенью 1947 г. от банки Таллинамадал в Таллинн снятого с камней сухогрузного парохода «Капитан Гастелло» (водоизмещение около 4500 т), у которого неводотечным было только небольшое по объему машинно-котельное отделение. Плавучесть судна поддерживалась почти непрерывной работой всех установленных на нем переносных водоотливных средств общей производительностью до 1800 м³/ч. При этом, как и с «Тельмой», из-за засорения углем приемных сеток водоотливных средств в отдельные моменты запас плавучести уменьшался настолько, что высота надводного борта сокращалась до 0,1 м.

Известны также случаи гибели снятых с мели поврежденных судов из-за потери плавучести вследствие выхода из строя и отсутствия резерва водоотливных средств. Так, в апреле 1953 г. грузовой пароход «Капитан Чириков», самостоятельно снявшийся с мели у берегов Камчатки, получил течь, с которой судовые водоотливные средства не справлялись. Попытка выброситься на песчаную отмель не удалась. Не дойдя до берега двух миль, судно затонуло.

Работа водоотливных средств по борьбе с фильтрацией может часто иметь целью не только поддержание плавучести и остойчивости, но одновременно

и обеспечение прочности поврежденного корабля. Иногда эта цель становится основной.

Такой случай имел место летом 1946 г. при буксировке в Таллинн снятого с камней у о. Прангли парохода «Эстиранд» (водоизмещение около 8000 т). На судне были водотечны все восемь автономных отсеков, причем четыре из них имели большие пробоины, не позволявшие понизить уровень воды в этих отсеках ниже забортного. Остальные четыре отсека

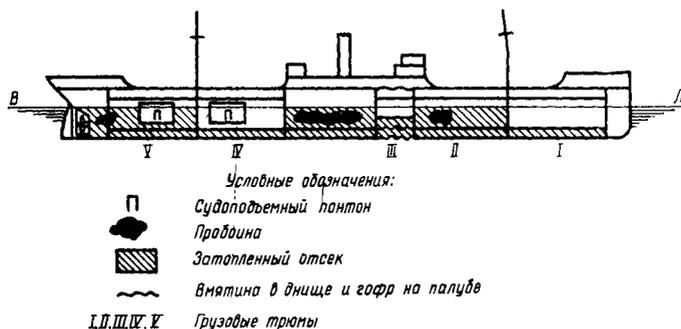


Рис. 1.28. Схема затопления отсеков аварийного парохода «Эстиранд»

полностью или частично осушались с помощью переносных водоотливных средств. Плавучесть кормовой части судна поддерживалась двумя парами 200-тонных судоподъемных понтонов (рис. 1.28).

При таком распределении сил плавучести по длине судна в его средней части возникал большой изгибающий момент, вызывавший прогиб корпуса. Опасность потери общей продольной прочности усугублялась значительными повреждениями днища и второго дна, полученными в районе 3-го трюма при посадке на камни, и наличием гофров в том же районе у настила верхней палубы.

Для уменьшения изгибающего момента во время перехода производилась непрерывная откачка воды из поврежденного третьего трюма переносными водоотливными средствами суммарной производительностью свыше 1000 м³/ч. Благодаря этому удавалось поддерживать уровень воды в трюме на 3—4 м ниже ватерлинии.

Необходимость такого мероприятия, неоправданного с точки зрения поддержания плавучести и остойчивости (вполне обеспеченных и при затопленном 3-м трюме), была практически доказана, поскольку при временных остановках части водоотливных средств подъем уровня воды в трюме вел к заметному на глаз росту гофров настила палубы.

Большое значение для обеспечения борьбы за непотопляемость имеют также другие корабельные системы: перепускная, спускная, балластировки, креновая, дифференциальная, автоматическая противокреновая (система перетока), осушения, пожарная, топливная и некоторые другие.

Главное назначение **перепускной системы** — обеспечить сток воды к водоотливным средствам из отсеков, в которых этих средств нет.

Спускная система, предназначенная для слива воды из верхних помещений в междудонные отсеки или в трюмы (к водоотливным средствам), является важнейшим средством для сохранения кораблем остойчивости при попадании больших масс воды на высоко расположенные палубы и платформы.

Система балластировки служит для быстрого приема воды в низко расположенные (междудонные) отсеки в целях восстановления остойчивости и спрямления поврежденного корабля. Эта же система может применяться для увеличения остойчивости неповрежденного корабля путем заполнения водой пустых цистерн после израсходования из них топлива (система замещения топлива водой).

Для устранения свободных поверхностей воды в отсеках важное значение имеет **осушительная система**, предназначенная в отличие от водоотливной системы для удаления малых масс воды с корабля.

На больших кораблях создают для спрямления **креновую и дифференциальную системы**, включающие специально выделенные пустые креновые и дифференциальные отсеки, намеренным затоплением которых (контрзатоплением) создают поперечные и продольные спрямляющие моменты. На малых кораблях для этих же целей при фактических авариях используют отсеки, занятые в эксплуатационных условиях второстепенным оборудованием (кладовые, мастерские), или свободные от жидких грузов цистерны.

Для спрямления поврежденного корабля может быть применена также перекачка топлива с использованием **топливной системы**. Используется также **автоматическая противокреновая система**, обеспечивающая переток воды из поврежденных отсеков одного борта в симметричные им неповрежденные отсеки другого борта (иногда эту систему считают составной частью перепускной системы).

Многие из отсеков, используемых для балластировки и контрзатопления при восстановлении остойчивости и спрямлении поврежденного корабля, не имеют специальной системы затопления из-за борта. Подача воды в них может быть осуществлена из **пожарной системы** через воздушные (измерительные) трубки или в отдельных случаях через отдранные горловины. Кроме того, пожарная система подает рабочую воду к водоотливным эжекторам.

Недостаточное развитие и малая производительность перечисленных корабельных систем часто создают наибольшие трудности в практическом осуществлении мероприятий по спрямлению поврежденного корабля и восстановлению его остойчивости, лишая возможности реализовать очевидные правильные решения. Достаточно сказать, что затопление от пожарной системы через воздушные (мерительные) трубки сколько-нибудь больших по объему отсеков или цистерн требует зачастую десятков минут, а то и нескольких часов.

Более того, в ряде случаев конструктивные недостатки некоторых корабельных систем оказываются причинами затопления неповрежденных отсеков и общего ухудшения состояния аварийного корабля. Так, например, при последней аварии броненосца «Гангут», которая привела его к гибели, одним из источников водотечности явилась магистральная водоотливная система, помещенная в междудонном пространстве и получившая повреждения при ударе корабля днищем о камень.

Из числа систем, конструктивно обеспечивающих возможность борьбы за непотопляемость подводных лодок, важнейшую роль играют воздушные системы, используемые для продувания ЦГБ и создания подпора в поврежденных отсеках прочного корпуса для ограничения или ликвидации их затопления. Первостепенное значение при этом имеют наличие и вели-

чина запаса воздуха высокого давления (ВД) на подводной лодке.

В целом система погружения и всплытия подводной лодки, включающая ЦГБ со всем обслуживающим их оборудованием, является идеальной по эффективности и быстродействию системой для борьбы с кренами и дифферентами, которой не располагает ни один надводный корабль. Однако малый запас плавучести позволяет лишь в ограниченной степени использовать это эффективное средство спрямления.

Не следует также умалять значение дифференточной системы и системы замещения для спрямления подводной лодки.

1.6.3. Приборы, обеспечивающие борьбу за непотопляемость

В соответствии с потребностями борьбы за непотопляемость и возможностями современного уровня развития техники закономерно наличие на корабле трех групп приборов:

— измерительных и сигнально-измерительных, определяющих параметры посадки и остойчивости корабля, наличие и количество штатных жидких грузов, а также сигнализирующих о затоплении отделений и характере затопления;

— счетно-решающих, служащих для быстрого определения посадки, плавучести и остойчивости корабля при повреждении и спрямлении (фактическом или учебном, выполняемом «всухую»);

— информационно-запоминающих, содержащих и выдающих результаты ранее выполненных расчетов непотопляемости для многих вариантов повреждений и спрямлений.

К приборам первой группы относятся:

— кренометры, дифферентометры, осадкомеры, позволяющие с необходимой точностью определять параметры равновесной посадки корабля в условиях волнения (статические осадка, крен и дифферент);

— индикаторы остойчивости, определяющие ее по изменениям крена и дифферента от приложения пробных моментов или по замерам периода боковой качки корабля;

— системы трюмной сигнализации (дистанционного контроля затопления), позволяющие определить

наличие забортной воды в отделениях, ее уровни и наличие в отделениях воздушных подушек (с повышенным давлением), а также системы, позволяющие определять количество штатных жидких грузов в цистернах.

Приборами, служащими для определения посадки корабля, являются марки осадок, осадкомеры, кренометры и дифферентометры. Заметим, что для замеров статических углов крена и дифферента при качке корабля на волнении используются специальные демпфированные кренометры и дифферентометры*. Они фактически определяют не статические углы наклонов, соответствующие положению равновесия корабля на тихой воде, а средние по времени углы наклонов при качке. При несимметричной качке, которая характерна для поврежденных кораблей, особенно при значительном недейственном уменьшении их остойчивости**, указанное обстоятельство может привести к существенным ошибкам в оценке статических углов крена и дифферента. В связи с этим при явно выраженной несимметричности качки во времени (например, долгое лежание корабля на одном борту и короткие наклоны на противоположный борт) целесообразно контролировать статические углы наклонов по осредненным амплитудам качки за достаточно протяженный отрезок времени (не менее 10 колебаний). При тщательном замере амплитуд такой способ дает меньшую ошибку в определении статических углов наклонов, чем измерение их демпфированными приборами.

Существуют различного рода индикаторы остойчивости. Однако не все они пригодны для использования на поврежденном корабле. В условиях закрытой акватории может быть использована крен-балластная система для упрощенного кренования, а при качке на волнении — устройство типа прибора Венделя (ФРГ), основанное на измерении угловых ускорений бортовой качки.

* Идея таких приборов была предложена в 1939 г. А. Н. Крыловым.

** Недейственным принято называть уменьшение остойчивости, которое проявляется в основном при малых наклонах; остойчивость на больших наклонах при этом уменьшается незначительно.

Идея создания системы дистанционного контроля затопления отсеков является одной из наиболее старых в ряду мероприятий по конструктивному обеспечению борьбы за непотопляемость. Еще до первой мировой войны на кораблях русского флота применялись трюмные указатели систем Тона, Подгурского, а затем Шмидта (Малютина). Последние позволяли не только обнаруживать поступление воды в отсек, но и определять ее уровень.

Основными недостатками всех систем дистанционного контроля затопления являются их низкая надежность и живучесть. Например, при двух авариях крейсера «Рюрик» (1915 и 1916 гг.) установленные на нем трюмные указатели системы Подгурского оба раза не сработали. В известной мере этот недостаток присущ и современным системам дистанционного контроля.

К счетно-решающим приборам относятся вычислительные машины любых типов и сложности, позволяющие быстро оценивать состояние аварийного корабля, подбирать варианты спрямления и оценивать их эффективность. Исходными данными для расчетов может служить информация о затоплении и о фактической аварийной посадке и остойчивости, вводимая оператором или поступающая непосредственно от измерительных приборов.

Простейшие приборы такого рода (механические и электрические), предназначенные для расчетного определения посадки, остойчивости и прочности неповрежденных судов по заданной их нагрузке, широко используются на большегрузных судах транспортного флота. Аналогичные приборы могут быть использованы для решения тех же задач применительно к поврежденному кораблю. Наибольшее усложнение вносит необходимость учета переменности объемов воды в затопленных отсеках III категории.

Счетно-решающие приборы могут применяться для автоматизации расчетов, связанных с использованием корабельной документации по восстановлению остойчивости и спрямлению поврежденного корабля.

Радикальным средством автоматизации всех расчетов, связанных с борьбой за непотопляемость корабля, является использование специализированных корабельных ЭВМ, обладающих достаточно большими вычислительными возможностями и быстродействи-

ем. Основные требования к подобным ЭВМ и возможные алгоритмы расчетов с их помощью были разработаны в 50-е годы В. Г. Власовым, Н. Я. Мальцевым и Д. В. Дорогостайским и освещены в 1964 г. в журнале «Морской сборник» № 5.

Идея информационно-запоминающих приборов как автоматизированных таблиц непотопляемости с большим запасом решений разнообразных вариантов аварийных задач была выдвинута С. Т. Яковлевым. Необходимый вариант выбирается руководителем борьбы за непотопляемость в соответствии с имеющимися данными о затоплении и показаниями измерительных приборов.

Общие требования к корабельным приборам, обеспечивающим борьбу за непотопляемость, также были сформулированы в 1934 г. С. Т. Яковлевым и в основном сохраняют свое значение до сих пор.

К ним относятся:

— простота конструкции, надежность показаний, простота обслуживания, возможность исправления корабельными средствами;

— независимость действия как от других приборов, так и от неблагоприятных внешних условий;

— максимальная живучесть — неповреждаемость от различных причин;

— возможность использования в процессе подготовки личного состава к борьбе за непотопляемость.

Одним из важнейших средств обеспечения надежности и живучести указанных корабельных приборов является их энергетическая автономность и минимальная уязвимость линий связи между чувствительными элементами приборов (датчиками) и выведенными на командные пункты их индикаторами, представляющими в том или ином виде результаты измерений.

§ 1.7. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К НЕПОТОПЛЯЕМОСТИ

Для обеспечения непотопляемости надводных кораблей в первую очередь требуется, чтобы они не гибли при затоплении некоторого числа отсеков, как правило не менее двух, сохраняя в определенных пределах приемлемую с точки зрения боеспособности посадку и остойчивость.

Поскольку с уменьшением высоты надводного борта, и особенно при уходе палубы под воду, существенно уменьшается остойчивость корабля, одним из основных требований к аварийной посадке является сохранение поврежденным кораблем надводного борта заданной высоты.

Допустимая величина угла крена корабля, выдерживающего заданное затопление, не должна существенно ограничивать использование имеющегося на корабле оружия.

Регламентируется и запас остойчивости поврежденного корабля, в частности максимальная ордината его поперечной ДСО. Обычно ставится также условие, чтобы при расчетном повреждении начальная остойчивость корабля оставалась положительной.

Требования к надводной непотопляемости подводных лодок принципиально не отличаются от указанных требований к непотопляемости надводных кораблей. Как правило, они сводятся к обеспечению одноотсечной непотопляемости, т. е. к сохранению поврежденной подводной лодкой в определенных пределах плавучести, остойчивости и приемлемой посадке при затоплении одного отсека прочного корпуса и прилегающих к нему балластных цистерн одного борта. В отличие от надводных кораблей особое внимание уделяется продольной остойчивости и углу дифферента подводной лодки при заданном затоплении. Это объясняется тем, что вследствие малого запаса плавучести и завала непроницаемого надводного борта к палубе затопление отсеков и цистерн всегда ведет к уменьшению продольной остойчивости, особенно при возрастании углов дифферента.

Указанные ограниченные требования одноотсечной непотопляемости оказываются трудно осуществимыми вследствие ограниченного запаса плавучести подводной лодки. В иностранном судостроении считают, что для выполнения одноотсечной непотопляемости необходим запас плавучести подводной лодки не менее 25—40% крейсерского объемного водоизмещения.

Поскольку увеличение запаса плавучести неблагоприятно сказывается на ходовых, маневренных и других качествах подводной лодки в погруженном положении (в частности, на скрытности), иностранные специалисты высказывают мнение о целесообразности

сти отказа от обеспечения даже одноотсечной надводной непотопляемости. Есть основания полагать, что эта тенденция нашла отражение в проектах современных подводных лодок стран НАТО. Судя по величинам запасов плавучести (10—15% крейсерского объемного водоизмещения) и числу отсеков прочного корпуса (четыре — шесть), одноотсечная надводная непотопляемость этих подводных лодок, по-видимому, не обеспечена*.

Одно из возражений против такой тенденции заключается в том, что при этом подводные лодки лишаются и подводной непотопляемости, поскольку при поступлении воды в прочный корпус полностью погруженная подводная лодка, как правило, должна всплыть (по крайней мере, в мирное время), и тогда вопросы подводной непотопляемости автоматически переходят в вопросы надводной непотопляемости.

Требования к непотопляемости морских гражданских судов и судов обеспечения ВМФ СССР определяются Правилами классификации и постройки морских судов Регистра СССР. В настоящее время эти требования, именуемые требованиями к делению судна на отсеки, строятся на вероятностной основе. При этом вероятность сохранения судна после получения пробойны, характеризуемая индексом деления A , должна быть не ниже величины, характеризуемой требуемым индексом деления R .

Деление судна на отсеки считается удовлетворительным, если выполняется условие $A \geq R$, а аварийная остойчивость удовлетворяет требованиям к ней.

Требуемый индекс деления на отсеки R определяется длиной судна L , его назначением и числом перевозимых людей N . Например, для пассажирских судов

$$R = 1 - \frac{250}{L + \frac{N}{4} + 375}.$$

Вероятностный индекс A определяется суммированием по всем отсекам и группам смежных отсеков вероятностей затопления отсека (группы отсеков) ap ,

* Обеспечение непотопляемости может быть повышено путем разделения больших отсеков прочного корпуса непроницаемыми горизонтальными платформами.

умноженных на вероятности сохранения судна при повреждении cs :

$$A = \sum arcs.$$

Вероятность ar зависит от положения отсека по длине судна и его протяженности. При этом a определяет влияние положения отсека с учетом закона распределения положения пробоины по длине судна, а r — влияние длины отсека с учетом закона распределения длины пробоины.

Величина s условно учитывает влияние аварийной остойчивости на вероятность cs , а s — законы распределения осадки и коэффициента проницаемости для грузовых трюмов.

Способы вычисления конкретных значений R и A приведены в Правилах Регистра СССР.

Правила Регистра СССР устанавливают также требования к остойчивости поврежденного судна, которые заключаются в следующем:

— начальная поперечная метацентрическая высота в конечной стадии затопления до принятия мер по ее восстановлению должна быть не менее 0,05 м;

— диаграмма статической остойчивости должна иметь достаточную площадь участка с положительными плечами остойчивости (максимальное плечо диаграммы в конечной стадии затопления или после спрямления — не менее 0,1 м, протяженность части диаграммы с положительными плечами — не менее 30° при симметричном и не менее 20° при несимметричном затоплении).

Ограничения по углу крена при несимметричном затоплении следующие: не более 15° для пассажирских, 20° для непассажирских и 25° для нефтеналивных судов, химовозов и газовозов при затоплении двух и более отсеков (все величины приведены до принятия мер по спрямлению).

После принятия мер по спрямлению углы крена не должны превышать 7° для пассажирских судов при затоплении одного любого отсека, 12° при затоплении двух и более отсеков для любых судов, кроме нефтеналивных, газовозов и химовозов, и не более 17° для последних. Время спрямления для выполнения указанных условий для пассажирских судов не должно превышать 10 мин.

Указанные требования к остойчивости должны выполняться для пассажирских судов при затоплении одного любого отсека при $N \leq 600$ и при затоплении двух любых смежных отсеков при $N > 1200$. При $1200 > N > 600$ действуют специальные требования.

Требования Правил Регистра СССР к делению судна на отсеки являются национальным вариантом аналогичных требований, содержащихся в Международной конвенции по охране человеческой жизни на море 1974 г. и в Протоколе (1978 г.) к ней. Наши нормы, как правило, более жесткие и шире по охвату судов.

Следует отметить, что развитие нормирования непотопляемости гражданских морских судов теснейшим образом связано с практикой мореплавания и аварийностью на флоте. Так, впервые вопрос о нормировании непотопляемости судов, перевозящих пассажиров, как составная часть более общего вопроса обеспечения безопасности человеческой жизни на море приобрел международный характер со времени гибели в 1912 г. «Титаника», на котором из находившихся на борту 2201 человека погибли 1489 (около 2/3). В прямой связи с этой катастрофой в 1913 г. в Лондоне была созвана первая международная конференция по охране человеческой жизни на море, выработавшая проект соответствующего международного соглашения (прототип современных конвенций). Однако начавшаяся война помешала реализации предложений конференции.

В ходе войны 1914—1918 гг. подтвердилось плохое обеспечение непотопляемости пассажирских судов. Так, лайнер «Лузитания» (брутто-вместимость 30 704 рег. т) от попадания одной немецкой торпеды затонул за 20 мин.

В 1929 г. вторая конференция по охране человеческой жизни на море разработала конвенцию, вступившую в силу в 1933 г. В 1930 г. была принята конвенция о грузовой марке. К обеим конвенциям присоединился и Советский Союз.

Введение конвенции, по данным английского Ллойда, уменьшило среднегодовой процент гибели английских судов с 0,22—0,24% от всего тоннажа в 1910—1914 гг. до 0,12—0,15% в 1932—1938 гг. Однако участились пожары на пассажирских судах («Жорж Филиппар», «Атлантик», «Морро Касл» и

др.). В связи с этим намечалось пересмотреть конвенцию, усилив в ней противопожарные требования. Очередная конференция намечалась на 1940 г., но в связи со второй мировой войной состоялась лишь в 1948 г. Выработанная ею конвенция вступила в силу с 1951 г.

Гибель лайнера «Андреа Дориа» в 1956 г. явилась одной из причин созыва в 1960 г. четвертой конференции по охране человеческой жизни на море. Пятая конференция состоялась в 1974 г. (в 1966 г. состоялась конференция по грузовой марке). Выработанные ими международные конвенции действуют в настоящее время.

Следует заметить, что большинство требований к непотопляемости нормируют ее без учета изменений состояния поврежденного корабля в результате борьбы экипажа за непотопляемость. С учетом такой борьбы фактическая непотопляемость может оказаться значительно более высокой, чем предусмотрено нормами.

Глава 2

ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ НЕПОТОПЛЯЕМОСТИ

§ 2.1. ЦЕЛЬ И СОДЕРЖАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ НЕПОТОПЛЯЕМОСТИ

Организационно-технические мероприятия по обеспечению непотопляемости имеют целью создание и постоянное поддержание оптимальных условий для наиболее полного использования конструктивных возможностей и технических средств обеспечения непотопляемости корабля, определяемых его проектом.

Эти мероприятия касаются в основном правильной эксплуатации неповрежденного корабля и подготовки его личного состава и технических средств к активной борьбе за непотопляемость.

К мероприятиям первой группы относятся:

— контроль за изменениями запасов плавучести и остойчивости корабля и меры по предупреждению их падения ниже установленных пределов;

— поддержание водонепроницаемости и прочности корпуса корабля в условиях его эксплуатации.

К мероприятиям второй группы относятся:

— организация и подготовка личного состава к борьбе за непотопляемость;

— систематическое поддержание всех технических средств борьбы за непотопляемость в состоянии немедленной готовности к использованию;

— снабжение командных пунктов по борьбе за непотопляемость необходимой технической документацией.

От правильной эксплуатации неповрежденного корабля в значительной степени зависит его состоя-

ние после повреждения. Анализ аварий показывает, что очень часто именно неудовлетворительное техническое состояние кораблей приводило к тяжелым и даже катастрофическим последствиям.

К столь же серьезным последствиям приводят упущения в организации и подготовке экипажей кораблей к борьбе за непотопляемость.

§ 2.2. ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПРАВИЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НЕПОВРЕЖДЕННОГО КОРАБЛЯ В ИНТЕРЕСАХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НЕПОТОПЛЯЕМОСТИ

2.2.1. Поддержание запасов плавучести и остойчивости корабля в условиях эксплуатации

К организационно-техническим мероприятиям по поддержанию запасов плавучести и остойчивости корабля относятся:

— строгое соблюдение инструкций по приему и расходованию топлива и других жидких грузов, предусматривающих оптимальное с точки зрения остойчивости распределение их по цистернам;

— систематический учет наличия и расположения на корабле всех переменных грузов, а также замер осадок и определение водоизмещения корабля и его запаса плавучести;

— систематический контроль остойчивости и поддержание ее в установленных пределах;

— мероприятия по увеличению остойчивости при приеме на корабль дополнительных нештатных грузов (десант, военные грузы) и при обледенении корабля.

Перегрузка корабля или неправильное распределение на нем переменных грузов, а также одновременное создание больших свободных поверхностей жидких грузов в нескольких цистермах могут существенно снижать запасы плавучести и остойчивости корабля по сравнению с проектным. К таким же последствиям приводит обычно и модернизация кораб-

ля, поскольку она почти всегда ведет к увеличению нагрузки корабля, как правило, в результате приема высоко расположенных грузов.

Классическим примером вредного влияния перегрузки является резкое снижение запаса плавучести и остойчивости в результате постройечной и эксплуатационной перегрузки у броненосцев типа «Бородино» 2-й Тихоокеанской эскадры. (Из четырех кораблей этого типа, участвовавших в Цусимском бою, избежал гибели только броненосец «Орел».) Из-за чрезвычайной сложности пополнения запасов во время предстоявшего почти кругосветного плавания при отсутствии на пути промежуточных баз пришлось взять на корабль много нештатных грузов. В совокупности с постройечной перегрузкой (около 635 т, что составляло почти 5% от проектного водоизмещения) это привело к резкому снижению запаса плавучести и ухудшению остойчивости корабля.

Перегрузка не была устранена и к моменту вступления корабля в бой, что значительно ухудшило его непотопляемость (сравнительные данные приведены в таблице).

Характеристика	По проекту	В походе	В бою
Водоизмещение M , т	13 516	16 800	15 300
Перегрузка (уменьшение запаса плавучести) в зависимости от проектного водоизмещения, %	—	24	13
Приращение осадки δT , м	—	1,55	0,86
Поперечная метацентрическая высота h , м	1,22	0,69	0,76
Уменьшение коэффициента поперечной остойчивости от проектного, %	—	30	30
Угол крена $\Theta_{пр}$, при котором входит в воду кромка броневой палубы, °	11	3	6,5

Приведенные в последней строке таблицы предельные углы крена характеризуют опасность ухода под воду броневой палубы при повреждении легко бронированного надводного борта (рис. 2.1, а).

Указанные перегрузки явились одной из причин гибели в Цусимском бою однотипных с «Орлом»

броненосцев «Бородино» и «Александр III». Опрокидывание действительно происходило при достижении углов крена $6-7^\circ$, при которых уходила в воду кромка броневой палубы, и вода через пробоины в над-

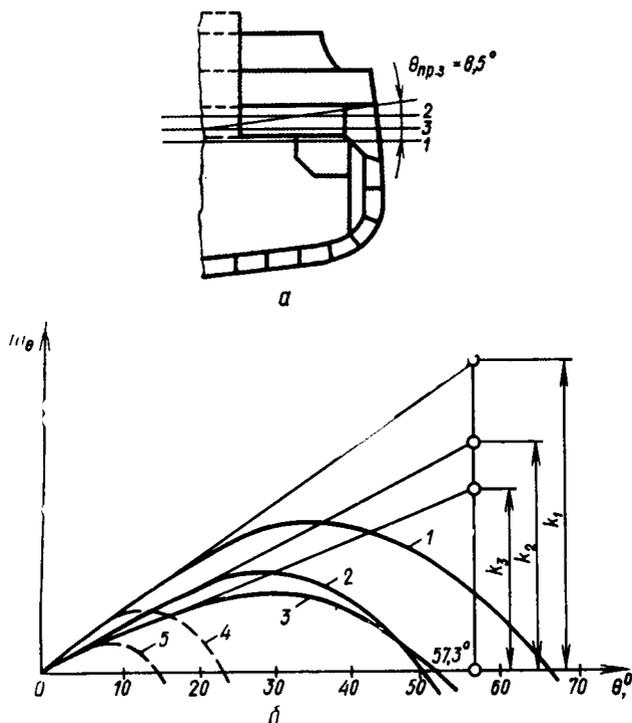


Рис. 2.1. Характеристики влияния перегрузки на остойчивость броненосца «Орел»:

a — схема изменений углубления и предельного крена корабля от перегрузки: 1 — проектная ватерлиния корабля; 2 — ватерлиния при наибольшей перегрузке; 3 — ватерлиния в начале боя; *б* — диаграммы поперечной статической остойчивости при указанных трех состояниях нагрузки корабля; 4 и 5 — ДСО в случаях 1 и 3, но с разбитым небронированным бортом

водном борту разливалась по ней. Изменения остойчивости броненосца «Орел» в результате перегрузки иллюстрируются диаграммами статической остойчивости на рис. 2.1, б.

Следует заметить, что в предупреждении гибели самого броненосца «Орел», получившего в бою весьма тяжелые повреждения, значительную роль сыгра-

ли организационно-технические мероприятия по обеспечению непотопляемости и сама борьба за непотопляемость корабля в бою, проведенные под руководством корабельного инженера В. П. Костенко, практически использовавшего при этом таблицы непотопляемости, предложенные в 1903 г. А. Н. Крыловым.

Другим примером опасных последствий недопустимого уменьшения высоты надводного борта вследствие перегрузки может служить гибель в порту Петропавловск-Камчатский 12 ноября 1960 г. баржи СБ-500-34. Штатная грузоподъемность баржи составляла 500 т. Такое количество угля и было принято, но перед погрузкой не была проверена зачистка трюмов от перевозившегося до этого гравия, которого фактически оставалось около 170 т. Там же скопилось около 20 т воды, а на палубе был установлен кран массой 18 т. Таким образом, после приема угля перегрузка превысила 200 т, высота надводного борта сократилась до 0,24 м и грузовая марка на 0,6 м ушла под воду. Угол входа палубы в воду, равный $11,5^\circ$, при осадке по грузовую марку сократился до 3° .

При штилевой погоде баржу переводили от одного причала к другому. Когда буксир стал прижимать ее левым бортом к причалу, баржа получила небольшой крен, приведший к уходу палубы в воду. Сдвиг плохо закрепленной стрелы крана еще увеличил крен. Вода влилась в трюм, и баржа затонула.

На построенных в конце 70 — начале 80-х годов в США краболовных судах типа «Америкус» (водоизмещение около 800 т) с декабря 1981 г. по январь 1983 г. было установлено дополнительное оборудование, обеспечивающее также и лов рыбы. По завершении дооборудования проверка остойчивости и корректировка судовой документации выполнены не были.

В феврале 1983 г. суда этой серии «Америкус» и «Алтаир» потерпели аварию. «Америкус» обнаружен опрокинувшимся, а «Алтаир» найден не был. Все члены экипажа погибли. Расследованием установлено, что причиной гибели судов явилось резкое снижение остойчивости после приема дополнительного оборудования.

Одним из наиболее опасных для остойчивости эксплуатационных случаев перегрузки корабля явля-

ется обледенение, особенно для малых кораблей. К уменьшению остойчивости ведет повышение ЦТ корабля вследствие высокого расположения накапливающегося льда и закупорки нарастающим ледяным покровом штормовых шпигатов в фальшборте, в результате чего попадающая на палубу забортная вода задерживается на ней, дополнительно уменьшая остойчивость корабля. Обледенение явилось причиной гибели многих транспортных и промысловых судов, а также ряда малых военных кораблей.

Так, 29 ноября 1914 г. в результате обледенения потеряли остойчивость и опрокинулись при шторме в устье Финского залива эскадренные миноносцы «Исполнительный» и «Летучий» (оба водоизмещением по 335 т), имевшие на верхней палубе мины заграждения.

Весной 1933 г. по этой причине погиб в Баренцевом море спасательный буксир «Руслан» (водоизмещение около 300 т), участвовавший в спасении ледокола «Малыгин», севшего на камни у о. Шпицберген. После успешного завершения исключительной по трудности аварийно-спасательной операции 24 апреля 1933 г. «Руслан» вместе с другими спасательными судами и спасенным «Малыгиным» вышел в Мурманск. В ожидании мощного ледокола «Красин», на буксире которого он должен был совершать переход, «Руслан» следовал малым ходом позади каравана.

В ночь на 25 апреля в связи с сильным ветром и снежными зарядами началось обледенение корабля и его остойчивость резко упала — при постановке бортом к волне корабль получил большой статический крен и не выпрямился. Скальванием льда и поворотом корабля носом к волне несколько раз удавалось ликвидировать крен, однако к вечеру 25 апреля с ростом обмерзания эти меры оказались уже недостаточными. «Руслан» лег на борт, вода затопила через палубные люки котельное, а затем и машинное отделение. Около полуночи корабль затонул.

Сколь значительной может быть перегрузка корабля от обледенения, показано на рис. 2.2, где изображен возвратившийся 10 января 1969 г. с моря в порт Таллинн средний рыболовный траулер «Пярну» (водоизмещение 462 т). Судно подверглось обледенению в открытой части Балтийского моря и находилось на краю гибели. Масса скопившегося льда пре-

вышала 50 т (более 10% от водоизмещения). На немецком траулере «Вупперталь» толщина льда на надстройке достигала 0,35 м, а на баке — 1 м. Фронтальная переборка мостика на траулере «Германия» была покрыта льдом толщиной 0,6 м.

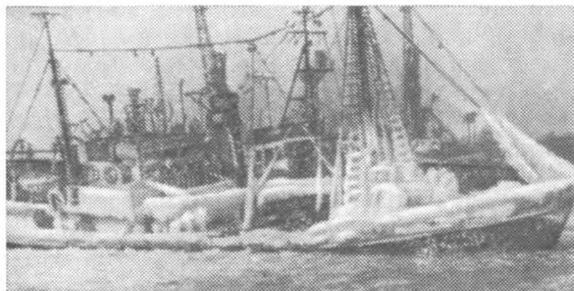


Рис. 2.2. Обмерзание рыболовного траулера «Пярну»

Во время шторма ураганной силы в южной части Баренцева моря 19 января 1965 г. вследствие обмерзания оказался в аварийном состоянии ряд советских промысловых судов. На траулере «Атомань» в отдельных местах толщина слоя льда доходила до 0,5 м. По глазомерной оценке капитана, в течение часа намерзло 15—20 т льда. Всему экипажу пришлось работать по сколке льда без перерыва 50 ч. Крен траулера достигал 50°, и судно находилось на грани гибели.

В это же время в аналогичных условиях оказался еще ряд промысловых судов, из которых четыре средних рыболовных траулера погибли («Бокситогорск», «Себеж», «Севск», «Нахичевань»). Перевернутый «Бокситогорск» (вместимость 260 рег. т) был обнаружен утром следующего дня. Спасти удалось одного человека.

В феврале 1966 г. также от обледенения в заливе Св. Лаврентия погиб канадский траулер «Блю Мист II».

Остойчивость корабля в условиях эксплуатации считают обеспеченной, если она не падает ниже наименьшего проектного значения, которое у надводных военных кораблей отвечает обычно стандартному водоизмещению. Поэтому для них в качестве условия

поддержания эксплуатационной остойчивости принимается условие $k \geq k_{ст}$, где k и $k_{ст}$ — начальные коэффициенты поперечной остойчивости в рассматриваемом состоянии корабля и при стандартном водоизмещении. Такое нормирование начальной остойчивости обеспечивает, как правило, поддержание в заданных пределах и остойчивости на больших наклонениях.

Поддержание остойчивости корабля наряду с плавучестью является первейшей обязанностью личного состава. Выход в море корабля, имеющего остойчивость меньше минимально допустимой, **запрещается**.

При нормальной эксплуатации остойчивость корабля постоянно меняется вследствие изменений нагрузки — расходования (приема) штатных переменных грузов: топлива, воды, боезапаса, продовольствия и т. п. Поддержание остойчивости в заданных пределах обеспечивается при этом строгим выполнением специальных инструкций, в частности инструкций по приему и расходованию переменных грузов.

В процессе эксплуатации возникнет необходимость в изменениях нагрузки корабля, не предусмотренных проектом и инструкциями (прием нештатных переменных грузов, установка дополнительного вооружения, снятие части постоянных грузов при ремонте и т. п.), что приводит к изменению его остойчивости. В указанных случаях также требуется решать вопрос о мерах по сохранению остойчивости.

Таким образом, задачи личного состава по сохранению остойчивости неповрежденного корабля следующие:

а) поддерживать остойчивость в спецификационных пределах при нормальной эксплуатации корабля, для чего:

— знать и строго выполнять все эксплуатационные инструкции по поддержанию остойчивости, включая правила по сохранению непроницаемости надводного борта и открытой палубы;

— постоянно контролировать остойчивость путем расчетов;

б) не допускать уменьшения остойчивости ниже спецификационных пределов при любых нештатных изменениях нагрузки, принимая для этого необходимые меры по данным расчетного контроля остойчивости.

Практически для поддержания остойчивости в спецификационных пределах все грузовые операции подчиняют условию максимального сокращения потери остойчивости. В особо опасных случаях допускается балластировка кораблей приемом воды в низко расположенные цистерны (при этом должны быть приняты все меры для предотвращения обводнения топлива в других цистернах)*. При обледенении кроме приема балласта должны быть приняты все меры по удалению льда.

Одной из важных мер по поддержанию остойчивости корабля в спецификационных пределах является ликвидация всех возникающих у него кренов, даже небольших. Наличие крена не только ухудшает показатели диаграмм остойчивости, но и таит в себе угрозу опрокидывания корабля в случае дальнейшего значительного падения его остойчивости.

Возникновение крена и вызванное им уменьшение запаса поперечной остойчивости при горизонтально-поперечном смещении грузов представляют большую опасность для транспортных судов и десантных кораблей, обуславливая жесткие требования к надежности закрепления перевозимых грузов. Смещение плохо закрепленных грузов явилось причиной многочисленных тяжелых аварий. Так, в 1960 г. во время шторма на лесовозе «Зеефогель» (ФРГ) смещение палубного груза вызвало большой крен, приведший к гибели судна. В ноябре 1966 г. на лесовозе «Воркута» (водоизмещение 9530 т) во время шторма в Баренцевом море волны повредили стойки, крепящие палубный груз. В результате он сместился до 4 м на правый борт, что вызвало статический крен 25°. Судно удалось увести в порт-укрытие, где крен был ликвидирован перегрузкой леса. В феврале 1973 г. в Средиземном море вследствие смещения леса опрокинулось и затонуло итальянское судно «Артуро Вально» (валовая вместимость 12 784 рег. т).

Аварии подобного рода характерны не только для лесовозов. В июне 1966 г. в Балтийском море (про-

* Как правило, экипаж корабля очень неохотно прибегает к балластировке. Поэтому, как отмечал еще В. Г. Власов, обеспечение остойчивости за счет приема жидкого балласта довольно ненадежно. Примером может служить невыполнение балластировки на лайнере «Андреа Дориа» перед его катастрофой.

лив Моонзунд) теплоход «Пакри» (водоизмещение около 1050 т) в штормовую погоду на крутой циркуляции получил крен 12—14°, в результате чего незакрепленный груз кирпича сместился, увеличив крен до 40—43°. Палуба вошла в воду, и началось затопление ряда внутренних помещений судна. Гибель его удалось предотвратить, сбросив за борт часть палубного груза.

Не следует думать, что при смещении груза в тяжелое положение попадают лишь корабли с малой остойчивостью. Более того, излишне большая начальная остойчивость, вызывающая стремительную бортовую качку, сама может явиться первопричиной смещения плохо закрепленного груза. Примером может служить авария в декабре 1954 г. судна США (водоизмещение около 16 000 т), перевозившего генеральный груз. Имея поперечную метацентрическую высоту $h=1,03$ м, судно в Северной Атлантике при ветре 8—9 баллов и сильном волнении испытывало резкую качку, приведшую к смещению свинцовых брусков, кип с хлопком и других грузов в твиндеках двух трюмов, что вызвало статический крен до 15°. Крен был ликвидирован обратным перемещением сдвинувшегося груза.

Причиной смещения груза, как правило, являются недостатки его крепления при погрузке. Примером катастрофических последствий может служить гибель 14 марта 1987 г. сухогруза «Комсомолец Киргизии» на переходе из Канады на Кубу с грузом муки в мешках (10 300 т). Погрузка муки в порту Галифакс производилась принятым в Канаде машинным способом, не отвечающим нашим стандартам. Между пакетами мешков, которые не освобождались от грузовых сеток, оставались пустоты, допускаящие смещение груза. Кроме того, в отличие от наших правил разделительные перегородки между пакетами (сепарации) были менее надежными. При сильном шторме в районе Восточного побережья США (на широте Нью-Йорка) в 220 милях от берега сильный удар волны в правый борт привел к смещению груза и получению судном статического крена до 26—28° на левый борт. Попытки спрямить судно перекачкой топлива на правый борт успеха не имели. Крен увеличивался, что привело к остановке главного двигателя из-за оттока масла. Судно стало неуправляемым.

Его развернуло лагом к волне. Это привело к дальнейшему увеличению статического и динамического крена. Корпус судна получил сильные повреждения от ударов волн.

Проявив высокую организованность, экипаж активно боролся с аварией. Через полчаса главный двигатель был введен в строй, что позволило развернуть судно вразрез волне. Были приняты меры по герметизации корпуса (проверена задрайка иллюминаторов) и по спрямлению судна (путем затопления второго балластного танка правого борта). Однако, несмотря на принятые меры, статический крен вскоре возрос до 30° (на качке — до 46°), после чего пароходство приказало экипажу покинуть судно. Все люди были спасены вертолетами береговой охраны США. Оставленное судно опрокинулось и затонуло.

Поскольку вертолеты смогли (при значительном удалении судна от берега) спасти весь экипаж, зависая над судном, есть основания полагать, что гидрометеорологическая обстановка в районе аварии не была катастрофически тяжелой. Поэтому и эта катастрофа не является следствием только «неотвратимых и непреодолимых сил природы», как писал А. Н. Крылов, а обусловлена недостатками крепления перевозимого груза и отказом главного двигателя судна при большом крене.

У современных надводных кораблей благодаря развалу бортов при ограниченных перегрузках, когда запас плавучести A остается больше объемного водоизмещения V , остойчивость формы возрастает, что снижает опасность перегрузок для остойчивости. Эта опасность возрастает с приближением A к V , а особенно при $A < V$.

В связи с завалом бортов и малым запасом плавучести ($A < V$) у подводных лодок всякая перегрузка уменьшает остойчивость формы. Это особенно опасно для продольной остойчивости, которая в целом всегда уменьшается при перегрузках. Наоборот, при разгрузке остойчивость формы подводных лодок растет и в целом растет продольная остойчивость. Указанные обстоятельства должны учитываться при повреждениях подводных лодок и изменениях их нагрузки в эксплуатационных условиях (ремонт, проводка по внутренним водным путям).

2.2.2. Поддержание водонепроницаемости и прочности корпуса корабля

Группа организационно-технических мероприятий, направленных на поддержание водонепроницаемости и прочности корпуса корабля в условиях его эксплуатации, включает:

— систематический контроль и поддержание в исправном состоянии наружной обшивки (в том числе надводного борта), водонепроницаемых переборок, палуб, платформ, а также водонепроницаемых закрытий;

— строгое соблюдение правил задравивания водонепроницаемых закрытий.

О важности этих мероприятий свидетельствуют многочисленные случаи аварий и гибели кораблей и судов, основной причиной которых явилось неудовлетворительное эксплуатационное обеспечение водонепроницаемости.

Классическим примером катастрофических последствий этого является гибель английского трехдечного парусного корабля «Ройял Джордж», описанная А. Н. Крыловым.

В 1782 г. возвратившийся из плавания корабль стоял на Портсмутском рейде. Для устранения на плаву (без постановки в док) неисправностей в подводной части корпуса его накренили, вдвинув внутрь пушки одного борта и выдвинув в открытые порты пушки другого борта, т. е. путем горизонтально-поперечного перемещения груза. Так как пушечные порты нижней палубы оказались весьма близко от воды (рис. 2.3), в них немного заплескивало водою, и крен корабля мало-помалу нарастал.

За четверть часа до подъема флага старший офицер доложил командиру, что корабль пора спрямлять, так как воды накопилось уже порядочно и нижняя кромка портов близка к уровню воды за бортом. Было приказано выждать четверть часа и спрямлять корабль одновременно с подъемом флага и спускавшихся на ночь брам-реев, что должно было дать весьма эффектную картину. Но команда, разбегаясь по местам, неволью бежала по тому борту, на который корабль был накренен. Крен еще возрос, открытые пушечные порты вошли в воду, корабль почти мгновенно опрокинулся и затонул. На месте его гибели

образовался сильный водоворот, поглотивший² находившийся рядом шлюп «Ларк» и затруднивший спасение людей. Погибло около 900 человек, в том числе и находившийся на корабле адмирал.

Анализируя причины гибели корабля, академик А. Н. Крылов отмечал: «Ясно, что командир не отдавал себе отчета об опасном положении корабля и

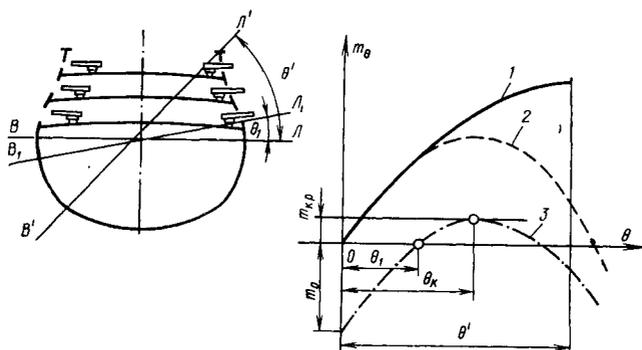


Рис. 2.3. Схема накренения корабля «Ройял Джордж» и изменение его диаграммы поперечной статической остойчивости:

1 — поперечная ДСО корабля, плавающего без крена; 2 — ДСО, измененная в результате открытия орудийных портов; 3 — ДСО, дополнительно измененная от сдвига орудий по ширине

забыл, что весь его запас плавучести и остойчивости обеспечивался теми пятью сантиметрами борта, на которые косяки портов были выше воды, а не восемью метрами полной высоты надводного борта при задраенных портах, когда такой корабль выдерживает всякие шквалы и штормы».

Действительно, нарушение водонепроницаемости надводного борта вследствие открытия пушечных портов, равносильное уменьшению высоты надводного борта до уровня нижней палубы, привело к изменению диаграммы поперечной статической остойчивости (на рис. 2.3 показана штриховой линией), а крен Θ_1 , вызванный моментом m_0 от перемещения пушек, дополнительно изменил диаграмму (на рис. 2.3 показано штрихпунктиром). Как видно, запас остойчивости корабля, плавающего с креном Θ_1 и открытыми пушечными портами, ничтожно мал, так что небольшой дополнительный кренящий момент $m_{кр}$ от перехода команды на вошедший в воду борт неиз-

бежно должен был вызвать опрокидывание при достижении крена Θ_k . При закрытых пушечных портах и несмещенных пушках корабль мог безопасно выдерживать крен, по крайней мере до входа в воду верхней кромки надводного борта, при угле Θ' .

Броненосец береговой обороны «Русалка» (водоизмещение 1520 т), построенный в 1867 г., представлял собой низкобортный корабль типа монитора с малыми запасами плавучести и остойчивости. В связи с этим для него приобретали особую важность конструктивные и организационно-технические мероприятия по обеспечению водонепроницаемости. Однако уже в первые годы плавания этого корабля обнаружилось совершенно неудовлетворительное состояние водонепроницаемости отсеков. В 1869 г. «Русалка» скулой коснулась камня и получила ничтожную пробоину, «через которую, — как записал в своем дневнике С. О. Макаров, плававший на этом корабле мичманом, — вливалось 50 ведер воды в минуту, и потонула бы, если бы не стала носом на мель». Устройство, вернее сказать «неустройство» броненосца (по оценке академика А. Н. Крылова) было таково, что с этой ничтожной течью его экипаж своими средствами справиться не мог, и потребовалась помощь всего отряда мониторов, чтобы предотвратить потопление корабля. Из-за господствовавшей в царском флоте рутины авария броненосца не послужила толчком для коренного улучшения его непотопляемости. Спустя 24 года те же грубые нарушения требований по обеспечению водонепроницаемости корпуса явились причиной гибели этого корабля.

В сентябре 1893 г. «Русалка» в сопровождении канонерской лодки «Туча» вышла из Ревеля (Таллинна) в Гельсингфорс (Хельсинки). На переходе (общей протяженностью около 30 миль) корабли были застигнуты штормом. Низкобортный броненосец (высота надводного борта около 0,6 м) с трудом преодолевал волнение и отстал от «Тучи», потерявшей его из виду. До Гельсингфорса «Русалка» не дошла, погибнув со всей командой.

Проведенное расследование показало, что корабль был залит водой, проникавшей при волнении в отсеки с верхней палубы через не имевшие прочных крышек люки, и погиб от потери плавучести. Специальные штормовые крышки люков были оставлены «для

порядка» на берегу в Кронштадте. Поиски затонувшего корабля, предпринятые летом 1894 г., из-за низкой их организации оказались безрезультатными. Броненосец был случайно найден на глубине 85 м только в 1932 г. советскими водолазами при поисках затонувшей в этом же районе подводной лодки.

Примером тяжелых последствий нарушения непроницаемости надводного борта может служить описанная академиком А. Н. Крыловым авария немецкого грузо-пассажирского парохода «Аваре» (водоизмещение около 8000 т). Пароход летом 1922 г. ремонтировался в доке завода «Вулкан» в Гамбурге. Подобно многим другим высокобортным пассажирским судам с сильно развитыми надстройками «Аваре» имел весьма малую начальную остойчивость, обеспечивавшую плавность и малость размахов качки. Будучи порожними, такие суда могут приобретать даже отрицательную начальную поперечную остойчивость, получая вследствие этого крен до 20—30°. Когда все иллюминаторы по борту задраены, этот крен большой опасности не представляет.

Перед выводом судна из дока не позаботились повысить его остойчивость приемом водяного балласта и котельной воды, а по случаю жаркой погоды и проводившихся внутри корпуса работ все иллюминаторы оставили открытыми. Выведенный из дока пароход начали разворачивать буксирами для перевода к стенке гавани. Внезапно он накренился, черпнул воду иллюминаторами и почти моментально затонул, не опрокинувшись лишь потому, что раньше лег бортом на дно реки, глубина которой (8,5 м) была примерно вдвое меньше ширины парохода (16,8 м). При аварии погибло 39 человек из экипажа судна и рабочих верфи.

Академик А. Н. Крылов, находившийся в то время в служебной командировке в Гамбурге и видевший «Аваре» сразу же после его гибели, подчеркивал, что эта «авария ...служит лишь еще раз наглядным подтверждением истины, что плавучесть и остойчивость корабля обеспечиваются водонепроницаемостью его надводного борта». С целью обратить внимание командного состава на крайнюю опасность нарушения непроницаемости надводного борта, в частности при открытии иллюминаторов на малой высоте над ватерлинией, А. Н. Крылов предлагал на пасса-

жирских судах вывешивать соответствующую этому случаю диаграмму поперечной статической остойчивости, «чтобы она, так сказать, мозолила глаза капитану и его помощникам, постоянно напоминая, сколь осторожно надо обращаться с кораблем при таких условиях». Примером опасного нарушения непроницаемости корпуса и отсутствия контроля за состоянием корабля является описанная А. Н. Крыловым авария броненосца «Орел». Весной 1904 г. броненосец (водоизмещение по проекту 13 516 т) был переведен для достройки из Адмиралтейского завода в Петербурге в Кронштадт и ошвартован у наружной стенки порта. На корабле еще не была полностью установлена бортовая броня, и в бортах имелось множество дыр для броневых болтов, забитых деревянными пробками. По небрежности часть пробок была забита неплотно, а некоторые вывалились вовсе. Вода проникала через дыры внутрь корабля и скапливалась в бортовых коридорах. Несмотря на это, корабль не кренился, так как удерживался от наклона швартовами и упершимся в откос грунта бортовым килем (рис. 2.4).

За швартовами никто не следил, тщательного осмотра отсеков также не производилось. В результате, когда воды в коридорах скопилось много, швартовы лопнули и корабль получил значительный динамический крен, при котором вошли в воду открытые оружейные порты на броневой палубе. Однако даже это обстоятельство не вызвало бы особенно тяжелых последствий. Но расположенные на этой палубе у борта люки также оказались открытыми, и вода затопила артиллерийские погреба. Затем с ростом крена через открытые горловины были затоплены угольные ямы, а из них вода распространилась и в котельные отделения. В результате корабль сел на грунт с креном около 30° , соответствовавшим уклону откоса грунта у причальной стенки, и только потому не опрокинулся вверх килем, что его ширина более чем вдвое превышала глубину в гавани.

К аналогичным аварийным последствиям может вести внезапная потеря кораблем ранее незамеченной опоры о грунт. В 1956 г. в Одессе по такой причине произошло частичное затопление и посадка на грунт парохода «Белоостров» (валовая вместимость 2916 рег. т). Судно было ошвартовано левым бортом

вплотную к причалу. При этом левая скула парохода врезалась в грунт, на что не было обращено внимания. Ввиду неисправности транспортера-погрузчика уголь грузили только в трюм № 1 и бункер левого борта. Бункер правого борта оставался незагружен-

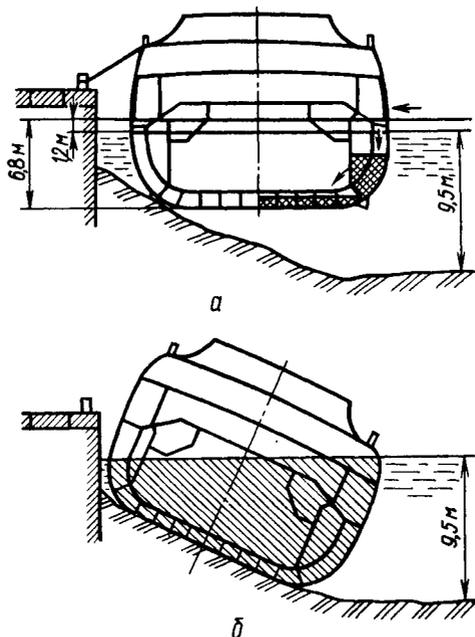


Рис. 2.4. Авария броненосца «Орел»:

а — положение корабля в начале аварии; б — положение корабля, севшего на грунт

ным. Несмотря на наличие опоры скулы о грунт, судно получило крен на левый борт $1,5^\circ$. Для предотвращения нарастания крена откачали балласт из между-донных танков левого борта № 2, 3 и 6. По-видимому, это не компенсировало кренящий момент от принятого на левый борт угля, так как крен не уменьшился, но существенно снизило остойчивость парохода. Поэтому при перешвартовке его правым бортом к причалу, как только скула в кормовой части сошла с бровки грунта, судно резко накренилось до 20° на левый борт. Иллюминаторы оставались открытыми.

Расстояние от нижней кромки лац-портов до воды составляло около 1,5 м. При крене они вошли в воду, которая хлынула в угольные ямы, машинно-котельное отделение и жилые помещения. Через незаглушенные отверстия в водонепроницаемых переборках вода из машинно-котельного отделения проникла в трюмы № 2 и 3, а через незадраенную клинкетную дверь в туннель гребного вала. Приняв большое количество воды, судно с креном 15° село на грунт на расстоянии 4 м от причала.

Особенно опасно пренебрежение мерами по поддержанию остойчивости корабля и обеспечению водонепроницаемости корпуса при выводе корабля из дока. Это объясняется двумя причинами: во-первых, при одновременном отрыве всплывшего в доке корабля от всех кильблоков (например, при наличии дифферента) возникает опорная реакция, уменьшающая остойчивость, во-вторых, при отрыве от кильблоков и клеток на корабль может внезапно подействовать кренящий момент, вызванный несимметричностью нагрузки корабля относительно ДП. Оба эти обстоятельства могут быть следствием неправильного приема и расходования грузов во время стоянки корабля в доке. Известным примером тяжелых последствий всей совокупности указанных выше нарушений требований безопасности может служить авария вспомогательного крейсера «Кубань» (до 1904 г. это был довольно старый пассажирский пароход «Виктория-Луиза»). Для окраски подводной части корабль был введен в один из доков Либавского порта. Стоянкой в доке воспользовались для окраски угольных ям, во время которой все лац-порты, прорезанные в надводном борту для погрузки угля, и горловины ям были открыты для лучшего их проветривания.

По окончании доковых работ перед выводом крейсера из дока никто не позаботился о том, чтобы лац-порты закрыть, хотя не исключена была возможность возникновения крена при всплытии из-за расходования угля во время стоянки в доке только с одного борта*. Такие случаи, кстати, уже бывали прежде, о чем было объявлено соответствующим циркуляром, в

* Поперечная метацентрическая высота крейсера составляла около 0,45 м. Достаточно было израсходовать с одного борта 35 т угля, чтобы он получил статический крен в 3° .

котором указывались и необходимые меры предосторожности. Однако, как пишет А. Н. Крылов, циркуляр был давно забыт, а сознания того, что корабль с открытыми лац-портами имеет лишь самый ничтожный запас плавучести и остойчивости, не было ни у главного портового инженера, ни у командира, ни у старшего офицера крейсера.

Когда при заполнении дока корабль отделился от кильблоков, он начал быстро крениться. Крен достиг $5-6^\circ$, нижняя кромка лац-портов ушла под воду, и вода начала заливать угольные ямы. Так как при динамическом наклонении первый размах примерно вдвое больше статического крена, то крейсер, может, и спрямился бы до крена около 3° , при котором лац-порты уже не черпали воду, но спрямлению помешала своевременно не убранная распора. Вода залила в несколько секунд угольные ямы, через их нижние горловины затопила котельное отделение, а затем через открытые двери и машинное отделение. Крейсер лег верхней кромкой борта на стенку дока, соскользнул с кильблоков и затонул в доке с креном около 30° .

При весьма сходных обстоятельствах за четыре года перед этим в 1900 г. в Англии при выводе из Пемброкского дока затонула в доке с креном около 25° королевская яхта «Виктория и Альберт». Аналогичные аварии неоднократно происходили и позже. Важнейшим организационно-техническим мероприятием по обеспечению непотопляемости является не только поддержание непроницаемости надводного борта и открытой палубы, но и выполнение того же требования в отношении переборок, внутренних палуб, платформ и второго дна. Об этом свидетельствуют многочисленные случаи аварий и гибели кораблей, в том числе рассмотренные выше. Это относится в первую очередь к гибели броненосца «Гангут», лайнера «Титаник», линейного корабля «Одахиус» и авианосца «Синано».

Например, при навигационной аварии, приведшей к гибели «Гангута» (1897 г.), корабль получил пробину только в обшивке днища, не повредив второго дна. Понятно, что, если бы на корабле надлежащим образом следили за водонепроницаемостью второго дна, последствия аварии ограничились бы затоплением одного междудонного отсека, совершенно безопас-

ным для броненосца*. Но во втором дне, как раз в этом междудонном отсеке, была не задраена одна из горловин, и вода начала поступать в котельное отделение. Хотя «молодцы кочегары», как их назвал А. Н. Крылов, работая по пояс в воде, задраили горловину, но не смогли этого сделать плотно, и вода продолжала поступать. Дальнейшее распространение воды по кораблю, приведшее к его гибели, также в значительной мере было обусловлено неудовлетворительной водонепроницаемостью переборок и палуб.

Основоположник учения о живучести корабля С. О. Макаров, резко критикуя пренебрежение к обеспечению непотопляемости в царском флоте его времени, писал: «Пока еще не заметно, чтобы на переборки было обращено должное внимание, и на большей части судов, которые нам приходилось видеть, эта часть неисправна как в конструктивном отношении, так и в отношении содержания. Не следует удивляться, если корабли тонут по получении пробоины, надо удивляться, если они в этих условиях не тонут. В мирное время исправность переборок весьма важна, а в военное время она до крайности необходима, и тот, кто зажмуривается в мирное время, чтобы не видеть неисправностей своих переборок, пусть хоть перед войной откроет свои глаза. Будет поздно делать открытия, когда начнет корабль погружаться в воду».

Характерным примером снижения непотопляемости в результате нарушения требований к поддержанию водонепроницаемости переборок и палуб может служить гибель линейных кораблей американского флота (из восьми четыре затонули, один выбросился на мель, три получили тяжелые повреждения, рис. 2.5) 7 декабря 1941 г. в Пёрл-Харборе (Гавайские острова) при налете японской авиации.

Одной из причин, ускоривших гибель кораблей, явилась их полная неподготовленность к отражению нападения. В частности, на ряде линейных кораблей непосредственно перед воздушным налетом в порядке подготовки к воскресному осмотру были открыты почти все водонепроницаемые двери и люки, хотя

* Как уже отмечалось, с такого рода повреждением пароход «Грейт Истерн», имея второе дно непроницаемым, пересек Атлантический океан, даже не подмочив груза.

возможность внезапного нападения с воздуха, вообще, предусматривалась, поскольку часть зенитных средств кораблей находилась в повышенной готовности. С началом воздушной атаки ряд кораблей получил тяжелые повреждения прежде, чем водонепроницаемые затворы были задраены. Это серьезно ухудшило состояние кораблей и ускорило их гибель.

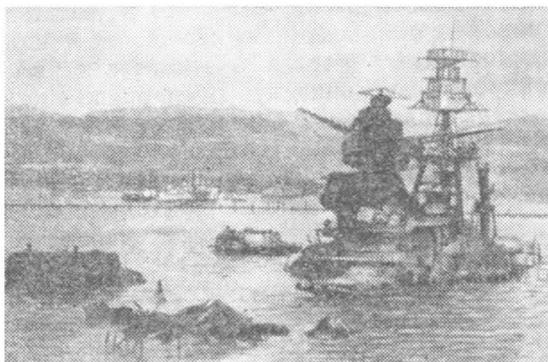


Рис. 2.5. Американский линкор «Аризона», потопленный японской авиацией в Пёрл-Харборе 7 декабря 1941 г.

С этой же точки зрения поучителен также пример гибели немецкого миноносца «Т-3» (построен в 1939 г., водоизмещение 1130 т). 15 сентября 1940 г. стоявший на якоре в Гаврском порту (Франция) миноносец был атакован английским самолетом. Одна из сброшенных авиабомб попала в корму, а две другие взорвались в воде у борта, повредив его обшивку. В результате повреждений было затоплено несколько отсеков и корабль получил значительный крен на правый борт. В воду вошла часть палубы.

Так как миноносец не был подготовлен к бою и почти все люки на верхней палубе оставались открытыми, то это привело к затоплению через них ряда неповрежденных отсеков. Вода быстро распространилась по кораблю, и через 15 мин после налета он затонул.

Начиная с А. Н. Крылова, все авторы курсов по теории корабля подчеркивают важность обеспечения водонепроницаемости надводного борта и палуб для

сохранения кораблем плавучести и остойчивости. Во всех руководящих документах по морской практике и организации службы на кораблях и судах содержатся соответствующие требования, обязательные для корабельного состава. И все же выполнению их не всегда уделяется должное внимание.

Множество однотипных аварий свидетельствует о совершенно недостаточном учете их опыта, а также о неправильном отношении к выполнению некоторых правил службы на корабле, которые зачастую рассматриваются как излишние и формальные, тогда как они выработаны вековой практикой и любое из них можно подтвердить примерами повреждений, а иногда и гибели кораблей, последовавшими в результате нарушения этих правил.

Соблюдение требований по поддержанию водонепроницаемости необходимо не только в условиях морского похода или боя, но и во все остальное время эксплуатации корабля. Целый ряд примеров показывает, что из-за невыполнения этих требований многие корабли терпели бедствие или погибали в самых обычных условиях: при стоянке у стенки в порту, при буксировке в пределах порта и т. п. К таким случаям относятся описанные выше аварии крейсера «Кубань» в Либавском доке, броненосца «Орел» у стенки Кронштадтского порта, парохода «Аваре» в Гамбургском порту и парохода «Белоостров» в Одесском порту.

Казалось бы, вполне достаточно примеров аварий «Гангута», вышедшего в море с незадраенными горловинами второго дна, «Русалки», также отправившейся в плавание без прочных крышек на палубных люках, «Кубани», затонувшей в доке из-за открытых лац-портов и других нарушений требований безопасности, «Орла», затонувшего у стенки из-за нарушений непроницаемости корпуса и отсутствия наблюдений за швартовыми, чтобы подобные случаи больше не повторялись. Однако, к сожалению, они повторяются, т. е. прежний опыт еще учитывается недостаточно. Об этом свидетельствуют, в частности, следующие примеры.

В январе 1948 г. в Таллинском порту погибло судно-отопитель, обслуживавшее группу кораблей. В процессе бункеровки из-за скопления большого количества угля в кормовой части верхней палубы отопи-

тёль получил значительный дифферент, при котором, однако, высота надводного борта в корме осталась еще не менее 0,5 м. Для выравнивания дифферента стали принимать уголь на носовую часть палубы, но, к общему удивлению, дифферент на корму продолжал возрастать. Только тогда обнаружили, что кормовые помещения судна затапливаются через ушедший при дифференте под воду незадраенный иллюминатор. Собственные водоотливные средства отопителя справиться с поступлением воды не могли, а помощь с берега и стоявших вблизи кораблей своевременно не подоспела из-за трудностей подхода в ледовых условиях. Судно затонуло в гавани от потери плавучести.

Лесовоз «Миرونч» (водоизмещение 5280 т) в конце 1946 г. был снят с камней у о. Хиумаа (Даго) и отбуксирован в Таллинн. В Таллинском порту лесовоз был отремонтирован в доке, причем непроницаемость междудонных отсеков проверялась струей воды из пожарной магистрали. Однако через несколько часов после вывода из дока судно получило значительный крен и в его трюмах было замечено скопление воды. Прибывшей на лесовоз аварийно-спасательной группой было обнаружено, что причиной крена явилось затопление ряда междудонных цистерн правого борта, водотечность которых не была обнаружена при испытании, по-видимому, из-за сильного мороза, вызвавшего замерзание воды в мелких неплотностях днища. После спуска лесовоза на воду ледяные «уплотнения» растаяли, и корабль получил течь.

Опасное состояние судна усугублялось тем обстоятельством, что все крышки горловин второго дна при выводе из дока оставили открытыми, в беспорядке разбросанными по настилу второго дна. Вода выступила из поврежденных цистерн на настил трюма и начала затапливать сверху через открытые горловины другие (неповрежденные) цистерны. Крен судна достиг 14° и продолжал нарастать. С большим трудом угроза опрокидывания лесовоза была ликвидирована закрытием горловин во втором дне и осушением трюма и неповрежденных цистерн. Окончательная ликвидация водотечности чрезвычайно затруднялась опять-таки сильными морозами, вызвавшими скопление льда в поврежденных отсеках.

Одной из тяжелейших аварий последнего времени явилась гибель в ночь на 31 августа 1986 г. на выходе из Новороссийска пассажирского парохода «Адмирал Нахимов» (водоизмещение около 23 000 т), последовавшая после столкновения с сухогрузом «Петр Васев» (водоизмещение около 40 000 т, на борту было 29 000 т зерна).

Таранный удар сухогруза в правый борт вызвал большие разрушения корпуса «Адмирала Нахимова», на котором сразу же была выведена из строя энергетическая установка, погас свет, и судно за 7—8 мин, кренясь на правый борт, затонуло, что привело к многочисленным жертвам (из 1398 человек погибло 423). «Петр Васев» существенных повреждений не получил.

Причиной аварии явилась преступная халатность капитанов обоих судов, в чем просматривается известная аналогия со столкновением лайнера «Андреа Дориа» с лайнером «Стокгольм». Вместе с тем особо тяжелые последствия столкновения объясняются неудовлетворительным техническим состоянием парохода «Адмирал Нахимов». Построенный в 1926 г., этот восьмипалубный пароход до конца второй мировой войны входил в состав немецкого флота под названием «Берлин». Был затоплен на Балтике в районе Свиноуйсьце (Свиноуйсьце). Поднят в 1947 г., восстановлен и с начала 50-х годов плавал на Черном море под советским флагом.

К моменту аварии судну было уже 60 лет. Несмотря на неоднократные ремонты, корпус судна и его механизмы были сильно изношены. Многочисленные неисправности были замечены при последнем доковании в Болгарии, в том числе негерметичность ряда водонепроницаемых затворов дверей и люков, неисправности дизель-генераторов. Однако серьезно внимания на это обращено не было, поскольку судно в ближайшее время подлежало списанию.

Есть основания полагать, что в момент столкновения на пароходе не были приняты необходимые меры безопасности, такие, как задривание иллюминаторов, дверей и люков в переборках и палубах. Это заключение базируется на личных впечатлениях автора, плававшего однажды пассажиром на этом пароходе и неоднократно наблюдавшего, в каком состоянии он отправляется в рейс. Не были приняты допол-

нительные меры по герметизации корпуса непосредственно в момент аварии, поскольку сигнал аварийной тревоги ни перед столкновением, ни сразу после него на пароходе подан не был.

При отсутствии указанных неисправностей аварийное судно при полученном повреждении, по крайней мере, дольше продержалось бы на плаву, что привело бы к резкому уменьшению числа жертв. (Число погибших было бы также значительно меньшим, если бы находившийся непосредственно в районе аварии сухогруз «Петр Васев» принял активные меры по спасению плавающих на воде людей. Пассивность в спасении утопавших усугубила вину капитана этого судна.)

Важным организационно-техническим мероприятием по обеспечению непотопляемости корабля является систематическое наблюдение за состоянием наружной обшивки, второго дна, палуб, платформ, водонепроницаемых переборок, водонепроницаемых закрытий и сальниковых уплотнений. **Категорически запрещается** сверление и прорубание водонепроницаемых переборок и палуб без специального на то разрешения высших технических органов флота. Все конструкции корпуса должны планомерно и в установленные сроки окрашиваться. Трюмы должны быть сухими и чистыми. Систематически должен проверяться износ корпусных конструкций, причиной которого главным образом является коррозия. Изношенные конструкции подлежат замене при текущем или среднем ремонте.

В процессе эксплуатации корабля часто нарушается водонепроницаемость различного рода затворов и уплотнений. Поэтому особое внимание должно быть уделено исправности дверей, люков, горловин, иллюминаторов, вентиляционных каналов, а также сальников и уплотнительных коробок электрокабелей. Неукоснительно должны выполняться установленные требования к задриванию дверей, люков и горловин.

Несоблюдение указанных требований по поддержанию в исправности всех водонепроницаемых закрытий и уплотнений может существенно снижать непотопляемость корабля, усугубляя вредные последствия аварий, а в ряде случаев может служить и непосредственной их причиной.

Так, в ноябре 1954 г. через 3 ч после выхода в

рейс парохода «Горловка» на нем во время шторма была обнаружена сильная течь дейдвудного сальника. Сальник был выжат до упора, однако поступление воды не уменьшилось.

Из-за загрязнения трюма машинно-котельного отделения шлаком, мелким углем и мусором забило приемные сетки водоотливной системы, и она не справлялась с откачкой воды. Уровень воды поднялся до мотылевых подшипников машины. Они стали греться, так что пришлось сбавить обороты машины, а затем и остановить ее. Только с помощью опущенной в машинное отделение мотопомпы удалось снизить уровень воды и тем спасти пароход от гибели. Через 15 ч после обнаружения течи была пущена машина, и судно возвратилось в порт.

При сходных обстоятельствах 10 марта 1947 г. в Рижском заливе погиб ледокол «Алеша Попович». Износ дейдвудного подшипника вызывал на ходу сильную вибрацию гребного вала, следствием чего была большая водотечность дейдвудного сальника. При этом вода поступала непосредственно в машинное отделение судна, откуда ее непрерывно удаляли стационарными судовыми водоотливными средствами.

Тяжелая ледовая обстановка вынуждала интенсивно использовать неисправный ледокол для проводки транспортных судов, откладывая необходимый доковый ремонт. Итогом нарушения правил технической эксплуатации явилась катастрофа: на подходе к группе затертых льдами судов у ледокола обломился и выпал за борт вместе с винтом гребной вал; поступление воды через дейдвуд превысило производительность водоотливных средств, и ледокол затонул, уйдя под лед с большим дифферентом на корму*.

Результатом преступной халатности экипажа в эксплуатации судна явилась гибель вечером 6 марта 1987 г. при выходе из порта Зебрюгге английского парома «Геральд оф фри Энтерпрайз» (водоизмещение 7950 т). Вследствие негерметичности ворот га-

* Одной из причин гибели ледокола явился также недостаток конструктивного обеспечения непотопляемости — отсутствие водонепроницаемого туннеля гребного вала. Летом 1949 г. ледокол был поднят на понтонах с глубины около 50 м и впоследствии восстановлен.

ражного отсека сразу после выхода в море этот отсек был затоплен водой. Судно потеряло остойчивость и легло на борт, затонув в таком положении в 800 м от берега. Из 650 человек, находившихся на борту, несмотря на близость берега, погибло более 170.

Требования руководящих документов по поддержанию водонепроницаемости корпуса должны выполняться неукоснительно, но в то же время разумно и технически грамотно. Шаблонный подход в этом деле (как и во всяком другом) может привести к опасным последствиям. Примером этого служит гибель в 1927 г. в устье Северной Двины буксира «Сирена». Стремясь ограничить заливание палубы волнами, экипаж судна перед выходом из реки в море «старательно и прочно» (по данным обследования поднятого буксира) наглухо заделал штормовые портики в фальшборте. Эти заделки, разумеется, не предотвратили заливания палубы волнами, которые перекачивались через фальшборт, но перекрывали сток воды за борт. В результате на палубе скопилась большая высоко расположенная масса воды со свободной поверхностью, отчего судно потеряло остойчивость, опрокинулось и затонуло со всем экипажем. Более яркого примера «усердия не по разуму» трудно себе представить.

Важное значение для обеспечения непотопляемости имеет также поддержание в исправном состоянии и ряда других технических средств корабля. Во многих случаях неудовлетворительное их состояние являлось причиной тяжелых аварий, ставивших корабли и суда на грань гибели. Примером этого может служить авария теплохода «Ногин». В конце февраля 1955 г. это судно, находясь в открытом море, попало в жестокий шторм. Из-за халатности экипажа компрессоры, обслуживающие энергетическую установку, оказались в неисправном состоянии. Судно стало терять ход. Амплитуда бортовой качки возросла до 30°. Обрушивавшимися на палубу волнами сорвало брезенты с люков трюмов.

Избегая бортовой качки, теплоход развернули носом к волне, отчего скорость упала до 1 уз. Вскоре двигатель из-за перегрузки пришлось остановить. Потеряв ход, теплоход развернулся лагом к волне, погружаясь в воду по планширь и тяжело всходя на волну. Создалась угроза его гибели. Лишь через 6 ч

удалось частично устранить неисправность компрессоров, дать ход и уйти в порт-убежище.

Еще большее значение, чем для надводных кораблей, имеет непроницаемость корпуса для подводных лодок. Большинство их аварий в мирное время связано именно с нарушением водонепроницаемости корпуса по вине экипажа. В мае 1939 г. у Восточного побережья США на глубине 74 м затонула американская подводная лодка «Сквалус» из-за того, что при погружении остался незадраенным клапан подачи воздуха к дизелям. Авария «Сквалуса» получила широкую известность благодаря тому, что удалось спасти с помощью колокола 33 человека из 59.

1 июня 1939 г. в Ливерпульском заливе во время пробного погружения затонула новейшая английская подводная лодка «Тетис». Причиной гибели явилось нарушение водонепроницаемости прочного корпуса в результате необдуманного открытия торпедных аппаратов лейтенантом Вудсом. Из 103 человек спаслись только четверо, в том числе виновник ее гибели — лейтенант Вудс.

Не менее важно для обеспечения непотопляемости поддержание непроницаемости ЦГБ, что объясняется двумя причинами:

— запас плавучести подводной лодки мал и всякое его уменьшение за счет поступления воды в ЦГБ опасно;

— запас плавучести удифференцированной подводной лодки равен полной вместимости ЦГБ, так что затопление одних только ЦГБ без поступления воды в прочный корпус лишает подводную лодку запаса плавучести и ведет ее к гибели.

В связи с изложенным весьма опасна воздухопроницаемость бескингстонных ЦГБ, особенно в их верхних частях, вследствие чего воздушные подушки в этих ЦГБ могут стравливаться, лишая подводную лодку запаса плавучести.

§ 2.3. ПОДГОТОВКА ЭКИПАЖА И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ К БОРЬБЕ ЗА НЕПОТОПЛЯЕМОСТЬ

К мероприятиям, обеспечивающим готовность экипажа корабля и его технических средств к активной борьбе за непотопляемость, относятся:

— организация и подготовка экипажа к борьбе за непотопляемость;

— поддержание всех технических средств борьбы за непотопляемость в постоянной готовности к действию;

— снабжение командных пунктов необходимой технической документацией по борьбе за непотопляемость.

Правильная организация экипажа по борьбе за непотопляемость предусматривает:

— участие всего личного состава корабля;

— знание каждым членом экипажа своих задач и умение выполнять все работы, связанные с борьбой за непотопляемость;

— централизованное руководство;

— самостоятельные и инициативные действия каждого на боевом посту в пределах поставленных перед ним задач;

— систематическую передачу по команде информации о действиях каждого боевого поста и об аварийной обстановке;

— надежную связь боевых постов с командными пунктами, руководящими борьбой за непотопляемость.

Подготовка личного состава к борьбе за непотопляемость должна вестись систематически и планомерно в соответствии с общими научными принципами обучения и воспитания на основе специально разработанных правил и программ. Она должна быть доведена до высокой степени совершенства, чтобы все действия в тяжелейших аварийных условиях (в темноте, при наличии крена и дифферента, в случае поступления воды в помещение, пожаров, а также при всех видах боевого воздействия противника) выполнялись точно, быстро и умело, в полном соответствии с руководствами, правилами и инструкциями.

Важнейшую роль в этом играют практическая направленность обучения и натренированность личного состава. Основатель учения о непотопляемости С. О. Макаров указывал: «Люди, не практиковавшиеся в деле, действительно не могут принять мер; если же люди практикуются, то в критическую минуту они в состоянии с необычайной быстротой сделать весьма многое... Надо, чтобы люди могли видеть пробонну так, как она есть; видели, каким образом вода бьет

через пробойну и заполняет отделения; видели, с какими трудностями сопряжено запираание дверей, когда упущен первый момент, и вообще, чтобы они видели и своими руками проделывали все то, что приходится видеть и проделывать во время аварии». Возвращаясь к этому же вопросу, С. О. Макаров отмечал: «Если для таких простых упражнений, как парады, смотры и пр., человек, желающий, чтобы не было замешательств, позаботится сделать предварительную репетицию, то как же допустить, что в таких сложных явлениях, как повреждения в боях, можно обойтись без всяких репетиций и без всяких опытов повреждений».

Борьба за непотопляемость корабля требует от его экипажа огромного напряжения физических и моральных сил, а часто и готовности к самопожертвованию. Поэтому наряду со специальной технической подготовкой личного состава первоочередное внимание должно быть уделено его морально-психологической подготовке.

Ее основу составляет воспитание у всего личного состава корабля марксистско-ленинской идейной убежденности и высоких морально-политических качеств, а главную цель — создание на этой базе эмоционально-волевой устойчивости в опасных аварийных ситуациях, под которой понимается способность управлять своими эмоциями, сохранять высокую профессиональную работоспособность, выполнять сложные и опасные действия без сковывающей напряженности.

Оказавшись в опасной обстановке, моряк должен уметь трезво оценить ее и принять правильное решение в интересах общего дела, а не самосохранения. В связи с этим знаменитый русский педагог К. Д. Ушинский писал: «Моряк до того должен проникнуться чувством долга и повиновения, чтобы, стоя на краю гибели, он не позабыл своей обязанности, чтобы страшный ледяной взгляд близкой неминуемой смерти не мог ни на минуту потемнить его рассудок, ослабить верность его взора или энергии его мускулов».

Подчеркивая, что для советских моряков основой эмоционально-волевой устойчивости в аварийных ситуациях является именно их идейно-политическая убежденность, высокие принципы коммунистической морали, чувство коллективизма, боевого товарищества,

Герой Советского Союза контр-адмирал И. А. Колышкин так писал о подвигах моряков-подводников в борьбе за живучесть в годы Великой Отечественной войны: «Эти подвиги... были начисто лишены честолюбивых мотивов, заботы о славе. Это были не подвиги отчаяния, продиктованные чувством самосохранения. Конечно, моряки боролись за свою жизнь, которая зависит от жизни всего корабля. Но не это было главным мотивом. Люди испытывали больший риск по сравнению с другими. И делалось это ради других. Делалось обдуманно, расчетливо, с величайшим самообладанием, так, чтобы взять на себя основную часть опасности и снять ее с товарищей, с корабля».

Процессы обучения и воспитания неотделимы друг от друга, поэтому приобретение высоких профессионально-технических знаний и навыков, а также выработка надлежащей эмоционально-психологической устойчивости наилучшим образом достигаются в ходе аварийных учений и тренировок в условиях, максимально приближенных к фактическим, в специальных отсеках живучести и на специально оборудованных учебно-тренировочных станциях (УТС). Идея такого метода подготовки, нашедшего широкое применение в ВМФ СССР, была выдвинута в 1896 г. С. О. Макаровым, который писал: «Я предлагаю, чтобы для обучения... всему необходимому по части непотопляемости был приспособлен специальный водяной корабль, у которого на борту должно быть сделано несколько пробоин... Команды с других судов должны посылаться на этот корабль для упражнений».

Подчеркивая важность сочетания специальной и морально-психологической подготовки личного состава, С. О. Макаров замечал: «Человек создан так, что он пойдет на верную смерть, когда опасность ему знакома, но его пугает даже шум трюмной воды, если он к нему не привык. Приучите людей к этому шуму, и они будут бороться с пробоиной до последней крайности».

Непременным условием готовности экипажа к борьбе за непотопляемость является отличное знание своего корабля, средств и способов борьбы за непотопляемость. Для руководителей борьбы за непотопляемость совершенно необходимо, кроме того, в со-

в совершенстве знать основные мореходные качества своего корабля, возможные их изменения при получении различных повреждений, степень опасности этих повреждений и действенность различных мер борьбы за непотопляемость корабля.

Все эти знания, а также навыки в использовании различных методов спрямления поврежденного корабля и восстановления его остойчивости должны накапливаться в течение всего периода службы на корабле (при изучении документации, на учениях и в процессе наблюдений за поведением корабля в условиях плавания).

Для полноценного руководства борьбой за непотопляемость командный состав электромеханической части должен в совершенстве знать документацию по непотопляемости корабля, уметь правильно оценивать состояние корабля при тяжелых повреждениях его и принять эффективные меры, обеспечивающие непотопляемость корабля, его ход, управляемость и использование оружия. Все типовые случаи наиболее вероятных и вместе с тем опасных повреждений, связанные со значительной потерей остойчивости, запаса плавучести, должны быть заблаговременно изучены руководящим командным составом корабля, в первую очередь командным составом электромеханической части, а отдельные варианты борьбы с такими повреждениями отработаны в процессе боевой подготовки.

Основными путями изучения конкретных характеристик и особенностей непотопляемости своего корабля являются:

- изучение корабельной документации по непотопляемости, в частности примеров опасных повреждений, приведенных в ней;
- выполнение учебных расчетов непотопляемости с помощью корабельной документации;
- анализ поведения поврежденного корабля на плавающих моделях.

Регулярное выполнение учебных расчетов непотопляемости руководящим командным составом корабля и электромеханической части предписывается специальными руководствами и правилами в следующих целях:

- для закрепления знаний общетеоретических основ непотопляемости;

— для изучения непотопляемости своего корабля, ее количественных характеристик и особенностей.

Приобретение навыков в расчетах посадки и остойчивости поврежденного корабля необходимо также на случай подготовки расчетных данных для учений по непотопляемости корабля, особенно при фактическом затоплении отсеков с учебными целями. Как исключение (при необходимости и возможности), такие расчеты могут служить для решения фактических аварийных задач.

Для наглядного представления состояния поврежденного корабля целесообразно воспроизводить аналогичные аварийные ситуации на плавающих моделях кораблей. Вместе с тем сопоставление посадки и остойчивости модели с результатами расчетов для тех же вариантов повреждений позволит правильно оценить точность и пределы применимости расчетов по принятым приближенным методам.

Навыки в решении практических задач восстановления остойчивости и спрямления поврежденного корабля приобретаются тренировками командного состава по соответствующей боевой корабельной документации, которые наиболее эффективны в сочетании с использованием специальных тренажеров.

В качестве тренажеров по непотопляемости обычно используются маломасштабные плавающие модели конкретных кораблей, геометрически подобные им по наружным обводам и внутреннему делению на отсеки.

Как и большинство других важных идей в области непотопляемости, идея широкого использования плавающих моделей кораблей в подготовке к борьбе за непотопляемость впервые была высказана С. О. Макаровым, который в 1896 г. предложил одновременно с проектированием корабля строить его модель (в масштабе около 1:50). По мысли С. О. Макарова, такая модель «...впоследствии пригодится служащим на корабле, куда она передается для изучения качеств его по отношению к непотопляемости». Основанием к указанным предложениям С. О. Макарова послужили проведенные им лично в 1894 г. опыты с моделью английского броненосца «Виктория», в ходе которых были выявлены как основные причины его опрокидывания, так и реальные возмож-

ности предотвращения гибели корабля контрзатоплением (намеренным затоплением) кормовых отсеков.

Идея С. О. Макарова нашла широкое применение в нашем флоте. При этом заслуживает особого внимания инициатива Б. Я. Гуза и П. П. Боженко, которые в 1956—1967 гг. разработали удачные конструкции тренажеров по непотопляемости.

Тренажеры на базе плавающих моделей. В качестве тренажеров используют маломасштабные (линейный масштаб от 1 : 20 до 1 : 50) плавающие модели, геометрически подобные натурным кораблям. Модели металлические, из тонкой листовой латуни (впоследствии изготавливались также из органического стекла). С помощью специальных грузов обеспечивается подобие моделей натурным кораблям по нагрузке и коэффициентам проницаемости отсеков.

Для дополнительных изменений нагрузки модели в целях изменения остойчивости и посадки (в частности, для создания крена и дифферента) служит твердый балласт, укладываемый внутрь корпуса, а также грузовая мачта с крестовиной и двумя крен-грузами на ней. Грузы могут перемещаться по крестовине, а крестовина с грузами может перемещаться по мачте. Оконечности модели съемные, что позволяет имитировать их отрыв.

Из каждого отсека на открытую палубу модели выведена трубка, закрываемая сверху резиновой пробкой. Трубки могут быть использованы для заполнения отсеков водой или их осушения. Они служат также для выхода воздуха из отсеков при затоплении их через забортные отверстия, снабженные винтовыми пробками.

Для замера посадки модель имеет штатные марки осадок (носовые, средние и кормовые), а также маятниковый кренометр, позволяющий замерять крен с точностью до 0,1—0,2°. Кроме того, для более точного измерения дифферента и нахождения положения диаметрального следа ватерлинии предусмотрена установка в ДП модели перед форштевнем и позади ахтерштевня съемных марок осадок.

Модель снабжена съемным оборудованием, позволяющим проводить ее кренование переносом шести групп крен-балласта с замером углов крена инклинографом и весками.

Тренажеры по непотопляемости на базе ЭВМ.

Развитие современной вычислительной техники позволяет при создании тренажеров по непотопляемости переходить от механического к электронному моделированию аварийного корабля и мер по борьбе за его непотопляемость. Главной частью таких тренажеров может служить любая быстродействующая ЭВМ, приспособленная к решению задач непотопляемости.

После ввода в ЭВМ исходной информации о состоянии корабля до повреждения и о составе и характере затопления тренажер выдает данные о посадке и остойчивости поврежденного корабля, а после дополнительного ввода информации о мероприятиях по борьбе за непотопляемость — аналогичные данные о посадке и остойчивости корабля, измененных в результате выполнения этих мероприятий. Использование ЭВМ освобождает обучающегося на тренажере от необходимости сложных расчетов, а ее быстродействие позволяет за короткий срок проанализировать эффективность ряда вариантов борьбы за непотопляемость.

В качестве тренажеров могут служить также корабельные ЭВМ, специализированные для расчетов непотопляемости.

Использование тренажеров указанных типов не исключает самого широкого применения в учебно-тренировочных целях плавающих моделей, безусловным и неотъемлемым преимуществом которых является большая наглядность.

Использование тренажеров по непотопляемости для решения фактических аварийных задач. Независимо от их конструкций тренажеры по непотопляемости нужно использовать для решения фактических аварийных задач, подбирая с их помощью эффективные меры борьбы за непотопляемость. При наличии надежной связи с аварийным кораблем в указанных целях могут использоваться тренажеры берегового базирования.

Примером этого служит спасение траулера «Славск» (водоизмещение около 3200 т), поврежденного при столкновении 11 июня 1972 г. в Юго-Восточной Атлантике. Были затоплены машинное отделение, туннель гребного вала, вода фильтровалась в рыбцах, что ставило судно в критические положения.

На основе полученной по радио информации аварийная ситуация была воспроизведена и проанализирована на модели траулера в лаборатории теории корабля Калининградского технического института под руководством профессора Н. Б. Севастьянова. Руководствуясь переданными на судно рекомендациями, экипаж «Славска» успешно справился с аварией. Траулер был отбуксирован в порт-убежище, где пробоину заделали.

Глава 3

БОРЬБА ЗА НЕПОТОПЛЯЕМОСТЬ

§ 3.1. ЦЕЛИ И СОДЕРЖАНИЕ БОРЬБЫ ЗА НЕПОТОПЛЯЕМОСТЬ

3.1.1. Цели борьбы за непотопляемость

Под борьбой за непотопляемость понимается совокупность действий личного состава, направленных на поддержание и восстановление плавучести и остойчивости поврежденного корабля, а также на приведение его в положение, обеспечивающее ход, управляемость и использование оружия (у военных кораблей). Борьба за непотопляемость — важнейшая составная часть борьбы за живучесть корабля.

С точки зрения влияния на непотопляемость возможные повреждения корабля можно разделить на три группы:

1) большие пробоины в подводной части корабля, ведущие к быстрому (в течение нескольких секунд или минут) затоплению отсеков;

2) мелкие нарушения водонепроницаемости, через которые в результате фильтрации происходит медленное распространение воды по отсекам корабля (сюда же относятся повреждения корабельных водопроводов, например пожарной магистрали, ведущие к медленному затоплению неповрежденных отсеков);

3) нарушения водонепроницаемости корпуса корабля (включая внутренние палубы и переборки) в его надводной части.

Следует заметить, что такая классификация весьма схематична, так как между повреждениями указанных групп может не быть резко выраженного различия.

Непосредственные результаты повреждений первой группы зависят только от конструктивных особенностей корабля и его состояния до повреждения, с одной стороны, и характера самих повреждений — с другой стороны. Таким образом, они не зависят от действий личного состава, если, разумеется, им были выполнены соответствующие предупредительные организационно-технические мероприятия по обеспечению непотопляемости.

Если затопляемый объем отсеков, имеющих повреждения первой группы, превышает запас плавучести или от затопления этих отсеков корабль теряет остойчивость, неизбежна его гибель в первом случае от потери плавучести, а во втором — в результате опрокидывания, прежде чем личный состав успеет принять какие-либо меры к его спасению. Примером этого может служить гибель броненосца «Петропавловск» в 1904 г. от подрыва на минах, сопровождавшегося детонацией боезапаса в погребах, когда никаких мер к спасению корабля принять было невозможно, или гибель в том же году японского броненосца «Хатцусе», подорвавшегося на русских минах у Порт-Артура.

Другими примерами могут служить случаи почти мгновенной гибели в Ютландском бою (1916 г.) английских линейных крейсеров «Куин Мери», «Индифейтигэбл», «Инвинсибл» и броненосного крейсера «Дифенс» от артиллерийских попаданий, вызвавших взрывы боезапаса в погребах, а также гибели от внутренних (по-видимому, диверсионных) взрывов итальянского линейного корабля «Леонардо да Винчи» в порту Таранто и русского линейного корабля «Императрица Мария» в Севастополе (оба погибли в 1916 г.).

28 сентября 1915 г. в Финском заливе почти мгновенно (за 1—2 мин) погиб крейсер «Паллада» (водоизмещение 7955 т), торпедированный немецкой подводной лодкой. Когда рассеялся поднятый взрывом столб дыма и пара, с шедшего в кильватер «Палладе» крейсера «Баян» увидели лишь плавающие на воде обломки. Так же мгновенно погиб 24 мая 1941 г. при взрыве погребов боезапаса во время артиллерийского боя с «Бисмарком» английский линейный крейсер «Худ».

Через несколько минут после повреждений опрокинулись и затонули во время второй мировой войны

пораженные торпедами английские линейный корабль «Ройял Оук» (через 24 мин) и линейный крейсер «Рипалс» (через 15 мин) *.

При меньшем объеме отсеков, затапливаемых в результате повреждений первой группы, или меньшей потере остойчивости в результате этих повреждений корабль останется на плаву со средней осадкой, превышающей начальную, и с некоторым креном и дифферентом. Принятое поврежденным кораблем новое, в общем случае наклонное положение является устойчивым положением равновесия. По определению А. Н. Крылова, корабль может в этом случае продержаться на воде «неопределенно долгое время».

Действительно, гибель корабля, не затонувшего сразу после повреждения, может быть вызвана лишь следующими причинами:

— продолжающимся распространением воды по кораблю, обусловленным наличием повреждений второй группы (фильтрацией);

— ухудшением гидрометеорологической обстановки (ветер, волнение, обмерзание);

— дополнительными (вторичными) повреждениями или какими-либо иными дополнительными внешними воздействиями (в том числе и вызванными неправильными действиями экипажа).

Во всех случаях опасность состояния корабля усугубляется наличием повреждений третьей группы (надводных).

Сущность борьбы за непотопляемость состоит именно в том, чтобы предотвратить гибель от потери плавучести или остойчивости корабля, не затонувшего сразу (за несколько секунд или минут после получения повреждения), и по возможности восстановить его плавучесть, остойчивость и другие мореходные и боевые качества, ухудшившиеся в результате частичной потери запаса плавучести и остойчивости.

3.1.2. Общие принципы и основные элементы борьбы за непотопляемость

Основные организационные принципы борьбы за непотопляемость следующие:

* В ряде случаев тяжелые повреждения приводят к быстрой гибели корабля вследствие невыполнения организационно-технического обеспечения непотопляемости (при открытых иллюминаторах, незадраенных дверях, люках и горловинах).

— Максимально возможная централизация руководства в сочетании с инициативными и решительными действиями личного состава на боевых постах;

— концентрация сил и средств на главном угрожаемом участке при одновременном ведении борьбы за непотопляемость на всех остальных участках.

Очевидно, что наибольшую угрозу гибели корабля, сохранившего непотопляемость в первый момент после повреждения, представляет дальнейшее распространение по нему воды (главным образом через повреждения второй группы), а также вход в воду повреждений третьей группы. Поэтому во всех случаях первоочередными задачами в борьбе за непотопляемость являются выполнение мероприятий по прекращению распространения воды по кораблю, восстановление и поддержание непроницаемости и прочности переборок и палуб, заделка надводных пробоин.

Все эти мероприятия объединяют под названием борьбы с водой.

Чрезвычайная важность заделки надводных пробоин объясняется тем, что всякое нарушение непроницаемости надводного борта и открытой палубы ведет к уменьшению как запаса плавучести, так и запаса остойчивости. Это видно из сравнения (рис. 3.1) диаграмм $m_0(\Theta)$ и $m_{01}(\Theta)$, относящихся соответственно к кораблю с непроницаемым надводным бортом и к кораблю с нарушенной непроницаемостью выше нижней палубы (сохранившей непроницаемость).

К борьбе с водой относят также откачку фильтрационной воды и водоотлив из отсеков с заделанными пробоинами*. При этом ни в коем случае не следует тратить время и силы личного состава на бесплодные попытки удаления воды из затопленных отсеков, имеющих большие пробоины (повреждения первой группы), и на попытки заделки больших подводных пробоин в условиях боя. Наоборот, удаление фильтрационной воды, особенно из высоко расположенных отсеков и других отсеков с большими свободными поверхностями воды, должно рассматриваться в каче-

* Выполнение мероприятий по удалению воды с корабля без предварительной оценки его состояния (прежде всего оценки знака его начальной остойчивости) иногда может привести к опасным последствиям.

стве первоочередной задачи личного состава как наиболее эффективное средство борьбы за сохранение поврежденным кораблем остойчивости.

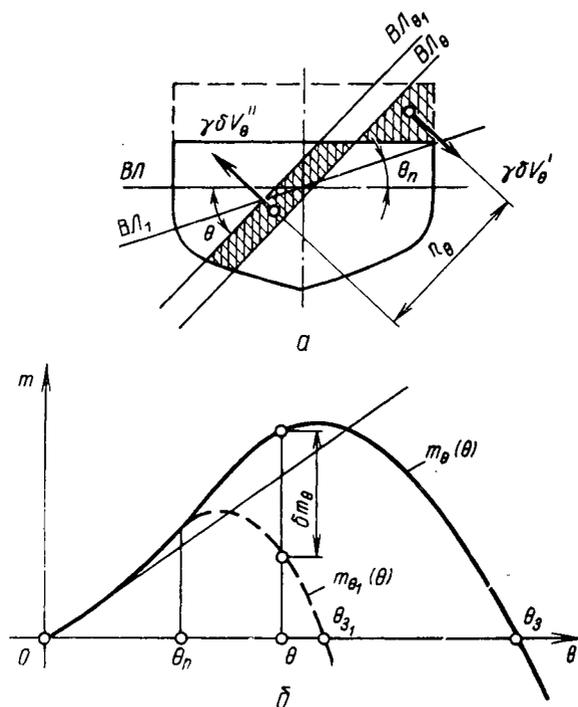


Рис. 3.1. Влияние на поперечную остойчивость нарушения непроницаемости надводного борта:

a — схема действующих сил; *b* — диаграмма поперечной статической остойчивости (сплошная линия — непроницаемый борт, штриховая — проницаемый надводный борт выше нижней палубы)

Личный состав начинает борьбу с водой сразу по обнаружении повреждений, не дожидаясь специальных приказаний. Основная задача централизованного руководства борьбой с водой состоит в определении главных направлений борьбы и рациональном распределении сил и средств.

При борьбе с прогрессирующим распространением воды обычно устанавливают две линии борьбы (обороны). Границы первой линии определяются

сложившейся аварийной обстановкой, а второй — на основании анализа возможных ее изменений и их последствий.

Как борьба с водой, так и другие действия в борьбе за непотопляемость требуют возможно более полной информации о состоянии поврежденного корабля. Поэтому выяснение состояния поврежденного корабля в целях оценки угрожающей кораблю опасности, возможностей улучшения его положения и выработки способов дальнейшей борьбы за непотопляемость также является первоочередной задачей экипажа.

Определение состояния поврежденного корабля включает:

- выяснение района повреждения и вызванного повреждением затопления отсеков;
- оценку сохранившегося запаса плавучести у поврежденного корабля;
- качественную оценку изменения остойчивости в результате повреждения, в частности, установление вероятности наличия у поврежденного корабля отрицательной начальной остойчивости;
- выяснение посадки корабля (крена, дифферента, средней осадки), а также минимальной высоты надводного борта (с указанием района его минимальной высоты);
- выявление надводных пробоин и определение их расстояний от поверхности воды;
- определение количества забортной воды, принятой кораблем в результате повреждения, и потери запаса плавучести.

Ввиду особой опасности для поврежденного корабля больших кренов и дифферентов, а также уменьшения остойчивости важнейшее место в борьбе за непотопляемость занимают спрямление поврежденного корабля (ликвидация или уменьшение крена и дифферента), восстановление и поддержание его остойчивости.

Указанные две группы мероприятий тесно связаны между собой, поскольку увеличение остойчивости одновременно ведет к уменьшению крена и дифферента, а спрямление может служить действенным средством увеличения запаса остойчивости. Поэтому мероприя-

тия обеих групп часто объединяют для краткости под общим названием спрямление (в широком смысле).

Действия по восстановлению остойчивости и спрямлению поврежденного корабля требуют централизованного руководства. Наоборот, действия по борьбе с водой требуют максимума инициативы от личного состава боевых постов и аварийных партий и должны предприниматься немедленно без всяких приказаний. Централизованное руководство борьбой с водой должно заключаться лишь в маневрировании наличными силами и в концентрации усилий на важнейших участках.

Особым вопросом борьбы за непотопляемость корабля является всемерное поддержание его боевой прочности. Как правило, восстановление первоначальной прочности корабля, получившего большие повреждения, корабельными средствами невозможно, поэтому главное внимание должно быть уделено предохранению корабля от опасных внешних воздействий (опасных изменений нагрузки от затопления и осушения отсеков, опасных с точки зрения прочности курсов и скоростей хода на взволнованном море и т. п.). Одновременно должны приниматься меры по ограничению распространения повреждений, а также по подкреплению и временному восстановлению разрушенных продольных связей накладными листами и сваркой.

§ 3.2. ЗАВИСИМОСТЬ ЦЕЛЕЙ И МЕТОДОВ СПРЯМЛЕНИЯ ОТ СОСТОЯНИЯ ПОВРЕЖДЕННОГО КОРАБЛЯ

3.2.1. Поперечное спрямление

Поперечным спрямлением называются действия по ликвидации или уменьшению крена корабля.

В условиях эксплуатации крен может быть вызван тремя причинами:

- внешними кренящими моментами;
- несимметричностью нагрузки корабля относительно ДП;

— наличием у корабля отрицательной начальной остойчивости*.

Принципиального различия между первыми двумя причинами нет. В обоих случаях для спрямления необходимо приложить к кораблю спрямляющий момент, равный по величине и противоположный по направлению моменту, вызвавшему крен. При этом должны быть приняты следующие меры безопасности:

— спрямляющий момент должен прикладываться по возможности постепенно, чтобы не вызвать динамического крена корабля на противоположный борт;

— приложение спрямляющего момента не должно создавать угрозы для корабля в случае изменения внешнего кренящего момента (например, вызванного действием ветра);

— при наращивании спрямляющего момента необходимо следить за изменением крена; отсутствие таких изменений укажет на наличие препятствий для свободных наклонов корабля (натяжение швартовов, касание корпусом грунта), до их устранения спрямление должно быть обязательно приостановлено.

Примером катастрофических последствий нарушения этого может служить гибель госпитального судна «Народоволец» (водоизмещение около 13500 т). В результате ряда переделок, приведших к перемещению вверх ЦТ судна, его начальная поперечная остойчивость стала отрицательной и судно постоянно имело крен на тот или другой борт не менее 2—3°.

5 июня 1920 г. «Народоволец» стоял на Неве у набережной Васильевского острова, имея крен Θ_n около 3° на левый борт, обращенный к берегу. Ошвартованное судно было прижато к причальной стенке силой течения, причем боковой киль левого борта врезался в грунт (рис. 3.2, а).

Не анализируя причин, вызывавших крен, на судне попытались в целях спрямления перекачать часть

* Отрицательная начальная остойчивость характеризуется тем, что прямое положение корабля неустойчиво — начальная поперечная метацентрическая высота отрицательна ($h < 0$). В прямом положении корабль плавать не может. При малой по абсолютной величине $h < 0$ корабль получает начальный крен, а при большой — опрокидывается. Для корабля, получившего при $h < 0$ начальный крен, характерна способность к переваливанию.

водяного балласта с левого борта на правый. В процессе перекачки крен длительное время не изменялся, так как швартовы и зарывшийся в грунт борто-

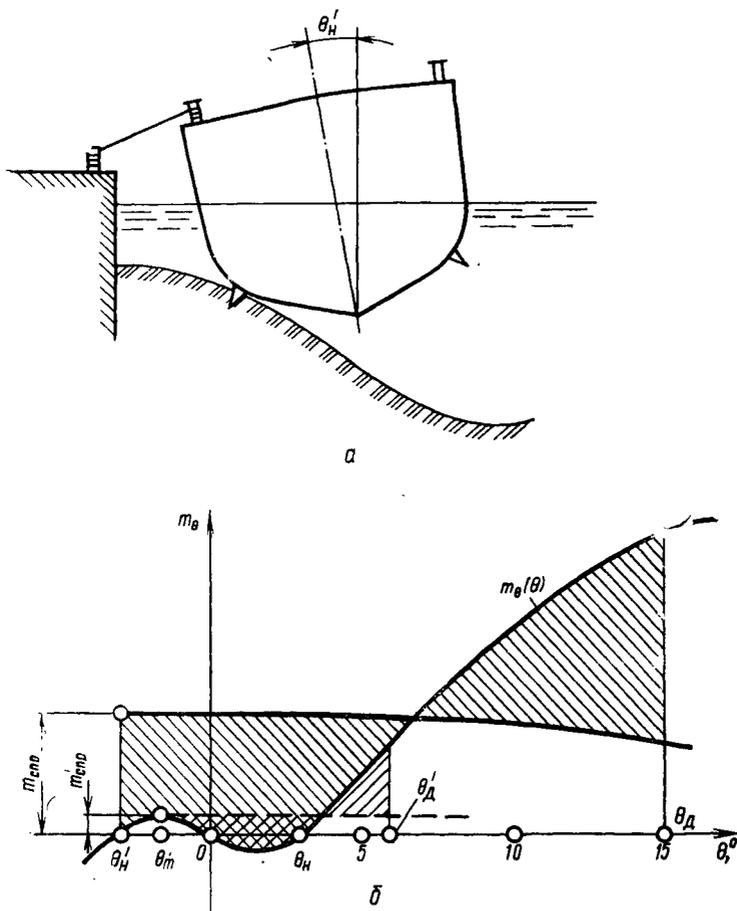


Рис. 3.2. Авария госпитального судна «Народоволец»: а — положение судна перед аварией; б — иллюстрация процесса переваливания

вой киль препятствовали спрямлению. Поэтому перекачку неосмотрительно продолжали до тех пор, пока бортовой киль не сорвал слой грунта и не лопнули швартовы. Под внезапно подействовавшим спрямляющим моментом $m_{ср}$ (рис. 3. 2, б), составившим око-

ло 700 тс. м, «Народоволец» стремительно перевалился на правый борт, получив динамический крен $\Theta_d > 15^\circ$.

Если бы судно не опиралось бортовым килем о грунт или на нем следили за швартовыми, не допуская их натяжения, то переваливание на правый борт произошло бы при значительно меньшем спрямляющем моменте $m_{спр}$ и динамический крен Θ_d достиг бы лишь $5-6^\circ$. Однако даже динамический крен в 15° не был бы особенно опасен для такого высокобортного судна, как «Народоволец», будь на нем надлежащим образом обеспечена водонепроницаемость надводного борта. Но на судне не были задраены иллюминаторы и полупортики, через которые внутрь хлынула вода, из-за чего крен продолжал нарастать, пока судно не легло на борт и не затонуло с креном 96° .

Здесь вредные последствия безграмотного спрямления усугубились нарушением водонепроницаемости надводного борта.

Крен, вызванный отрицательной начальной остойчивостью, вообще нельзя спрямлять приложением к кораблю спрямляющего момента (например, создаваемого поперечным перемещением грузов). Это может привести к опасному динамическому переваливанию корабля на противоположный борт.

Необходимое и достаточное средство для ликвидации крена в рассматриваемом случае — восстановление остойчивости.

Если крен вызван одновременно действием нескольких причин, в том числе и отрицательной начальной остойчивостью, для безопасности корабль следует спрямлять как восстановлением остойчивости, так и приложением спрямляющего момента (ликвидация несимметричности нагрузки).

Задачи и методы поперечного спрямления поврежденного корабля существенно зависят от его состояния. Выделяют пять типовых случаев, которым отвечают принципиально различные цели и методы спрямления.

Первый случай. Затопление симметрично относительно ДП, начальная поперечная остойчивость положительна (рис. 3.3). Поврежденный корабль без крена. Задачами спрямления (в широком смысле) являются:

- поддержание и при необходимости увеличение устойчивости;
- восстановление (в возможных пределах) запаса плавучести;
- уменьшение в необходимой мере дифферента, если таковой возник в результате повреждения.

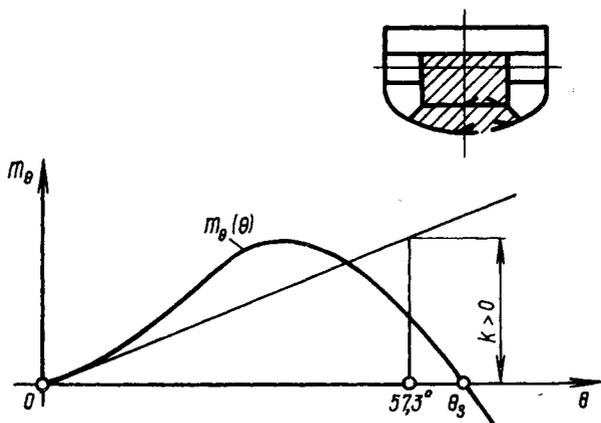


Рис. 3.3. Первый типовой случай состояния поврежденного корабля

В решении последних двух задач часто содержатся большие возможности для одновременного повышения устойчивости корабля, которые необходимо использовать с наибольшей полнотой. Например, восстановление запаса плавучести следует осуществлять в первую очередь путем удаления фильтрационной воды из высоко расположенных отделений с большими (широкими) свободными поверхностями. К осушению низко расположенных отделений, особенно полностью затопленных, надо подходить с большой осторожностью, предварительно оценив возможное при этом уменьшение устойчивости.

Второй случай. Затопление несимметрично относительно ДП, начальная поперечная устойчивость положительна (рис. 3.4). Корабль в наклонном устойчивом положении равновесия ($m_{0p} = 0$, $k_{0p} > 0$) с креном Θ_p , вызванным несимметричностью затопления. Прямоугольному положению корабля отвечают восстанавливающий момент $m_0 \neq 0$ (отрицательный при $\Theta_p > 0$)

деляют как момент веса груза относительно «основного» шпангоута, в котором лежит ЦТ площади исходной ватерлинии неповрежденного корабля: $M_{\text{спр}} = \gamma_{\text{ж}} v (x_v - x_f)$. Спрямяющий момент, созданный перекачкой жидких грузов, определяют как момент от

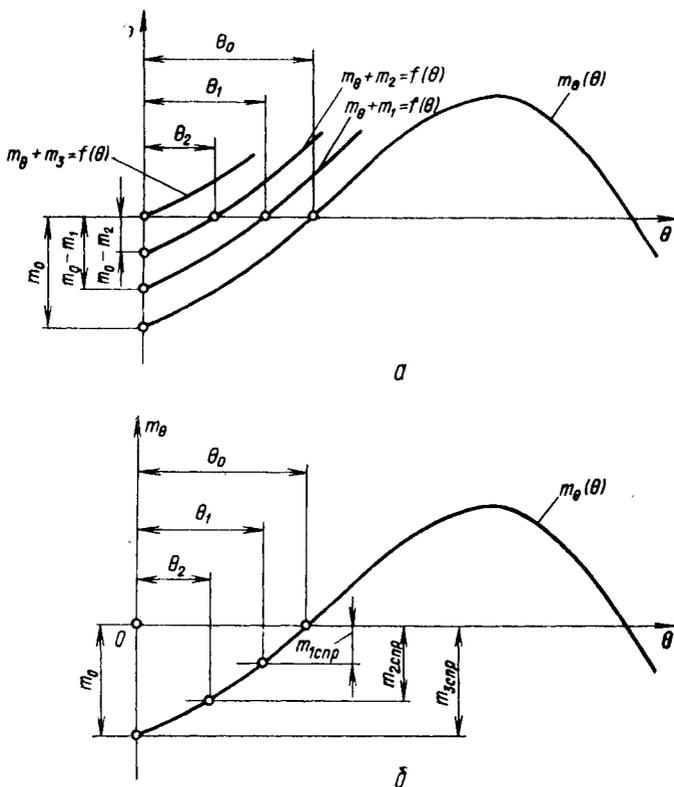


Рис. 3.5. Поперечное спрямление корабля во втором типовом случае:

а — спрямяющий момент принимается входящим в состав восстанавливающего момента; б — спрямяющий и восстанавливающий моменты рассматриваются раздельно

соответствующего поперечного или продольного переноса груза: $m_{\text{спр}} = \gamma_{\text{ж}} v (y_2 - y_1)$ или $M_{\text{спр}} = \gamma_{\text{ж}} v (x_2 - x_1)$.

Процесс спрямления крена по мере возрастания спрямяющего момента $m_{\text{спр}}$ от 0 до m_0 показан на рис. 3.5. Спрямяющий момент можно рассматривать

как приращение восстанавливающего момента, вызывающее изменение диаграмм остойчивости поврежденного корабля (рис. 3.5, а), или в качестве внешнего момента, приближенно считая диаграмму остойчивости неизменной (рис. 3.5, б) *.

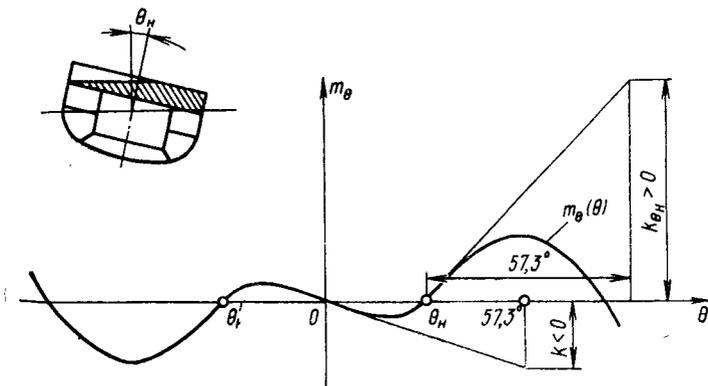


Рис. 3.6. Третий типовой случай состояния поврежденного корабля

Третий случай. Затопление симметрично относительно ДП, начальная поперечная остойчивость отрицательна (рис. 3.6) **. Прямое положение корабля является положением неустойчивого равновесия ($m_0=0$, $k<0$), так что плавать в этом положении корабль не может. Он плавает в одном из двух устойчивых положений равновесия: с креном Θ_n на правый борт ($m_{\Theta_n}=0$, $k_{\Theta_n}>0$) или с таким же по величине креном Θ'_n на левый борт. Переход из одного положения в другое может быть вызван различными случайными причинами.

Задачами спрямления являются ликвидация крена и восстановление остойчивости корабля. Восста-

* При раздельном рассмотрении восстанавливающих и спрямляющих моментов диаграмма статической остойчивости корабля в процессе спрямления, строго говоря, может несколько меняться, поскольку приведенные выше выражения для спрямляющих моментов в общем случае не полностью учитывают изменения нагрузки корабля при соответствующих методах спрямления (не учитываются возможные изменения остойчивости веса).

** Симметричность или несимметричность затопления относительно ДП определяется при посадке корабля без крена, когда форма затопленного объема не изменена переливанием воды.

новление остойчивости в данном случае — необходимая и достаточная мера ликвидации крена. Приложение к кораблю поперечных восстанавливающих моментов недопустимо как чрезвычайно опасное. Поэтому восстановление остойчивости следует осуществлять такими способами, при которых не нарушается симметричность затопления и нагрузки корабля относительно ДП. Процесс спрямления по мере увеличения начальной остойчивости показан на рис. 3.7.

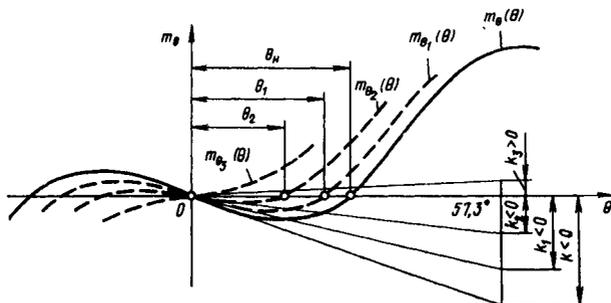


Рис. 3.7. Процесс спрямления поврежденного корабля в третьем типовом случае

Крен, вызванный отрицательной начальной остойчивостью, нельзя спрямлять приложением к кораблю спрямляющего момента. Это может привести к опасному динамическому переваливанию корабля на противоположный борт, которое становится неизбежным, если наращивание спрямляющего момента уменьшает начальный крен Θ_H до угла минимума диаграммы Θ_m^* (рис. 3.8). При переваливании корабль достигает динамического угла крена Θ_d , определяемого равенством заштрихованных площадей I и II, а после затухания колебаний получает крен $\Theta_{ст}$, превосходящий по величине начальный крен Θ_H . При малом запасе остойчивости (штриховая диаграмма на рис. 3.8) такая попытка спрямления приведет к опрокидыванию корабля. Очевидно, что в этом случае работа избыточного восстанавливающего момента (площадь II) не может погасить кинетическую энергию, накопленную кораблем при переваливании (площадь I).

Переваливание является результатом перехода корабля в неустойчивое положение равновесия при

крене Θ_m^* , а не следствием динамического приложения спрямляющего момента, поэтому, как бы медленно и осторожно он ни наращивался, избежать переваливания при увеличении его до значения m_m^* нельзя.

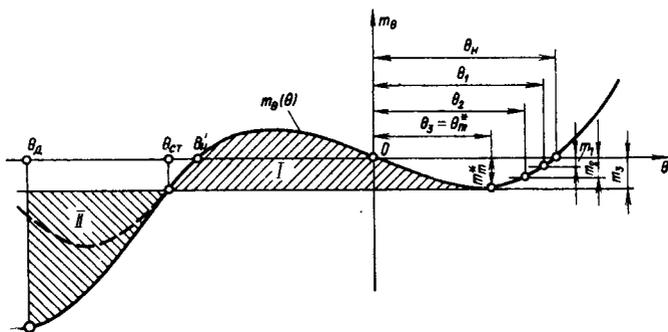


Рис. 3.8. Переваливание корабля в третьем типовом случае при попытке спрямления его наращиваемым спрямляющим моментом (спрямляющие моменты m_1 , m_2 и m_3 приняты не зависящими от угла крена)

Восстановление остойчивости в рассматриваемом случае обязательно должно осуществляться без нарушения симметричности затопления и нагрузки корабля относительно ДП.

Поучительный случай неумелого спрямления корабля, свидетельствующий об отсутствии у некоторых моряков ясного представления об особенностях поведения корабля с отрицательной начальной остойчивостью, автору пришлось наблюдать весной 1949 г. на спасательном судне «Метеор» (водоизмещение около 800 т), которое в течение суток укрывалось от шторма за корпусом затонувшего на малой глубине немецкого лайнера.

«Метеор» был очень старым кораблем (построен в 1877 г.), и за долгий период эксплуатации его остойчивость была существенно понижена установкой различного дополнительного оборудования и переделкой деревянных надстроек на стальные.

Стоя на якорю, «Метеор» имел сравнительно небольшую и плавную боковую качку, но при этом он сохранял постоянный статический крен на один борт.

Это обстоятельство нельзя было еще считать убедительным признаком наличия у корабля отрицательной начальной остойчивости, поскольку статический крен мог быть вызван и другими обстоятельствами. Поэтому предпринятая помощником командира попытка спрямить корабль поперечным перемещением установленного на верхней палубе переносного мотокомпрессора вначале не вызвала возражений. Когда же после небольшой передвижки компрессора (масса около 3,5 т) корабль перевалился на другой борт, стало ясно, что статический крен вызван отрицательной начальной остойчивостью и принятый способ спрямления положительного результата дать не может.

Однако помощник командира этого не понимал и продолжал попытки спрямления. Чтобы облегчить перемещения компрессора, его немного приподнимали грузовой стрелой, оттягивали на тот или иной борт и ставили на палубу, совершенно не подозревая, что в моменты подъема компрессора остойчивость корабля дополнительно уменьшалась из-за перевода компрессора из разряда закрепленных грузов в разряд подвижных (подвешенных).

Правда, это не ставило корабль в слишком опасное положение, так как при переваливаниях крен не превышал $5-6^\circ$, однако полная бесполезность производимого «спрямления» была совершенно очевидна. Тем не менее стоило больших трудов убедить командира корабля, опытного моряка, прекратить напрасную трату сил и повысить остойчивость корабля приемом воды в пустые междудонные цистерны.

В июле 1955 г. теплоход «Большевик Каспия» (водоизмещение 1157 т) вышел из Баку в Красноводск с грузом (400 т селитры), имея крен $3-8^\circ$ то на правый, то на левый борт. Судно спрямили, приняв воду в междудонные отсеки, но спустя 13 ч по мере расходования топлива и воды вновь возник крен на левый борт, быстро возросший до 20° , причиной чего, по-видимому, было уменьшение остойчивости.

Для выравнивания судна приняли воду в балластные отсеки правого борта, грубо нарушив правила спрямления при отрицательной начальной остойчивости, наличие которой было естественно предполагать по поведению судна в начале рейса. В результате заполнения отсеков правого борта теплоход перевалил-

ся на правый борт до 10° . Тогда приняли воду в цистерны левого борта, вновь нарушив правила спрямления, отчего судно перевалилось на левый борт, затем легло на борт и постепенно начало погружаться в воду. Помимо указанных ошибок гибели судна способствовало и то, что балластные отсеки при спрямлении не запрессовывались и в них оставались свободные поверхности воды.

Весьма характерным примером опасных последствий неправильного спрямления корабля, имеющего отрицательную начальную остойчивость, является борьба с аварией экспедиционного судна «Михаил Ломоносов». Днем 15 сентября 1958 г. «Михаил Ломоносов» отходил от стенки Рижского порта. Швартовы были отданы, якорь выбран, и нос судна оттягивали от стенки буксиром. Судно с места не трогалось, так как сидело скулой на бровке грунта, имея при этом, как выяснилось впоследствии, несимметричную нагрузку (лишний груз с левого борта массой 66,5 т).

После того как дали малый ход своей машиной, нос отошел от причала на 70—80 м и судно стало плавно крениться на левый борт, сначала до 10° , а затем после некоторой задержки до 21° .

Из-за большого дифферента на корму (3,1 м) ряд открытых иллюминаторов вошел в воду при крене $9—10^\circ$ и кормовые отсеки частично были затоплены. Начальная остойчивость стала отрицательной, о чем командование, по-видимому, не догадывалось, так как наряду с мерами по восстановлению водонепроницаемости корпуса была предпринята попытка спрямления судна перекачкой балласта на борт.

Судно было вновь прижато к стенке, иллюминаторы задраены с помощью водолазов, вода из кормовых помещений частично откачана. Крен судна уменьшался. Когда он достиг 5° на левый борт, перекачку балласта прекратили, но, несмотря на это, крен продолжал уменьшаться, а затем перешел на правый борт и достиг $19,5^\circ$. Произошло переваливание судна, убедительно свидетельствовавшее о наличии у него отрицательной начальной остойчивости. Тем не менее и на этот раз состояние корабля не было правильно оценено экипажем, продолжавшим попытки спрямить его одним только приложением спрямляющих моментов без восстановления остойчивости.

Обратная перекачка балласта, прекращенная при уменьшении крена на правый борт до 15° , вызвала снова переваливание до крена 15° на левый борт.

Лишь последующее восстановление остойчивости осушением затопленных помещений и приемом балласта в низко расположенные цистерны позволило ликвидировать крен. Принятый при спрямлении метод попыток, не учитывавший знака начальной остойчивости судна, затянул борьбу с аварией почти на сутки.

В данном примере наряду с неправильными действиями экипажа по спрямлению судна заслуживает внимания то обстоятельство, что появление случайного крена при отходе судна от причала переросло в серьезную аварию лишь вследствие грубого нарушения требований морской практики о поддержании непроницаемости надводного борта.

Наличие небольшой отрицательной остойчивости не приводит к опрокидыванию корабля при симметричности относительно ДП нагрузки и затоплению лишь при определенной форме его обводов, в частности при наличии развала бортов. При круговой форме поперечных обводов корабль опрокидывается при минимальной по абсолютной величине отрицательной начальной остойчивости (практически при падении ее до нуля). В связи с этим для подводных лодок, поперечные обводы которых, как правило, близки к круговым, случаи плавания с отрицательной начальной остойчивостью не характерны.

Четвертый случай. Начальная поперечная остойчивость отрицательна, затопление несимметрично относительно ДП, так что ЦТ затопленных объемов (отвечающий прямому положению корабля) смещен в сторону вошедшего в воду борта.

Крен корабля Θ_n обусловлен не только наличием отрицательной начальной остойчивости, но и несимметричностью нагрузки (наличием начального неуравновешенного момента m_0 , действующего в сторону увеличения крена). Прямое положение корабля в этом случае не является положением равновесия.

Если момент m_0 не очень велик, то, как и в третьем случае, существуют два остойчивых положения равновесия с углами крена Θ_n и Θ'_n , первый из которых увеличен действием момента m_0 , а второй — уменьшен по той же причине (рис. 3.9). Корабль в этом случае сохраняет способность к переваливанию,

служащему явным признаком наличия отрицательной начальной остойчивости. При больших величинах m_0 остойчивого положения равновесия корабля с креном Θ'_H в сторону, противоположную действию момента m_0 ,

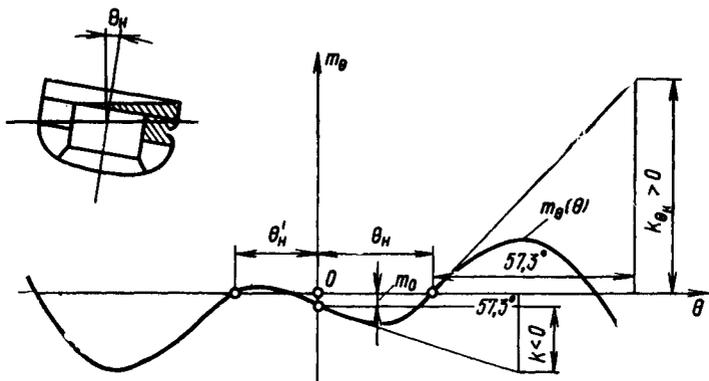


Рис. 3.9. Четвертый типовой случай состояния поврежденного корабля (момент m_0 мал)

не будет (рис. 3.10), и способностью к переваливанию (до уменьшения m_0) корабль не обладает.

Задачи спрямления те же, что и в предыдущем случае, но метод их несколько меняется, так что одно

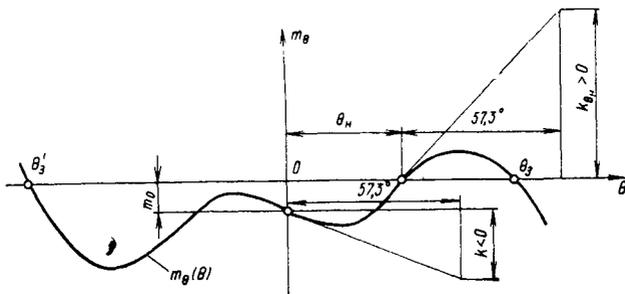


Рис. 3.10. Четвертый типовой случай состояния поврежденного корабля (при большой величине момента m_0)

только восстановление остойчивости не приводит к полному спрямлению, поскольку остается крен, созданный несимметричностью нагрузки (крен Θ_3 на рис. 3.11, иллюстрирующем процесс спрямления).

Этот остаточный крен ликвидируется путем приложения спрямляющего момента $m_{\text{спр}} = m_0$, что соответствует на рис. 3.11 переходу от диаграммы m_{θ_4} (Θ) к диаграмме m_{θ_4} (Θ).

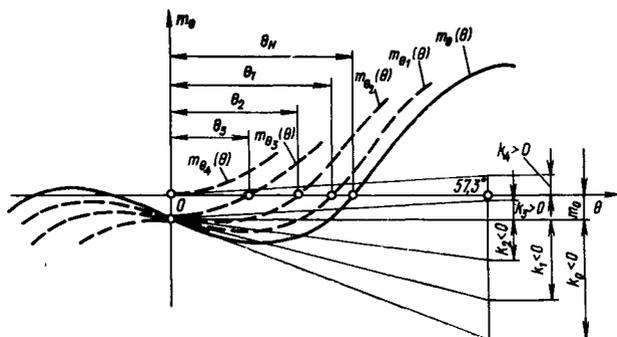


Рис. 3.11. Спрямление корабля в четвертом типовом случае его состояния

Порядок спрямления может быть изменен (приложение момента $m_{\text{спр}}$ до восстановления остойчивости или одновременно с ним) только при условии, что спрямляющий момент не превысит момента m_0 , для чего нужно знать величину последнего. В противном случае возникает угроза переваливания корабля на противоположный борт.

Пятый случай. Начальная поперечная остойчивость отрицательна, затопление несимметрично относительно ДП, так что ЦТ затопленных объемов (отвечающий прямому положению корабля) смещен в сторону вышедшего из воды борта (рис. 3.12).

Поврежденный корабль имеет начальный крен Θ_n , вызванный наличием отрицательной начальной остойчивости и уменьшенный за счет несимметричности затопления, поскольку момент m_0 действует в сторону, противоположную крену.

Рассматриваемый случай наиболее опасен с точки зрения возможности переваливания корабля на другой борт, так как переваливание может произойти даже при одном только восстановлении остойчивости, без приложения каких-либо спрямляющих моментов. Как только в процессе восстановления остой-

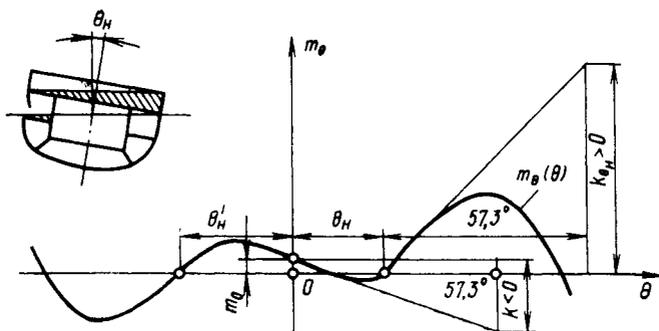


Рис. 3.12. Пятый типовой случай состояния поврежденного корабля

чивости (рис. 3.13) диаграмма коснется оси углов при крене Θ_K , которому отвечает неустойчивое положение равновесия, начнется переваливание корабля на противоположный борт (до угла Θ_D).

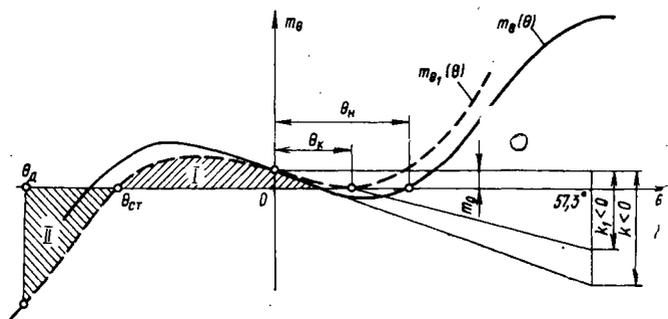


Рис. 3.13. Переваливание корабля в пятом типовом случае от одного только увеличения его остойчивости

Во избежание переваливания необходимо в процессе восстановления остойчивости сохранять у диаграммы (в интервале углов крена от 0 до $\Theta_{ст}$) участок с отрицательными значениями восстанавливающих моментов до тех пор, пока начальная остойчивость не станет положительной. Это достигается уменьшением в процессе восстановления остойчивости момента m_0 путем приложения к кораблю противоположных по направлению (действующих в сторо-

ну начального крена) обеспечивающих моментов $m_{об}$. Для безопасного спрямления достаточно приложить $m_{об} = m_0$. Тогда к концу восстановления остойчивости крен будет полностью ликвидирован.

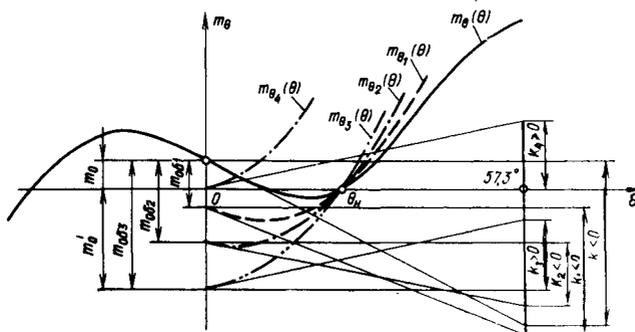


Рис. 3.14. Спрявление корабля в пятом типовом случае его состояния

Если момент m_0 неизвестен, что чаще всего бывает на практике, величины наращиваемых обеспечивающих моментов подбираются такими, чтобы в процессе восстановления остойчивости крен существенно не уменьшался (рис. 3.14). Тогда к концу восстановления остойчивости $m_{об}$ будет превосходить по величине m_0 . Остаточный крен, вызванный избыточным обеспечивающим моментом m'_0 , ликвидируется снятием этого момента, что равносильно приложению спрямляющего момента, равного по величине m'_0 .

Как видно, характерной особенностью каждого рассмотренного типового случая является особый, присущий только ему вид диаграммы $m_θ(θ)$, поэтому иногда эти случаи классифицируются по типу диаграммы поперечной остойчивости.

Краткая характеристика особенностей рассмотренных выше типовых случаев состояния поврежденного корабля приведена в таблице (см. форзацы).

Выше отмечалось, что деление полученных кораблем повреждений на три группы является грубо схематичным. Фактическая разница между повреждениями первой и второй групп может оказаться не слишком большой, в результате чего после повреждения корабля возможно продолжающееся нарастание его

крена. В этих случаях одной из первоочередных задач борьбы за непотопляемость является одержание нарастающего крена путем быстрого приложения к кораблю спрямляющих моментов с одновременным повышением его остойчивости. Для этого рекомендуется контрзатопление низко расположенных штатных креновых отсеков, оборудованных быстродействующей системой затопления. Во избежание переваливания корабля на противоположный борт контрзатопление должно быть немедленно приостановлено, как только крен перестанет нарастать. Дальнейшее спрямление корабля производится лишь после дополнительной проверки его состояния, когда оно стабилизируется.

3.2.2. Критерии, определяющие 'типичное состояние корабля с точки зрения поперечного спрямления

Как показано выше, для безопасного спрямления поврежденного корабля необходимо знать его состояние, важнейшей характеристикой которого является диаграмма поперечной остойчивости. Как правило, она не будет известна экипажу, так как даже при наличии исчерпывающих сведений о затоплении построить ее в аварийных условиях без специализированных ЭВМ практически невозможно.

При недостаточной информации о затоплении диаграмма остойчивости поврежденного корабля не сможет быть найдена и с помощью ЭВМ.

Однако легко показать, что знание всех элементов диаграммы поперечной остойчивости для безопасного спрямления корабля не обязательно. Вначале достаточно знать только значения начального неуравновешенного момента m_0 и статического крена корабля Θ_0 . Имея эти данные, легко распознать, к какому из последних четырех типичных случаев относится состояние поврежденного корабля, т. е., не зная диаграммы остойчивости $m_0(\Theta)$, можно установить ее тип по двум известным точкам: $A(0, m_0)$ и $B(\Theta_0, 0)$.

Действительно, если $m_0=0$, а $\Theta_0 \neq 0$, понятно, что состояние корабля соответствует третьему случаю (рис. 3.15), т. е. крен вызван исключительно наличием отрицательной начальной остойчивости, и спрямление следует осуществлять только путем восстанов-

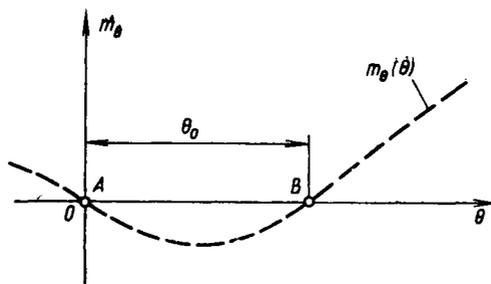


Рис. 3.15. Оценка соответствия состояния корабля третьему типовому случаю

ления устойчивости. Столь же просто устанавливается соответствие состояния корабля пятому случаю (рис. 3.16), так как только в этом случае величины m_0 и θ_0 могут иметь одинаковые знаки (корабль может иметь крен в сторону, противоположную действию начального момента m_0). Знание момента m_0 по-

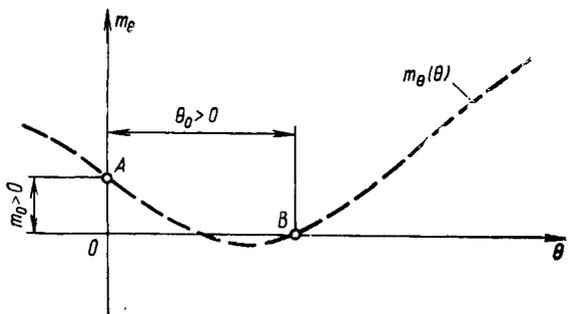


Рис. 3.16. Оценка соответствия состояния корабля пятому типовому случаю

зволяет также определить величину обеспечивающего момента, необходимого для предотвращения переваливания корабля при спрямлении крена путем восстановления устойчивости.

Что касается случаев, когда $m_0 \neq 0$, $\theta_0 \neq 0$ и они имеют разные знаки (корабль накренен в сторону действия начального момента m_0), то здесь надо иметь в виду безопасность приложения к кораблю спрямляющего момента, равного по величине известному начальному моменту m_0 . Поэтому в указанных

случаях установление состояния поврежденного корабля может быть осуществлено непосредственно в процессе спрямления, выполняемого за счет приложе-

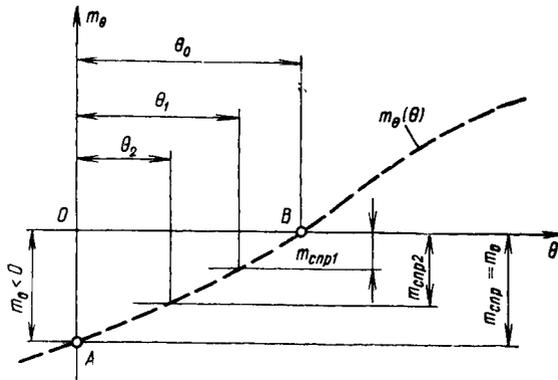


Рис. 3.17. Оценка соответствия состояния корабля второму типовому случаю

ния спрямляющего момента $m_{\text{спр}} = m_0$: во втором типовом случае приложение $m_{\text{спр}} = m_0$ полностью ликвидирует крен (рис. 3.17), а в четвертом — лишь уменьшает его (рис. 3.18) до величины θ_1 , обуслов-

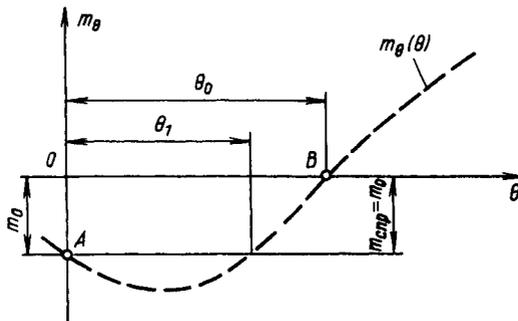


Рис. 3.18. Оценка соответствия состояния корабля четвертому типовому случаю

ленной только отрицательной начальной остойчивостью (остаточный крен θ_1 может быть ликвидирован только восстановлением остойчивости).

Практически задачи спрямления, как правило, существенно усложняются невозможностью установить

с достаточной точностью, какие отсеки и как затоплены. В особенности это относится к низко расположенным днищевым и бортовым отсекам, повреждение которых в большинстве случаев является основной, а иногда и единственной причиной несимметричного затопления. Поэтому точное определение начального неуравновешенного момента m_0 обычно оказывается невозможным, что вызывает необходимость разработки мер, обеспечивающих безопасность срамлиения в этих случаях.

При этом исходят из следующих общих принципов:

1) при всех обстоятельствах опасны завышенная оценка величины момента m_0 , действующего в сторону вошедшего борта, и заниженная оценка этого момента, если он действует в сторону вышедшего из воды борта. Действительно, завышенная оценка момента m_0 и соответственно приложение к кораблю завышенного спрямляющего момента во втором из рассмотренных характерных случаев вызовут перекармливание корабля на противоположный борт, а в третьем и четвертом случаях — его переваливание, носящее динамический характер.

К аналогичным результатам приведет заниженная оценка момента m_0 в пятом случае, поскольку тогда величина обеспечивающего момента может оказаться недостаточной для предотвращения переваливания корабля на другой борт в процессе восстановления остойчивости.

Отсюда следует практический вывод: при невозможности точного определения момента m_0 те отсеки, затопление которых сомнительно, следует считать незатопленными, если они расположены на вошедшем в воду борту, и, наоборот, затопленными, если они расположены на вышедшем из воды борту;

2) при положительной начальной остойчивости поврежденного корабля опасных последствий неправильной оценки момента m_0 всегда можно избежать при постепенном наращивании спрямляющего момента $m_{спр}$ и возможности приостановить его нарастание с уменьшением крена до нужных пределов. Необходимая величина $m_{спр}$ определяется по наблюдениям за фактическим изменением крена. На выполнение условия $m_{спр} = m_0$ при этом укажет полная ликвидация крена. При отрицательной начальной остойчиво-

сти такой метод не может предотвратить переваливания, поскольку оно как раз в том и состоит, что крен существенно динамически меняется без приложения к кораблю дополнительного спрямляющего момента. Поэтому при невозможности точного определения момента m_0 весьма важно установить знак начальной остойчивости поврежденного корабля. Как правило, установить его практически проще, чем определить момент m_0 , поскольку наибольшее влияние на начальную остойчивость корабля оказывает затопление высоко расположенных отделений, о которых легче получить информацию в аварийных условиях. Кроме того, наличие отрицательной начальной остойчивости иногда можно обнаружить по поведению поврежденного корабля (переваливание, наличие крена при симметричном затоплении отсеков относительно ДП).

Признаками наличия отрицательной начальной остойчивости являются:

— наличие у корабля крена более 5° при симметричном затоплении отсеков относительно ДП*;

— внезапное переваливание корабля на противоположный борт под действием случайных причин и сохранение им нового наклонного положения равновесия после прекращения действия этих причин, вызвавших переваливание.

Наличие у корабля отрицательной остойчивости следует считать вероятным в случаях:

— частичного затопления больших (широких) отсеков на высоко расположенных палубах и платформах;

— затопления по типу III категории автономных отсеков общей численностью, равной или большей той, при которой в проекте гарантируется непотопляемость корабля и наличие фильтрационной воды в других отсеках.

Перечисленные признаки не всегда могут служить надежной основой для оценки знака начальной остойчивости поврежденного корабля, тем более что наиболее достоверный из них — переваливание —

* Меньшие углы крена могут быть вызваны при симметричном расположении затопленных отсеков несимметричностью их пронцаемых объемов, несколько несимметричным размещением штатных корабельных грузов и другими неучтенными причинами.

подвергает корабль большой опасности. Ввиду этого намеренное создание условий для переваливания корабля в целях определения знака его начальной остойчивости недопустимо. Других же способов экспериментальной оценки знака начальной остойчивости нет.

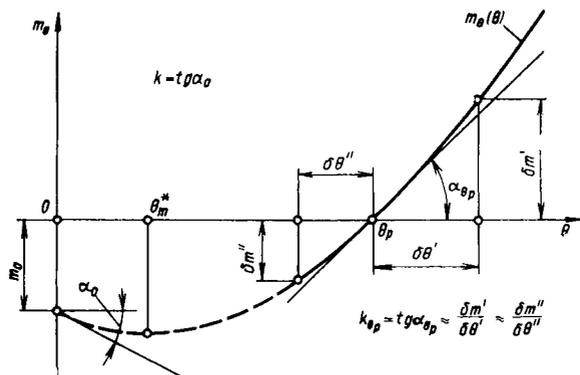


Рис. 3.19. Начальный коэффициент остойчивости k и коэффициент остойчивости в наклонном положении равновесия $k_{\theta p}$

Действительно, под начальной остойчивостью корабля здесь подразумевается его остойчивость на малых отклонениях не от того наклонного положения равновесия, в котором поврежденный корабль плавает, а от прямого положения, в котором корабль фактически не находится. Следовательно, не доводя корабль до переваливания (до угла крена Θ^*), а ограничиваясь лишь малыми отклонениями от положения равновесия с креном Θ_p , можно анализировать лишь его остойчивость в этом положении (заведомо зная, что она положительна), но не остойчивость в прямом положении, которая неизвестна (рис. 3.19). Иначе говоря, по поведению корабля в этом случае можно узнать лишь величину положительного коэффициента остойчивости $k_{\theta p}$ вместо искомого знака коэффициента начальной остойчивости k .

Таким образом, поскольку внешние признаки не всегда позволяют оценить знак начальной остойчивости поврежденного корабля, а экспериментальное его определение небезопасно и допущено быть не может, весьма важное значение приобретает применение для

этой цели расчётных методов, использующих данные о затоплении отсеков. Однако в связи с относительной сложностью расчетной проверки начальной остойчивости ее следует выполнять лишь в случаях действительной необходимости, когда есть основания предполагать существенное падение остойчивости поврежденного корабля. Как правило, снижение начальной остойчивости корабля до отрицательной происходит лишь при таких повреждениях, когда уходит в воду значительная часть открытой верхней палубы в оконечности корабля в результате больших дифферентов или имеет место распространение воды по высоко расположенным палубам и платформам. В остальных случаях, даже при тяжелых повреждениях, появление отрицательной начальной остойчивости маловероятно, особенно при наличии затопленных низко расположенных днищевых и бортовых отсеков (или при заполнении этих отсеков штатными жидкими грузами). Тратить в этих случаях время на расчеты по оценке знака начальной остойчивости нерационально.

Следует обратить внимание на особенную опасность с точки зрения потери остойчивости многоярусных затоплений при наличии больших (широких) свободных поверхностей воды на нескольких палубах и платформах. Остойчивость корабля в этих случаях может существенно уменьшаться не только вследствие наличия больших свободных поверхностей воды в отсеках, но и за счет ухудшения остойчивости веса от скопления воды в отсеках, лежащих выше ватерлинии.

Поучительным примером вредного влияния на остойчивость многоярусных затоплений могут служить случаи гибели ряда пассажирских судов.

На грузо-пассажирском рефрижераторном пароходе «Сеговия» (водоизмещение около 9500 т), находившемся у достроечной стенки судостроительной верфи в Ньюпорте (США), в ночь на 19 декабря 1931 г. возник пожар. При тушении пожара в трюм и на палубы судна было налито много воды. Многоярусное затопление вызвало потерю судном поперечной остойчивости, и через 5 ч после начала тушения пожара оно легло на борт и затонуло у стенки с креном на правый борт около 80°, не опрокинувшись лишь из-за малой глубины гавани в районе аварии.

При аналогичных условиях 18 апреля 1939 г. в Гавре (Франция) лег на борт и затонул у причала при тушении на нем пожара (рис. 3.20) многопалубный лайнер «Париж» (валовая вместимость 34 570 рег. т). Авария этого судна чрезвычайно поучительна с точки зрения низкой организации борьбы с огнем. Пожар был обнаружен только через 3 ч после

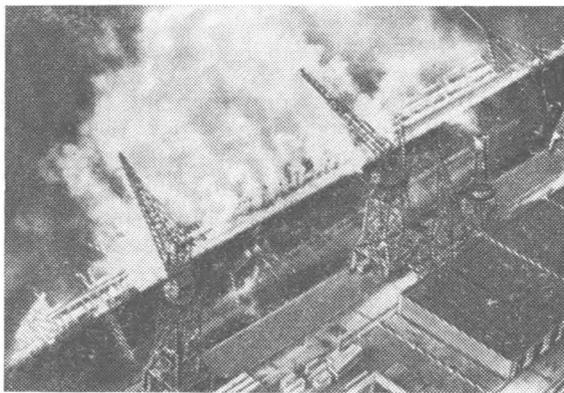


Рис. 3.20. Гибель лайнера «Париж» вследствие неправильного тушения пожара

его начала. Единого руководства тушением пожара не было (13 разных руководителей). Механики самовольно покинули судно, считая пожар ликвидированным, хотя тушение продолжалось еще более 3 ч.

9 февраля 1942 г. та же участь постигла французский лайнер «Нормандия» (тогда одно из крупнейших судов в мире, полное водоизмещение 67 480 т). С начала второй мировой войны лайнер отстоялся в Нью-Йоркском порту, а после вступления США в войну с Германией был реквизирован американцами, начавшими переоборудовать его в транспорт для перевозки войск (переименовав при этом судно в «Лафайет»).

Во время работ на судне плохо соблюдались правила противопожарной безопасности, деревянные стружки и другие горючие отходы отделочных работ не убирались. То ли по небрежности, то ли в результате диверсии (поскольку возгорание началось сра-

зу в трех местах) на судне возник большой пожар, в тушении которого приняли участие портовые и городские пожарные команды. Хотя борьба с пожаром велась под руководством военно-морских офицеров, элементарные требования по сохранению остойчивости

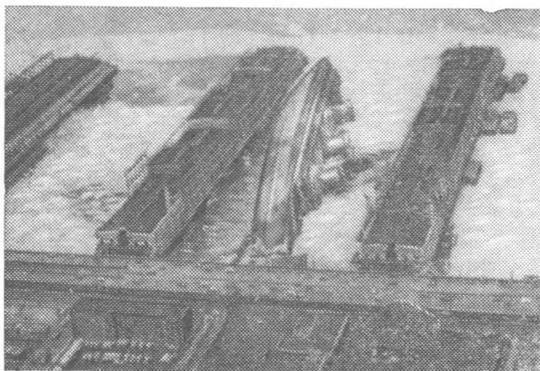


Рис. 3.21. Авария лайнера «Нормандия» (военного транспорта «Лафайет»). Судно опрокинулось (легло на борт) у причала в результате потери остойчивости при тушении пожара

соблюдены не были. В результате непрерывной подачи воды внутрь горящего лайнера создалось многоуровневое затопление на его высоко расположенных палубах (в средней части по длине корабля число палуб достигало одиннадцати).

Следствием этого явились потеря кораблем начальной поперечной остойчивости и появление значительного крена. Незадрасные и поврежденные пожаром иллюминаторы вошли в воду, что привело к дальнейшему распространению воды по судну. Лайнер лег на борт и затонул у причала (рис. 3.21).

Аварии и катастрофы подобного рода не прекратились и в послевоенное время. Так, в январе 1953 г. при тушении пожара лег на борт в Ливерпульском доке лайнер «Эмпресс оф Канада» (валовая вместимость 20 000 рег. т). В 1965 г. при аналогичных обстоятельствах, усугубленных крайне низкой организацией тушения пожара, опрокинулось в Атлантическом океане панамское пассажирское судно «Ярмут Кастрл» (погибло 90 человек). В январе 1972 г. в Гонконге подобно «Нормандии» лег на борт при туше-

нии на нем пожара английский лайнер «Куин Элизабет» (водоизмещение 80 000 т).

Следует учесть, что при грамотном тушении даже весьма обширных пожаров гибель горящих судов от потери остойчивости может быть предотвращена. Примером этого служит авария английского парохода «Пирргус» в 1964 г. в порту Ливерпуль. Начавшись в одном из трюмов, пожар вскоре охватил все судно. Интенсивное тушение огня водой силами береговых пожарных команд вызвало крен корабля от скопления воды на палубах. Памятуя гибель в этом же порту в 1953 г. при аналогичных условиях лайнера «Эмпресс оф Канада», руководители тушения пожара пытались принять меры по спуску за борт скопившейся на палубах воды. Для этого в накренившем борту выше ватерлинии прорезали несколько отверстий для слива или откачки воды. Однако к существенному успеху эти действия не привели. Во избежание дальнейшего нарастания крена перешли к пенотушению, чему способствовало общее утихание пожара. По мере стока воды с палуб остойчивость восстановилась, судно медленно выпрямилось и было спасено от возможной гибели.

Заслуживает внимания также авария теплохода «Украина» в июле 1971 г. в порту Сухуми. При тушении пожара в компрессорном отделении судно приняло большое количество воды и накренилось на левый борт до 12°. В результате эффективных действий экипажа судна пожар был быстро ликвидирован, а крен устранен откачкой воды за борт. Пострадавших при аварии не было.

Существенное уменьшение остойчивости возможно также при затоплении отсеков по типу III категории, в том числе и симметричных относительно диаметральной плоскости. Особенно вероятны такие случаи для относительно широких кораблей (при отношении ширины к осадке более 3,5).

Подчеркивая вредное влияние на остойчивость скопления на палубах и платформах фильтрационной воды с большими свободными поверхностями, следует напомнить различие между действенной и недейственной потерями остойчивости. Недейственная потеря остойчивости поэтому так и названа, что она не представляет серьезной опасности для корабля, который, получая небольшой крен, сохраняет без боль-

ших изменений запас остойчивости. Вследствие этого наличие тонких слоев воды (менее 0,01—0,02 ширины отсека) или почти полное затопление отсека не следует считать слишком опасным для остойчивости поврежденного корабля.

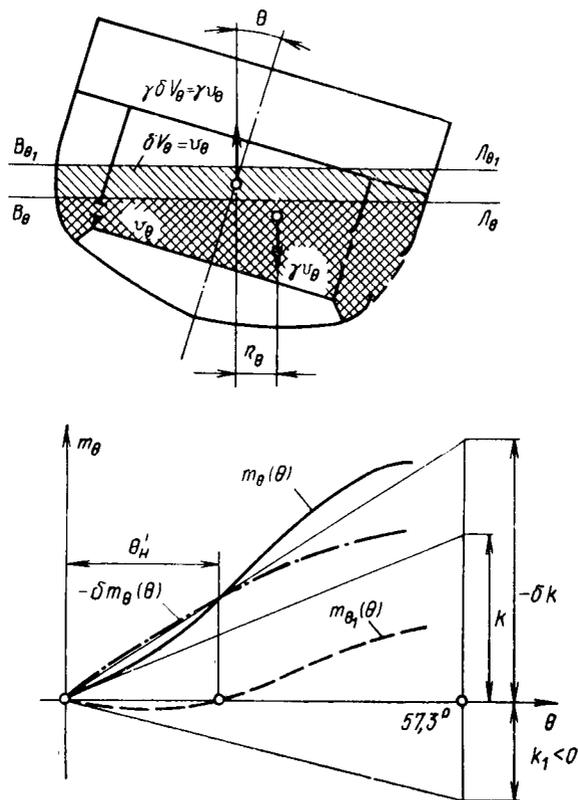


Рис. 3.22. Пример действительной потери кораблем остойчивости от переливания воды в отсеках

Заключение о недейственном влиянии на остойчивость переливания воды в частично затопленных отсеках при указанных условиях в общем случае справедливо только при затоплении отсеков II категории. Если же отсеки имеют сообщение с забортной водой (являются отсеками III категории), то эти условия, вообще говоря, нельзя считать признаками недейственного изменения остойчивости, поскольку при на-

клонениях количество воды в отсеках может существенно изменяться.

Пример действительной потери остойчивости показан на рис. 3.22, где приведены схема затопления, график отрицательного приращения поперечного спрямляющего момента δm_{θ} (Θ), вызванного затоплением, и соответствующие поперечные ДСО корабля: до повреждения m_{θ} (Θ) и после повреждения $m_{\theta 1}$ (Θ).

Здесь корабль не только получает большой крен, вызванный отрицательной начальной остойчивостью после повреждения, но и будет иметь в наклонном положении малый запас остойчивости.

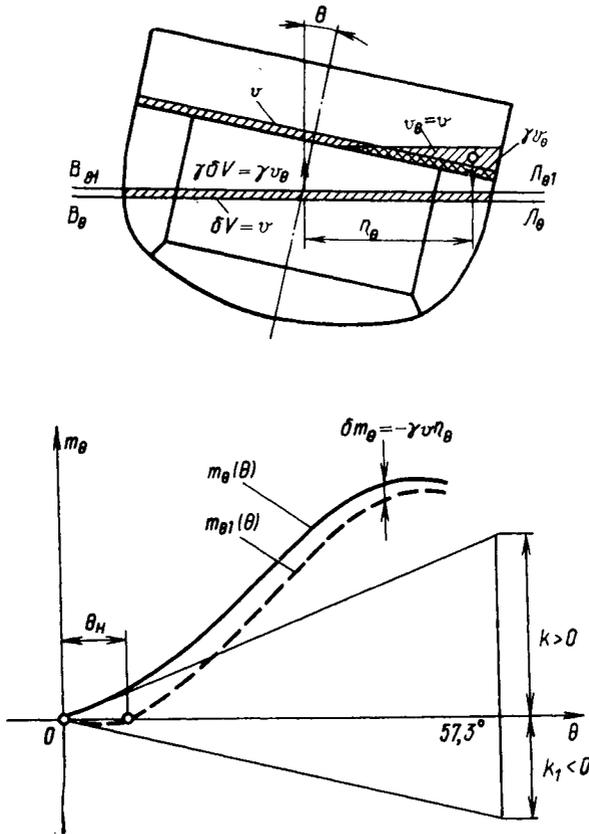


Рис. 3.23. Пример недействительной потери кораблем остойчивости от переливания воды в отсеках

Примером недейственной потери остойчивости является случай появления у корабля отрицательной начальной остойчивости вследствие наличия тонкого слоя воды на большом участке палубы (рис. 3.23). При этом поперечная ДСО поврежденного корабля $m_0(\Theta)$, получив незначительный по протяженности отрицательный участок, в остальном будет мало отличаться от поперечной ДСО неповрежденного корабля $m_0(\Theta)$, так как лишь при весьма малых углах наклона (пока не начнет оголяться часть залитой палубы от переливания воды на один борт) отрицательное приращение восстанавливающего момента δm_0 будет быстро возрастать по абсолютной величине, достигая значений, соизмеримых с восстанавливающим моментом неповрежденного корабля. При дальнейших же наклонах рост приращения δm_0 почти прекращается, и оно становится пренебрежимо малым по сравнению с возросшими восстанавливающими моментами.

3.2.3. Продольное спрямление

Как уже отмечалось, дифферент, вызванный повреждением корабля, может иметь для него следующие отрицательные последствия:

- ухудшение условий использования оружия и технических средств;
- ухудшение ходовых и маневренных качеств;
- уменьшение продольной и поперечной остойчивости.

В связи с этим большое значение приобретает продольное спрямление поврежденного корабля, имеющее целью восстановить в возможной степени утраченные или сниженные под влиянием дифферента его качества и предотвратить гибель от потери остойчивости. Вследствие большой продольной остойчивости надводных кораблей (даже с учетом ее уменьшения при повреждениях) их продольное спрямление весьма затруднительно. Для его осуществления требуется приложение больших продольных спрямляющих моментов, создание которых практически сложно или ведет к ухудшению других качеств корабля. Поэтому пределы применимости продольного спрямления существенно ограничены.

Учитывая это, В. Г. Власов рекомендовал:

— прибегать к продольному спрямлению лишь в случаях крайней необходимости и уменьшать дифферент не более того, чем требуется по соображениям ходкости, управляемости и использования оружия и технических средств;

— по соображениям устойчивости прибегать к продольному спрямлению лишь при уходе в воду верхней открытой палубы в оконечности корабля и доводить спрямление лишь до выхода ее из воды.

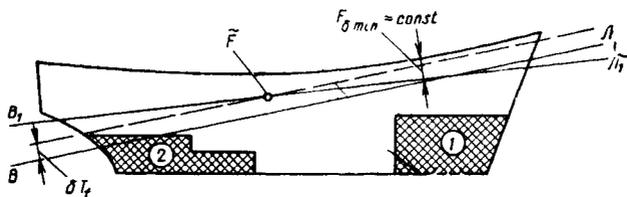


Рис. 3.24. Продольное спрямление корабля контрзатоплением: 1 — затопленные поврежденные отсеки; 2 — отсеки, намеренно затопленные для ликвидации дифферента; B/L — ватерлиния равновесия поврежденного корабля; B_1/L_1 — то же после спрямления

Последняя рекомендация особенно важна, поскольку уход в воду верхней палубы в оконечности корабля создает прямую угрозу потери как поперечной, так и продольной устойчивости.

Продольное спрямление контрзатоплением (намеренным затоплением отсеков в неповрежденной оконечности корабля), как правило, не рекомендуется, так как необходимость создания больших продольных спрямляющих моментов ведет при этом к значительному уменьшению запаса плавучести. Увеличение средней осадки δT_f (рис. 3.24) может оказаться столь значительным, что на большей части длины корабля высота надводного борта уменьшится и увеличения минимального ее значения $F_{\delta_{min}}$ практически не будет. Наиболее целесообразно уменьшать дифферент путем перекачки штатных корабельных жидких грузов (топлива, пресной воды) и осушения (после временной заделки) затопленных отсеков в поврежденной оконечности.

При угрозе ухода под воду верхней открытой палубы в оконечности корабля продольное спрямление приобретает столь важное значение для предотвращения потери кораблем устойчивости, что использо-

вание для этой цели контрзатопления, несмотря на все его недостатки, может оказаться не только вполне оправданным, но и необходимым. Примером этого служит рассмотренный выше случай гибели броненосца «Виктория», возможность спасения которого контрзатоплением кормовых отсеков была доказана адмиралом С. О. Макаровым на опытах с моделью.

Спрямяющие отсеки следует затоплять последовательно, не допуская образования больших свободных поверхностей воды одновременно в нескольких отсеках, могущих привести к существенному дополнительному уменьшению остойчивости. Для контроля остойчивости и симметричности затопления необходимо постоянно следить за креном корабля, не допуская его увеличения.

У легких кораблей (вплоть до крейсеров) весьма характерным повреждением от торпедного и минного оружия является отрыв оконечностей.

Характерным примером этого являются боевые повреждения крейсера «Максим Горький» и эскадренного миноносца на Балтике в начале Великой Отечественной войны.

В 18 ч 22 июня 1941 г. из Усть-Двинска вышел отряд кораблей в составе крейсера «Максим Горький» и эскадренных миноносцев «Гордый», «Гневный», «Стерегущий», имея задачу прикрыть минные постановки в устье Финского залива. Ввиду срочности задачи корабли шли без сопровождения тральщиков, полагаясь лишь на свои параваны-охранители. В ночь на 23 июня, имея ход 22 уз, отряд попал в устье Финского залива на заранее (перед войной) тайно выставленное немцами минное заграждение «Апольда».

Первым подорвался эскадренный миноносец «Гневный», а вслед за ним крейсер «Максим Горький». У обоих кораблей были оторваны носовые оконечности. Хотя «Гневный» остался на плаву и медленно погружался, боевая обстановка не позволила организовать его спасение, не рискуя остальными кораблями отряда. Экипаж с «Гневного» был снят «Гордым», а сам он был потоплен артиллерийским огнем наших кораблей.

У крейсера была оторвана носовая оконечность по носовую броневую переборку (до первой башни главного калибра), однако благодаря высокому уров-

ню обеспечения непотопляемости дальнейшее распространение воды по кораблю в корму от этой переборки удалось приостановить.

Отличная подготовка экипажа и хорошая организация борьбы за живучесть позволили удержать крейсер на плаву и привести его безопасным от мин прибрежным фарватером в Таллинн. Здесь на судоремонтном заводе в рекордно короткие сроки были устранены некоторые повреждения и подкреплены носовые переборки, после чего крейсер благополучно совершил переход в Кронштадт.

Рабочие и инженеры Балтийского и Кронштадтского Морского заводов в течение месяца провели большие восстановительные работы, и к середине августа 1941 г. «Максим Горький» вышел на огневую позицию в Ленинградский торговый порт.

С точки зрения теории непотопляемости отрыв оконечности эквивалентен затоплению по типу III категории соответствующих отсеков в оконечностях корабля и снятию груза, отвечающего массе оторванной части корпуса.

Влияние отрыва оконечности на плавучесть и остойчивость корабля существенно зависит от соотношения между характеристиками погруженного объема и нагрузки этой оконечности. Вес оконечностей обычно превышает их плавучесть, поэтому если затопление оконечности вызывает дифферент в сторону затопления, то отрыв ведет к дифференту в противоположную сторону.

Дифферент на нос обычно уменьшает остойчивость формы, а дифферент на корму — увеличивает ее. В обоих случаях остойчивость формы дополнительно уменьшается от потери действующей площади ватерлинии. Остойчивость веса при затоплениях оконечностей всегда увеличивается, а при отрыве — существенно зависит от положения центра тяжести оконечности по высоте. При отрыве носовой оконечности остойчивость веса обычно растет (в алгебраическом смысле), а при отрыве кормы — уменьшается.

Обычно отрыв кормы опаснее ее затопления, а отрыв носа, наоборот, менее опасен, чем его затопление.

Последний вывод подтверждается примером авиари эскадренного миноносца «Беспощадный», которому во время артиллерийской поддержки десанта под Одессой 22 сентября 1941 г. взрывом авиабомбы

почти оторвало носовую часть корпуса вплоть до первой пушки. Полуоторванная часть корпуса держалась только на нескольких деформированных листах обшивки. Так как отремонтировать корабль в осажденной Одессе было невозможно, решили отбуксировать его в Севастополь. Во время буксировки в шторм возросла опасность гибели корабля как от уменьшения его остойчивости, так и от дальнейшего нарушения водонепроницаемости, вызванной рывками полуоторванной оконечности.

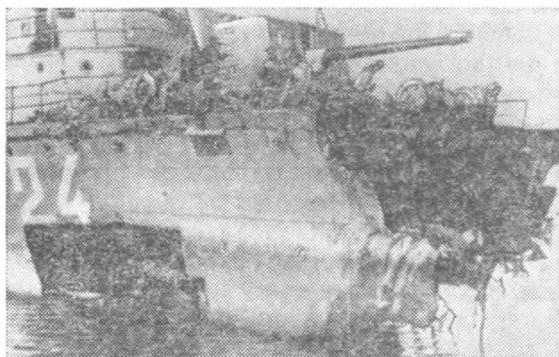


Рис. 3.25. Обрыв носовой оконечности эскадренного миноносца «Беспощадный»

Необходимо было отделить поврежденную оконечность. Не располагая никакими техническими средствами, экипаж корабля предпринял попытку положить начало разрыву обшивки в нужном направлении ударами топора по сильно напряженным ее листам. По мнению личного состава, именно эти действия вскоре привели к развитию вертикальных трещин, в результате чего носовая оконечность оторвалась и утонула, и состояние корабля значительно улучшилось. «Беспощадный» был успешно приведен в Севастополь (рис. 3.25).

Сделанные замечания не означают, разумеется, что отрыв кормовой оконечности всегда ведет к катастрофическим последствиям. Высокие конструктивные свойства кораблей и самоотверженная, умелая борьба за непотопляемость их личного состава нередко позволяли избежать гибели. В качестве примера

можно привести боевое повреждение эскадренного миноносца «Разъяренный», который был торпедирован немецкой подводной лодкой 20 января 1945 г. при конвоировании транспортов из Кольского залива в порт Линахамари. Самонаводящаяся акустическая торпеда попала в кормовую часть корабля, которая была оторвана взрывом.

Благодаря самоотверженной борьбе экипажа за непотопляемость, в ходе которой люди часами работали, стоя в холодной воде, удалось в необходимой степени подкрепить переборки и приостановить распространение воды по кораблю. «Разъяренный» сохранил плавучесть и остойчивость и подошедшим тральщиком был отбуксирован в базу.

3.2.4. Особенности спрямления подводных лодок

Особенности борьбы за надводную непотопляемость подводной лодки. Малая величина запаса плавучести подводной лодки обуславливает особую опасность его потери при повреждениях, которая возрастает при наличии бескингстонных ЦГБ, когда возможно дополнительное снижение запаса плавучести (особенно при сильном болнении). Малый запас плавучести, особенности формы корпуса и наличие на подводной лодке бескингстонных ЦГБ создают угрозу потери продольной остойчивости при затоплении отсеков и цистерн, особенно в оконечностях.

Возникновение ограниченного крена от наличия отрицательной начальной остойчивости у поврежденной подводной лодки, не имеющей непроницаемых горизонтальных платформ в отсеках, маловероятно. Подводная лодка при отрицательной начальной остойчивости, как правило, опрокидывается. В связи с этим как поперечное, так и продольное спрямление осуществляется обычно только приложением соответствующих поперечных и продольных спрямляющих моментов.

При выборе мероприятий по спрямлению необходимо стремиться к сохранению и восстановлению запаса плавучести. Для подводных лодок контрзатопление — крайняя мера, применяемая при угрозе гибели и невозможности предотвратить ее какими-либо другими мерами (на-

пример, перегонном дифферентовочной воды, удалением воды замещения, поддувом неповрежденных ЦГБ и т. п.). При контрзатоплении расходуется некоторая часть запаса плавучести, однако тем самым предотвращается полная его потеря при опрокидывании подводной лодки или получении ею больших дифферентов.

Как правило, наибольшую опасность для подводной лодки, особенно при повреждении в оконечности, представляет потеря продольной остойчивости. В связи с этим первостепенное значение имеют продольное спрямление подводной лодки и поддержание ее продольной остойчивости.

Весьма важны также поперечное спрямление и восстановление поперечной остойчивости поврежденной подводной лодки, если она получила значительный крен. Задачу спрямления всегда надо решать комплексно. В ряде случаев (при малых дифферентах) поперечное спрямление является основным*.

Условия эффективности продольного спрямления подводной лодки контрзатоплением. Продольное спрямление контрзатоплением является эффективной мерой восстановления (увеличения) продольной остойчивости подводной лодки при следующих условиях:

— уменьшение продольной остойчивости поврежденной подводной лодки обусловлено главным образом приложением дифферентующего момента, а не увеличением средней осадки (случай затопления малых объемов в оконечностях подводной лодки);

— уменьшение дифферентующего момента компенсирующим его продольным спрямляющим моментом преобладает над уменьшением продольного восстанавливающего момента вследствие увеличения средней осадки, вызванного контрзатоплением, что требует использования ЦГБ малого объема, наиболее удаленных в неповрежденную оконечность подводной лодки**.

* Дифферент считается малым, если непроницаемый объем (прочный корпус и неповрежденные ЦГБ) в оконечности не погрузился под воду.

** Приведенные условия относятся к восстановлению продольной остойчивости, а не к уменьшению угла дифферента, которое обеспечить значительно проще.

Указанные условия ограничивают возможность использования контрзатопления при восстановлении продольной остойчивости. Поэтому следует максимально использовать такие высокоэффективные, хотя и ограниченные средства продольного спрямления, как удаление с подводной лодки и перемещение (перегон, перекачка) жидких грузов и вспомогательного балласта. При равных значениях спрямляющих моментов осушение цистерн в поврежденной оконечности и перегон дифферентовочной воды в несколько раз эффективнее контрзатопления для восстановления продольной остойчивости.

При больших потерях запаса плавучести спрямление контрзатоплением неэффективно и может лишь ускорить гибель подводной лодки.

§ 3.3. ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ВОССТАНОВЛЕНИЮ ОСТОЙЧИВОСТИ И СПРЯМЛЕНИЮ ПОВРЕЖДЕННОГО КОРАБЛЯ

3.3.1. Рекомендуемая общая последовательность мероприятий

В борьбе за непотопляемость решается комплексная задача улучшения состояния поврежденного корабля, поэтому при выборе мероприятий по восстановлению остойчивости и спрямлению необходимо стремиться также к сохранению и восстановлению запаса плавучести, прибегая к его дополнительному расходованию лишь в случаях крайней необходимости. Следует помнить, что запас плавучести может быть очень легко и быстро утрачен, а восстановление его на поврежденном корабле представляет огромные трудности.

Как правило, следует отдавать предпочтение в первую очередь тем мероприятиям, которые увеличивают запас плавучести, затем таким, которые не изменяют его, и лишь в последнюю очередь использовать мероприятия, влекущие за собой расходование запаса плавучести.

Однако указанный принцип не должен применяться формально, без учета эффективности соответст-

вующих мероприятий, трудностей их выполнения и ряда других условий. В общем случае рекомендуется такая последовательность в выборе практических мероприятий по спрямлению поврежденного корабля и восстановлению его остойчивости:

1) откачка за борт воды из отсеков, расположенных выше ватерлинии;

2) откачка фильтрационной воды из других крупных отсеков с большими (широкими) свободными поверхностями;

3) устранение возможности нерегулируемого перетекания жидких грузов из отсеков одного борта в отсеки другого борта;

4) спуск воды в нижележащие отсеки (спуск воды из отсеков III категории не допускается);

5) осушение затопленных отсеков после временной заделки пробоев (днищевые отсеки осушать не рекомендуется);

6) перекачивание жидких грузов;

7) перемещение вниз (или с борта на борт) твердых грузов;

8) балластировка забортной водой (намеренное затопление низко расположенных отсеков, симметричных относительно ДП корабля) и контрзатопление бортовых и концевых отсеков;

9) откачивание за борт жидких грузов из высоко расположенных отсеков;

10) удаление за борт твердых грузов.

Как видно из перечня, мероприятия, рекомендованные в пп. 1, 2, 5, 9 и 10, ведут к увеличению запаса плавучести; мероприятия, указанные в пп. 3, 4, 6 и 7, не меняют плавучести, а мероприятие, рекомендованное в п. 8, ведет к расходованию запаса плавучести.

Некоторое несоответствие рекомендованной очередности мероприятий указанному выше общему принципу экономии запаса плавучести объясняется следующими причинами:

— осушение затопленных отсеков, несмотря на то что это мероприятие увеличивает запас плавучести, не включено в число первоочередных (п. 5) вследствие трудности заделки подводных пробоев корабельными средствами;

— откачивание за борт высоко расположенных жидких грузов и удаление за борт твердых грузов,

также ведущие к увеличению запаса плавучести, тем не менее рекомендуется использовать в последнюю очередь (пп. 9 и 10) из-за важности сохранения указанных категорий грузов на корабле для обеспечения его боевых действий, а по п. 10 также из-за малой эффективности этого мероприятия и ограниченных возможностей его использования.

Удаление за борт мелких грузов вообще не рекомендуется, поскольку это практически не улучшает остойчивости корабля*. Удаление тяжелых грузов за борт может быть предпринято только в крайних случаях, когда исчерпаны все другие средства по обеспечению безопасности корабля. Так же лишь в исключительных случаях следует прибегать к такой крайней мере, как откачивание топлива за борт, поскольку при этом не только сокращаются жизненно важные энергетические ресурсы корабля, но одновременно возрастает пожароопасность от разлитого по воде топлива (особенно если корабль, хотя бы временно, потерял ход). Откачивание за борт топлива и других жидких грузов из междудонных цистерн вообще недопустимо, так как это снижает остойчивость корабля.

Таким образом, принцип максимальной экономии запаса плавучести при спрямлении поврежденного корабля и восстановлении его остойчивости ни в каком случае нельзя возводить в догму. Следует еще раз указать на относительно большую опасность гибели современных боевых кораблей от опрокидывания вследствие потери остойчивости, чем от потери плавучести. Поэтому указанный принцип максимальной экономии запаса плавучести следует подчинить более общему принципу — обеспечить сохранение кораблем остойчивости вплоть до полной утраты им запаса плавучести. Подчеркивая известное своеобразие этого принципа, А. Н. Крылов формулировал его так: «Корабль должен тонуть, не опрокидываясь».

Для надводных боевых кораблей, имеющих в эксплуатационных условиях очень большие запасы

* В инструкции по борьбе за живучесть ВМС США, введенной в 1944 г., специально оговаривалась нецелесообразность сбрасывания за борт для повышения остойчивости пишущих машинок.

плавучести $A > V$, при необходимости быстрого принятия мер по восстановлению остойчивости и спрямлению поврежденного корабля предпочтение может быть отдано таким мероприятиям, как балластировка и контрзатопление, поскольку они во многих случаях окажутся наиболее эффективными по быстрдействию. Сущность этих мероприятий в том и состоит, чтобы ценой расхода некоторой части запаса плавучести предотвратить полную его потерю, неизбежную при потере кораблем остойчивости, или этой же ценой восстановить боеспособность корабля, утраченную вследствие больших кренов и дифферентов.

Принцип спрямления поврежденного корабля контрзатоплением, кажущийся теперь столь простым и естественным, был впервые предложен в 1870 г. С. О. Макаровым, однако в то время, как указывал академик А. Н. Крылов, «...показался Морскому техническому комитету столь великой ересью, что потребовалось 35 лет, гибель Макарова, Цусима, а затем, в бытность мою с 1908 г. главным инспектором кораблестроения и председателем Морского технического комитета, рассылка в синих конвертах* писем за моей подписью нескольким превосходительным особам, чтобы убедить в справедливости, практической важности и осуществимости идей 22-летнего мичмана Макарова».

Противники принципа спрямления поврежденного корабля контрзатоплением даже много лет спустя продолжали считать, что «идея приема воды внутрь корабля в тот момент, когда корабль борется с поступлением воды, в корне неправильна» [20, с. 161].

Убедительным доказательством правильности идеи спрямления корабля контрзатоплением являются случаи из боевой практики, когда повторные повреждения, в результате которых уменьшался имевшийся ранее крен, не ухудшали состояния корабля, а спасали его от гибели.

Одним из таких примеров может служить неудачная атака русскими крейсерами 1 августа 1904 г. японского транспорта «Садо Мару», так описанная академиком А. Н. Крыловым: «Сперва выпустили ми-

* В синих конвертах рассылались письма о предстоящем ближайшим приказом увольнении получателя от службы.

ну (торпеду) ему в один борт, а когда транспорт получил чрезвычайно опасный или гибельный крен, то вторую мину (торпеду) ему пустили в другой борт; этим его спрямили и спасли от гибели...»

Аналогичный случай имел место с немецким линейным крейсером «Гебен» (водоизмещение 23 000 т), который 26 декабря 1914 г. у Босфора последовательно подрывался на двух русских минах заграждения. Благодаря тому что пробоины оказались расположенными диагонально (одна в носу с левого борта, а другая в корме с правого борта), корабль, приняв около 2000 т воды, не получил крена и дифферента и самостоятельно пришел в базу.

Одним из первых примеров успешного практического применения контрзатопления для предотвращения гибели корабля от опрокидывания явилось спрямление броненосца 1-й Тихоокеанской эскадры «Цесаревич», получившего попадание торпеды при первом нападении японцев на Порт-Артур ночью 26 января 1904 г. Быстрыми и правильными действиями трюмного инженера-механика Федорова, отдавшего приказание затопить пустые бортовые отсеки противоположного поврежденному борта, нарастание крена корабля было остановлено при 17°, когда уже начали входить в воду порты противоминной артиллерии, и тем самым корабль был спасен от опрокидывания.

Тогда же на другом из торпедированных броненосцев «Ретвизан» впервые были практически использованы для определения посадки поврежденного корабля (после снятия с мели) и для подбора спрямляющих отсеков таблицы непотопляемости А. Н. Крылова.

Изложенные принципы спрямления поврежденного корабля и восстановления его остойчивости целиком применимы и в борьбе за надводную непотопляемость подводной лодки. Использование этих принципов имеет при этом следующие особенности:

— практическое выполнение мероприятий по спрямлению существенно упрощается и ускоряется благодаря наличию на подводных лодках специальных систем погружения, всплытия, замещения и дифферентовки, которые с точки зрения борьбы за непотопляемость являются мощными противокреновой и противодифферентной системами;

— сравнительно малое число водонепроницаемых отделений (отсеков и цистерн), на которые разделен корпус подводной лодки, упрощает подбор мер по восстановлению остойчивости и спрямлению и позволяет пользоваться заранее рассчитанными вариантами, приведенными в Таблице надводной непотопляемости;

— существенно меньший, чем на надводных кораблях, запас плавучести подводных лодок требует особой осторожности в его расходовании, что ограничивает возможности контрзатопления;

— существенно большая, чем у надводных кораблей, опасность уменьшения продольной остойчивости и нарастания дифферентов, что увеличивает роль продольного спрямления поврежденных подводных лодок.

3.3.2. Анализ эффективности конкретных мероприятий по восстановлению остойчивости и поперечному спрямлению поврежденного корабля

При выборе мероприятий по восстановлению остойчивости и спрямлению поврежденного корабля необходимо предварительно проанализировать их эффективность исходя из конкретных условий данного корабля и соответствующей аварийной обстановки.

Ни в коем случае нельзя при этом ограничиваться только известными из учебников общими соображениями о влиянии тех или иных мероприятий на посадку и остойчивость корабля. Тем более нельзя формально подходить и к рекомендациям корабельной документации по непотопляемости, хотя они и относятся к конкретному кораблю. Корабельная документация должна рассматриваться как пособие, а не как собрание «рецептов», пригодных во всех случаях и избавляющих от необходимости думать и принимать такие решения, которые отвечают обстановке. Действия по шаблону в борьбе за непотопляемость могут принести непоправимый вред.

Так, например, если, руководствуясь известным положением об увеличении остойчивости от переноса груза вниз и соответствующей рекомендацией об использовании для восстановления остойчивости спуска воды из верхних отсеков в нижние, спустить воду из высоко расположенного отсека II категории с малой свободной поверхностью в низко расположенный большой отсек, в котором спущенная вода разливается по большой (широкой) площади, вследствие чего поперечный момент инерции свободной поверхности в результате спуска увеличивается, то последствия такого мероприятия могут оказаться противоположными ожидаемым.

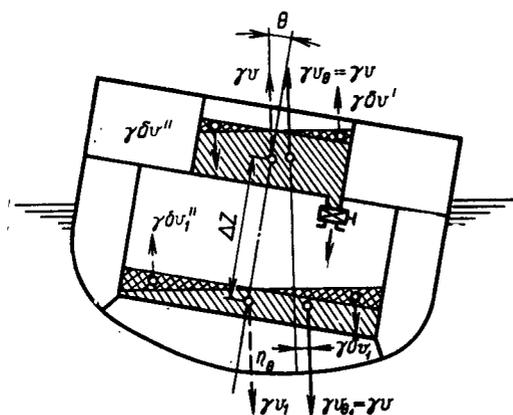


Рис. 3.26. Неэффективность спуска воды в нижележащий отсек, когда ширина его больше, чем верхнего

Действительно (рис. 3.26), хотя момент остойчивости веса получит при этом положительное приращение δm_1 , равное моменту пары γv , γv_1 , но вредное влияние на остойчивость переливания воды увеличится, так что восстанавливающий момент одновременно получит отрицательное приращение δm_2 , равное разности моментов пар $\gamma \delta v'$, $\gamma \delta v''$ и $\gamma \delta v_1'$, $\gamma \delta v_1''$. В случае $|\delta m_2| > \delta m_1$ суммарное приращение восстанавливающего момента

$$\delta m_0 = \delta m_1 + \delta m_2 = m(\gamma v, \gamma v_1) + m(\gamma \delta v', \gamma \delta v'') - m(\gamma \delta v_1', \gamma \delta v_1'') = -\gamma v \eta_0$$

окажется отрицательным, т. е. в результате спуска воды ее ЦТ (при крене) сместится в сторону вошедшего в воду борта, как это показано на рис. 3.26 (η_0 — смещение линии действия силы γv_0 относи-

тельно линии действия силы γv_0). Спуск воды в этом случае вопреки ожидаемым результатам приведет к уменьшению остойчивости и росту крена корабля.

Очевидно, что указанное мероприятие по восстановлению остойчивости и спрямлению крена окажется наиболее эффективным в тех случаях, когда в результате спуска воды ее свободная поверхность полностью ликвидируется, т. е. нижележащий отсек будет заполнен целиком (рис. 3.27). Но и при таких благоприятных условиях на промежуточных этапах спуска, когда вместо одной свободной поверхности воды в высоко расположенном отсеке свободные поверхности будут в обоих отсеках, остойчивость корабля может временно уменьшаться.

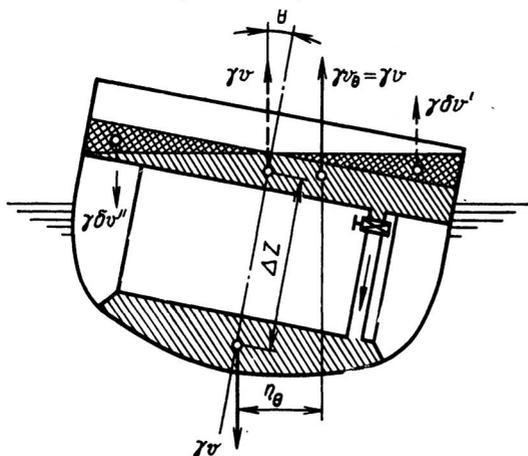


Рис. 3.27. Увеличение остойчивости корабля от спуска воды в нижележащий отсек, ширина которого меньше, чем верхнего

С подобным обстоятельством можно встретиться также при балластировке и контрзатоплении, когда в процессе приема забортной воды в низко расположенные отсеки остойчивость корабля может временно понижаться из-за большого отрицательного влияния свободных поверхностей воды, сохраняющихся в них до полного затопления отсеков. Действительно, как показано на рис. 3.28, а, хотя остойчивость корабля без учета переливания балласта на промежуточном этапе балластировки возрастает, что характеризуется положительным значением момента

$$\begin{aligned} \delta m_1 &= m (\gamma v_{01}, \gamma \delta V_1) = \gamma v_1 (z_{\delta V} - z_v) \sin \Theta = \\ &= \gamma v_1 \delta z_1 \sin \Theta, \end{aligned}$$

но при этом одновременно скажется вредное влияние на остойчивость переливания поступившей в отсек воды, характеризующее отрицательной поправкой к восстанавливающему моменту:

$$\delta m_1' = m(\gamma \delta v', \gamma \delta v'') \approx -\gamma i_x \Theta.$$

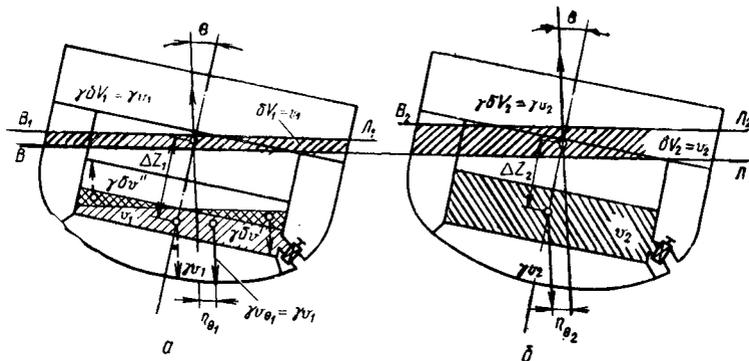


Рис. 3.28. Анализ эффективности балластировки:

a — промежуточный этап балластировки; *б* — конечный этап балластировки

В результате если $|\delta m_1'| > \delta m_1$, то суммарное приращение восстанавливающего момента

$$\delta m_{\theta_1} = \delta m_1 + \delta m_1' = m(\gamma v_{\theta_1}, \gamma \delta V_1) = -\gamma v_1 \eta_{\theta_1}$$

окажется отрицательным, так что в процессе балластировки (особенно вначале) остойчивость корабля может уменьшиться. К концу же балластировки, когда отсек окажется затопленным целиком (рис. 3.28, *б*), восстанавливающий момент получит положительное приращение

$$\delta m_{\theta_2} = m(\gamma v_2, \gamma \delta V_2) = \gamma v_2 \eta_{\theta_2},$$

так что в конечном итоге балластировка сыграет соответствующую положительную роль в восстановлении остойчивости.

Изменения коэффициента поперечной остойчивости в процессе балластировки прямоугонного и прямоугонного в плане отсека шириной δ , показанного на рис. 3.29, иллюстрируются графиками:

$$\delta k_0(\tau), \delta k'(\tau), \delta k''(\tau), \delta k(\tau) \text{ и } \delta k_D(\tau),$$

- где δk_0 — приращение коэффициента остойчивости без учета переливания воды от приема балласта в отсек;
- $\delta k'$ — поправка к коэффициенту остойчивости на переливание воды;
- $\delta k''$ — действительная поправка к коэффициенту остойчивости на переливание воды;
- δk — полное приращение коэффициента остойчивости от приема воды в отсек;
- δk_d — действительное приращение коэффициента остойчивости от приема воды;
- τ — отношение толщины слоя воды в отсеке к высоте отсека ($\tau = t/t_n$, $\tau \cdot 100$ — процент затопления отсека).

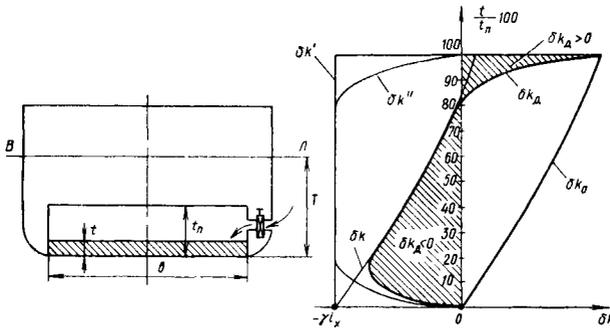


Рис. 3.29. Изменение начальной остойчивости корабля в процессе балластировки

Все указанные выше графики построены при $t_n = b/4$ и $T/t_n = 2$. Изменение осадки корабля в процессе балластировки для простоты не учитывалось, вследствие чего значения величин δk_0 , δk и δk_d несколько занижены (определены с ошибкой в безопасную сторону). Величина δk_d определена по формуле

$$\delta k_d = \frac{\delta m_0}{\theta} \Big|_{\theta=5^\circ},$$

т. е. характеризует изменение восстанавливающего момента при крене 5° .

Анализ кривых $\delta k(\tau)$ и $\delta k_d(\tau)$ показывает, что в начале балластировки начальная остойчивость корабля, как правило, умень-

шается*, причем это уменьшение вскоре становится действенным, и только к концу балластировки можно ожидать существенного положительного ее влияния на остойчивость корабля. Поэтому, принимая решение о восстановлении остойчивости путем балластировки или спуска воды в нижележащие отсеки, надо учитывать не только этот положительный эффект, но и изменения остойчивости на промежуточных этапах. Например, если остойчивость корабля понижается из-за продолжающегося распространения воды по кораблю или по другим причинам (в частности, от обмерзания), то балластировка или спуск воды вниз должны быть начаты прежде, чем уменьшение остойчивости корабля пойдет слишком далеко. Иначе, дополнительное падение остойчивости в начальный период балластировки или спуска воды может оказаться губительным для корабля, так что эти мероприятия вместо улучшения состояния корабля только ускорят его гибель.

Учет изменений остойчивости на промежуточных этапах ее восстановления или спрямления поврежденного корабля особенно важен в тех случаях, когда эти мероприятия выполняются с использованием маломощных систем и, следовательно, продолжаются длительно.

Учитывая отрицательное влияние на остойчивость свободных поверхностей в частично заполненных водой или жидкими грузами отсеках, необходимо всегда стремиться к уменьшению числа и размеров таких свободных поверхностей, используя перераспределение жидких грузов по отсекам (цистернам), откачку их за борт и дополнительный прием воды в частично затопленные отсеки из-за борта. Эффективность последнего мероприятия иллюстрируется рис. 3.30, на котором показано увеличение остойчивости корабля от дополнительного приема воды (до «запрессовки») в частично заполненный днищевой отсек, в результате чего восстанавливающий момент получает положительное приращение:

$$\delta m_{\theta_1} = m(\gamma v_{\theta_1}, \gamma \delta V_{\theta_1} = \gamma v_{\theta_1}, \eta_{\theta_1} \bullet$$

* Указанного уменьшения может не быть при большой килеватости корабля или по другим причинам, вызывающим клинговидность отсека в его нижней части.

В процессе изучения своего корабля следует проанализировать реальные возможности восстановления его остойчивости за счет перемещения вниз и удаления за борт штатных жидких, а также твердых грузов. Как правило, последние мероприятия (перемещение и удаление за борт твердых грузов) эффективны только для малых кораблей. Например, сбрасывание за борт такого сравнительно большого палубного груза, как полный запас мин заграждения,

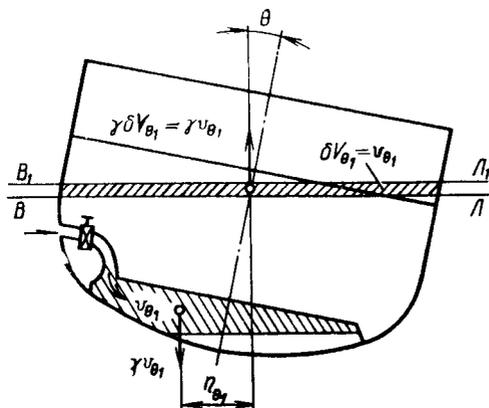


Рис. 3.30. Увеличение остойчивости корабля от «запрессовки» частично заполненных водой отсеков

увеличивает поперечную метацентрическую высоту эскадренного миноносца водоизмещением 2500—4000 т не более чем на 5—10 см, тогда как для сторожевого корабля водоизмещением 1000—2000 т такое же мероприятие дает примерно вдвое больший эффект, несмотря на несколько меньшую суммарную массу запаса мин*.

Весьма эффективным средством поддержания и восстановления плавучести и особенно остойчивости поврежденного корабля является остропка у его бортов судоподъемных понтонов.

Поперечная начальная остойчивость получает наиболее значительные положительные приращения, если после продувания понтонов они окажутся погруженными на половину своей высоты.

* Выгрузка с верхней палубы крейсера «Красный Кавказ» 4 января 1942 г. доставленных в Феодосию 1200 бойцов, 12 зенитных орудий, 1700 ящиков снарядов, 10 автомашин и двух тракторов-тягачей привела к увеличению поперечной метацентрической высоты корабля всего на 9 см.

Использование судоподъемных понтонов в указанных целях существенно ограничено ненадежностью (недостаточной жесткостью и прочностью) их крепления к кораблю (обычно тросовыми стропами и найтовыми) в условиях волнения. Как правило, это средство применимо лишь в портах и на закрытых рейдах, а в открытом море только при отсутствии сколько-нибудь значительного волнения. Обрыв стропов или найтовок, крепящих понтоны, может привести не только к уменьшению плавучести и резкому падению остойчивости, но и к повреждению корпуса корабля ударами понтонов.

Морской буксир «Альбатрос» (водоизмещение 920 т) после снятия с камней у о. Сахалин в 1947 г. был заведен в порт Невельск с двумя 80-тонными и двумя 40-тонными понтонами, остропленными у его бортов. При последующей буксировке аварийного судна через Татарский пролив на ремонт в порт Советская Гавань караван был застигнут штормом. Ударами понтонов о борта судна были разбиты бетонные заделки повреждений, что вызвало затопление отсеков. Стропы, удерживавшие понтоны, от рывков на волнении оборвались, и судно затонуло.

3.3.3. Допустимые пределы снижения запаса плавучести поврежденного корабля

В борьбе за непотопляемость требуется решить комплексную задачу улучшения состояния поврежденного корабля, что включает меры по сохранению, а если возможно, то и восстановлению его запаса плавучести. Большая величина запаса плавучести боевых надводных кораблей до повреждений, а также особая опасность для них потери остойчивости при повреждениях позволяют во многих случаях идти на частичное дополнительное расходование запаса плавучести при восстановлении остойчивости и спрямлении. Однако такой расход плавучести не должен выходить за некоторые разумные пределы.

Крылатую фразу А. Н. Крылова: «Корабль должен тонуть, не опрокидываясь» — нельзя понимать буквально. Как было отмечено выше, смысл ее не в предпочтительности той или иной формы гибели корабля (тонуть сразу или сначала опрокидываться, а

пото́м тонуть), а в позитивном требовании сохранять стойчивость до полной утраты запаса плавучести.

В аварийной обстановке нельзя исключать вероятность дальнейшего распространения воды по кораблю. Переборки и палубы, ограничивающие район затопления, могут потерять прочность и водонепроницаемость, следствием чего явится дополнительная потеря плавучести. Таким образом, в ходе борьбы за непотопляемость не следует допускать уменьшения запаса плавучести до величины, меньшей такой возможной дополнительной потери. В зависимости от размеров и типа корабля, а также других конкретных условий указанный неснижаемый запас плавучести может быть принят различным. За него может быть принят, например, объем одного или двух автономных отсеков, подвергающихся затоплению при прорыве главных поперечных переборок, ограничивающих район повреждения.

Понятно, что предусмотренный вероятный прорыв переборок не должен (по условиям сохранения стойчивости и прочности) привести к уходу в воду верхней открытой палубы поврежденного корабля, поэтому лимитироваться должен неснижаемый эффективный запас плавучести (без учета непроницаемых объемов, лежащих выше предельной линии погружения).

§ 3.4. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СПОСОБОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОСТОЙЧИВОСТИ И СПРЯМЛЕНИЯ ПОВРЕЖДЕННОГО КОРАБЛЯ

3.4.1. Классификация способов спрямления

Мероприятия по восстановлению стойчивости и по спрямлению поврежденного корабля тесно взаимосвязаны, что позволяет объединять их под общим названием спрямление, если существо задачи не требует отдельного рассмотрения восстановления стойчивости и собственно спрямления.

Способом спрямления принято называть способ выбора соответствующих мероприятий и проверки их эффективности (независимо от конкретного содержания этих мероприятий). Меры по ликвидации

(уменьшению) крена называют поперечным спрямлением, а меры по уменьшению дифферента — продольным спрямлением.

Отдельные способы спрямления отличаются друг от друга в основном по двум признакам:

— по преимущественному использованию в качестве исходной информации данных о затоплении отсеков или о посадке поврежденного корабля и ее изменениях;

— по преимущественному использованию результатов заранее выполненных расчетов или расчетов, выполняемых непосредственно в ходе решения аварийной задачи.

В соответствии с изложенным способы спрямления делятся на три основные группы:

— расчетные и расчетно-графические, состоящие в основном в расчетной или расчетно-графической проверке эффективности выбранных мер по спрямлению (способы А. Н. Крылова, Г. Е. Павленко, Д. В. Дорогостайского и др.);

— готовых рекомендаций, основанные на заранее выполненных расчетах для типовых вариантов повреждений;

— экспериментальные, основанные на контроле за изменениями посадки корабля в процессе спрямления (первый способ В. Г. Власова).

Способы первых двух групп требуют наличия полной информации об исходном состоянии корабля до повреждения и о затоплении его отсеков. Применение экспериментальных способов возможно при недостатке (отсутствии) такой информации, но требует достаточно точного контроля взаимно обусловленных изменений нагрузки (затопления) и посадки аварийного корабля при спрямлении.

Широкое применение получили способы, представляющие собой комбинацию указанных трех основных групп.

3.4.2. Расчетные и расчетно-графические способы

Способ А. Н. Крылова. Сущность способа и порядок действий при его применении следующие:

1) по данным о нагрузке (посадке и остойчивости) корабля до повреждения и данным о затоплении от-

секов определяют приближенным расчетом посадку и остойчивость поврежденного корабля. Для поперечного спрямления особенно важно определение знака начальной остойчивости (знака h) и начального восстанавливающего момента $m_0 = -m_{кр}$. Сравнение найденных расчетом параметров посадки поврежденного корабля с параметрами его фактической посадки позволяет приближенно оценить общую достоверность выполненного расчета;

2) назначают мероприятия по спрямлению поврежденного корабля и восстановлению его остойчивости. Поперечный спрямляющий момент выбирают из условия $m_{спр} = m_0$. В соответствии с общими принципами обеспечения непотопляемости мероприятия по спрямлению выбирают так, чтобы они вели к возможно меньшему расходу запаса плавучести и увеличению остойчивости (**запрещается** неполное затопление отсеков). Целесообразно также сочетать поперечное спрямление с продольным;

3) проверяют приближенным расчетом эффективность выбранных мероприятий. Результаты расчета характеризуют изменения посадки и остойчивости спрямленного корабля по сравнению с его посадкой и остойчивостью до повреждения;

4) если расчетные результаты спрямления будут признаны удовлетворительными, выбранный вариант спрямления принимается к практическому выполнению. В противном случае выбирают другой вариант и повторяют расчеты по п. 3.

Способ А. Н. Крылова, предложенный в 1902 г. и впервые практически примененный в период русско-японской войны 1904—1905 гг., около 50 лет был общепринятым в отечественном флоте. Этот способ сыграл большую прогрессивную роль в деле борьбы за непотопляемость. Однако он не свободен от серьезных недостатков, ограничивающих и затрудняющих его применение, а именно:

— приближенность расчетов, которая может привести к существенным ошибкам;

— значительная трудоемкость расчетов, требующая длительного времени, а также возможность появления случайных ошибок при их выполнении в аварийной обстановке;

— возможность применения способа только при наличии достаточно полной и достоверной информа-

ции об исходном состоянии корабля и о затопленных отсеках.

Способы Г. Е. Павленко и Д. В. Дорогостайского отличаются от способа А. Н. Крылова* более точным определением посадки и остойчивости поврежденного и спрямленного корабля. Оба способа еще более трудоемки, чем способ А. Н. Крылова, а принципиально более высокая их точность зачастую утрачивается в ходе графических построений, трудно выполнимых в аварийной обстановке. Для применения обоих этих способов, так же как для способа А. Н. Крылова, необходима полная и достоверная информация об исходном состоянии корабля и затоплении отсеков.

Пути устранения недостатков расчетных способов спрямления. Радикальным путем улучшения сбора информации о затоплении отсеков является оборудование кораблей надежной и живучей системой дистанционного контроля затопления. Столь же радикальным средством сокращения длительности, повышения точности и надежности необходимых для спрямления корабля расчетов непотопляемости является использование для этих целей специализированных корабельных ЭВМ. Оптимальным вариантом следует считать органическое сочетание этих двух средств, обеспечивающее автоматический ввод информации о затоплении в ЭВМ.

Поскольку даже при наличии совершенных систем дистанционного контроля затопления нельзя исключить возможности неучтенных факторов, расчетный способ во всех случаях (особенно при тяжелых повреждениях) целесообразно подстраховывать поэтапным выполнением спрямления с промежуточным контролем его эффективности по фактическим изменениям посадки спрямляемого корабля.

3.4.3. Спрявление на основе готовых решений

Одним из вариантов способа готовых решений являлись так называемые **боевые таблицы непо-**

* Погрешности способа А. Н. Крылова обусловлены в основном допущениями о прямобортности корабля, прямолинейности отсеков и использовании линейных метacentрических формул остойчивости.

топляемости*, предложенные в 1932 г. Л. А. Коршуновым, Ю. П. Шиманским и С. Т. Яковлевым в целях устранения одного из основных недостатков способа А. Н. Крылова — большой трудоемкости и длительности расчетов. Эти таблицы представляли собой сборники готовых решений для ряда вариантов затоплений отсеков корабля и соответствующих рациональных вариантов спрямления. Типичным примером способа готовых решений является применение для спрямления аварийной подводной лодки **таблицы надводной непотопляемости**, представляющей собой, по существу, боевую таблицу непотопляемости.

Таблица надводной непотопляемости состоит из двух частей: левой — «Авария», содержащей данные о посадке, запасе плавучести и остойчивости аварийной подводной лодки в рассматриваемом случае повреждения, и правой — «Спрямление», в которой приведены рекомендации по спрямлению, а также характеристики посадки, запаса плавучести и остойчивости подводной лодки после спрямления.

Достоинство таблицы — простота использования, исключающая необходимость каких-либо расчетов в аварийной обстановке. Достаточно в левой части найти вариант, близкий к фактическому затоплению, а в правой прочесть рекомендации по спрямлению.

Недостатки таблицы, ограничивающие возможность ее применения:

— потребность в достаточно полной информации о затоплении;

— малочисленность типовых расчетных вариантов повреждений (малая вероятность совпадения фактического затопления с расчетным);

— включение в число рекомендуемых мер по спрямлению только контрзатопления цистерн (ЦГБ);

— неучет в рекомендациях гидрометеорологических условий, существенно влияющих на состояние аварийной подводной лодки.

3.4.4. Практический способ спрямления В. Г. Власова

Способ, предложенный В. Г. Власовым в 1940 г. и дополненный автором в начале 50-х годов, включает:

* В настоящее время этот термин официально не употребляется.

— оценку знака и восстановление начальной остойчивости поврежденного корабля;

— первый способ спрямления (при положительной начальной остойчивости);

— второй способ спрямления;

— комбинированный способ спрямления.

Оценка знака начальной остойчивости и восстановление начальной остойчивости поврежденного корабля. Оценка знака начальной остойчивости поврежденного корабля осуществляется путем сравнения двух условных величин: учетной массы* потребного балласта $p_{п}$, наличие которого на корабле обеспечивает положительную начальную остойчивость с некоторым запасом, и учетной массы располагаемого (имеющегося на корабле) балласта $p_{р}$. Знак начальной остойчивости определяется при этом знаком разности $\delta p = p_{р} - p_{п}$, именуемой учетной массой избыточного балласта. Начальная остойчивость считается положительной, если $\delta p > 0$, и отрицательной, если $\delta p < 0$.

Для применения способа все отсеки на корабле разделены на две группы: низко расположенные отсеки, заполнение которых целиком (водой или топливом) увеличивает остойчивость; все остальные отсеки, полное или частичное затопление которых может уменьшать остойчивость. Воду и топливо в отсеках первой группы рассматривают как балласт учетной массой $p_{у}$. Затопление отсеков второй группы учитывают соответствующими потерями метацентрической высоты δh .

На основании предварительных расчетов устанавливают, сколько балласта надо иметь при той или иной потере метацентрической высоты (зависимость $p_{п}$ от общей потери δh).

При практическом использовании способа подсчитывают $\delta h_{общ}$ как сумму потерь остойчивости от затопления отсеков второй группы: $\delta h_{общ} = \Sigma \delta h$.

Используя зависимость $p_{п}(\delta h_{общ})$, находят учетную массу потребного балласта $p_{п}$.

По отсекам первой группы подсчитывают учетную массу располагаемого балласта $p_{р} = \Sigma p_{у}$. Вычисляют

* Учетная масса балласта — условная масса, учитывающая различное влияние на начальную поперечную остойчивость балласта (жидких грузов) в цистернах, имеющих различное возвышение ЦВ.

учетную массу избыточного балласта $\delta p = p_p - \bar{p}_п$ и по ее знаку определяют знак начальной остойчивости поврежденного корабля (знак h).

Восстановление начальной остойчивости возможно двумя принципиально различными путями:

— уменьшением $p_п$ (путем сокращения потерь остойчивости) до величины p_p ;

— увеличением p_p (путем дополнительной балластировки) до величины $p_п$.

При прочих равных условиях первый путь предпочтительнее, поскольку второй всегда ведет к уменьшению запаса плавучести.

Применение данного способа требует наличия сведений о затоплении отсеков. Однако задача упрощается благодаря тому, что наиболее вероятно отсутствие достоверных данных о затоплении днищевых отсеков, входящих в первую группу. Сомнительные отсеки этой группы рекомендуется считать пустыми, что может привести к ошибке лишь в безопасную сторону. При балластировке эти отсеки следует использовать в первую очередь, что исключит их из числа сомнительных.

Характерной особенностью рассматриваемого способа является использование принципиально неправильного способа наложения при вычислении $\delta h_{\text{общ}} = \sum \delta h$. Но ради простоты на это идут, исключая возможность ошибок в опасную сторону введением специального запаса остойчивости.

Первый способ В. Г. Власова. Предназначен для случаев, когда m_0 неизвестен, но есть уверенность, что $h > 0$ (второй типовой случай). В этом способе принят экспериментальный метод подбора спрямляющих моментов.

В основу первого способа положены два принципа:

— поэтапность спрямления, состоящая в последовательном наращивании спрямляющих моментов до необходимой величины (рис. 3.5);

— систематический контроль за состоянием корабля в процессе спрямления, позволяющий корректировать на каждом этапе принятую схему спрямления и более уверенно выполнять каждый следующий этап.

Исходными данными для спрямления служат статические крен и дифферент поврежденного корабля и их изменения в процессе спрямления. Контроль за

Этими изменениями позволяет приближенно оценивать остойчивость корабля и, основываясь на этом, более обоснованно выбирать спрямляющие моменты последующих этапов, укрупняя этапы и сокращая их общее число.

Например, если известно, что момент m_1 при нормальном водоизмещении корабля (при коэффициенте остойчивости k_n) спрямляет крен Θ_T , а фактически спрямляет крен $\Theta_0 - \Theta_1$, то коэффициент остойчивости спрямляемого корабля k_1 во столько раз меньше k_n , во сколько раз $\Theta_0 - \Theta_1$ больше Θ_T .

Следовательно, для спрямления остаточного крена Θ_1 (второй этап спрямления) в первом приближении нужен поперечный спрямляющий момент $m_2' = m_1 [\Theta_T / (\Theta_0 - \Theta_1)]$. Учитывая нелинейность поперечной ДСО поврежденного корабля, во избежание ошибок в опасную сторону (перекренивания корабля на противоположный борт) фактически прикладывают меньший спрямляющий момент $m_2'' = \lambda m_2'$, где $\lambda < 1$. Аналогично выполняют, если потребуется, третий этап спрямления.

Из сказанного очевидна важность точных замеров статических крена и дифферента, для чего в условиях волнения используют упомянутые выше приборы.

Недостатком первого способа является в известном смысле произвольный выбор спрямляющего момента первого этапа m_1 (выбирается по рекомендациям инструкций).

Второй способ В. Г. Власова. Предназначен для ликвидации крена и дифферента поврежденного корабля, вызванных действием кренящего и дифферентующего моментов, обусловленных затоплением отсеков, в тех случаях, когда эти моменты известны, т. е. при наличии достаточно полной информации о затоплении.

Условием ликвидации крена, вызванного несимметричностью затопления, является равенство спрямляющего и начального восстанавливающих моментов $m_{спр} = m_0$. В принципе аналогично ликвидируется дифферент из условия равенства продольного спрямляющего момента $M_{спр}$ начальному продольному восстанавливающему моменту M_0^* .

* Практически полное продольное спрямление трудно осуществить (см. 3.2.3).

Метод подбора спрямляющих отсеков из условий $m_{\text{спр}}=m_0$ и $M_{\text{спр}}=M_0$ впервые был предложен С. О. Макаровым в 1870 г., когда им были составлены таблицы изменений крена и дифферента броненосца «Русалка» от затопления каждого из его отсеков без учета изменений остойчивости, вызванных затоплением. В связи с этим второй способ В. Г. Власова иногда называют способом С. О. Макарова.

Комбинированное применение первого и второго способов В. Г. Власова относится к наиболее реальному случаю, когда информация о затоплении отсеков имеется, но ее нельзя считать полной.

В этих случаях рекомендуется первый этап спрямления выполнять по второму способу, принимая за $m_0 = -m_{\text{кр}}$ поперечный начальный восстанавливающий момент равным взятой с обратным знаком сумме начальных кренящих моментов $m_{\text{кр}i}$, создаваемых отсеками, о затоплении которых известно.

Второй и последующие этапы выполняют по первому способу (если есть уверенность, что $h > 0$).

Легко видеть, что комбинированный способ позволяет более обоснованно выбирать спрямляющий момент первого этапа, как

$$m_1 = - \sum_{\substack{\text{и т. в.} \\ \text{повр.}}} m_{\text{кр}i}.$$

Особенности продольного спрямления обусловлены практической трудностью создания продольного спрямляющего момента $M_{\text{спр}}$, обеспечивающего полную ликвидацию дифферента, или же сильным уменьшением запаса плавучести при полном спрямлении. Поэтому обычно выбирают величину дифферента, подлежащего спрямлению $\Delta_{\text{п с}}$ (достаточного, по крайней мере, для обеспечения выхода из воды палубы в оконечности).

§ 3.5. МАНЕВРИРОВАНИЕ СКОРОСТЬЮ И КУРСОМ В ИНТЕРЕСАХ ПОДДЕРЖАНИЯ НЕПОТОПЛЯЕМОСТИ КОРАБЛЯ

Для повышения эффективности борьбы за непотопляемость и улучшения состояния поврежден-

ного корабля важное значение имеет правильное его маневрирование.

Так, в целях снижения давлений на переборки и палубы, ограничивающие район затопления, поврежденные корабли часто вынуждены снижать ход или идти задним ходом. Эта мера действительно является эффективным средством предохранения переборок, палуб и соответствующих водонепроницаемых затворов от разрушения забортным давлением.

Уменьшение скорости хода может оказаться необходимым также для предохранения от заливания водой отсеков корабля через пробоины в надводном борту.

Вместе с этим следует учесть, что у глиссирующих катеров и у катеров на подводных крыльях (КПК), осадка которых с уменьшением скорости возрастает, для предотвращения их гибели при повреждениях, наоборот, может потребоваться поддержание большой скорости хода или увеличение ее, чтобы не дать надводным пробоинам войти в воду или вынести пробоины из воды. Известен, например, случай, когда торпедный катер, получивший при столкновении тяжелое повреждение надводного борта, благополучно вернулся в базу благодаря сохранению большой скорости хода.

Этот же принцип удержания надводных пробоин от ухода под воду распространяется на корабли на воздушной подушке (КВП). Известны случаи гибели от небольших эксплуатационных пробоин американских КВП при переходе их в режим плавания.

Важным условием предотвращения гибели поврежденного корабля является также его правильное маневрирование, учитывающее снижение плавучести и остойчивости корабля в результате затопления отсеков и наличия надводных пробоин. При наличии значительного крена, надводных пробоин, расположенных вблизи от ватерлинии, или существенного понижения начальной остойчивости (в особенности при падении ее до отрицательной) необходимо избегать приложения к кораблю дополнительных кренящих моментов, возникающих при резких переключках руля на большом ходу, изменениях направления буксировки, постановке корабля лагом к ветру, волне и т. п.

В условиях волнения, маневрируя скоростью хода

и курсом относительно волны, можно существенно уменьшить амплитуду качки, удаляясь от резонанса, а также избежать возможной потери остойчивости на попутном волнении.

Особенно опасно изменение внешних воздействий на поврежденный корабль при наличии у него отрицательной начальной остойчивости, когда такие изменения могут вызвать динамическое переваливание корабля на противоположный борт. Поэтому согласно рекомендациям В. Г. Власова всякое изменение курса в целях уменьшения ветрового кренящего момента и качки допустимо лишь при положительной начальной остойчивости поврежденного корабля, когда это не угрожает переваливанием.

Помимо непосредственной угрозы опрокидывания переваливание корабля производит тяжелейшее моральное воздействие на личный состав, подрывая веру в свой корабль и в компетентность руководителей борьбы за непотопляемость. Наконец, переваливание, резко меняющее посадку поврежденного корабля, может существенно ухудшать условия борьбы за его непотопляемость.

Подобный случай имел место, например, в 1946 г. при буксировке в Таллинн снятого с камней у о. Хиума аварийного лесовоза «Миرونч». При изменении курса у входа в Финский залив лесовоз, имевший отрицательную начальную остойчивость, внезапно перевалился с левого на правый борт. Все шланги переносных водоотливных средств до переваливания были сосредоточены в водотечных трюмах на левом борту. После переваливания приемные сетки шлангов оголились и откачивание воды прервалось. Пока перемещали водоотливные средства на правый борт, чтобы возобновить откачивание воды, количество ее в трюмах значительно возросло, крен увеличился и положение лесовоза стало настолько опасным, что даже было решено изменить курс и посадить корабль на отмель для предотвращения его гибели. Необходимость в этом отпала лишь после пуска вновь водоотливных средств и уменьшения воды в трюмах.

При повреждениях, связанных с уменьшением общей прочности корабля, одной из главных задач маневрирования должно быть уменьшение изгибающих

и крутящих моментов, действующих на корабль в условиях качки на волнении.

Примером тяжелейших последствий, к которым ведет недооценка роли маневрирования в интересах обеспечения остойчивости и непотопляемости кораблей, является описанный выше случай массовой гибели и повреждений кораблей 3-го флота США во время тайфуна 18 декабря 1944 г. у о. Лусон, когда погибли 3 эскадренных миноносца и получили повреждения еще 28 кораблей, а число жертв среди личного состава составило 790 погибших и 80 раненых. По оценке командующего Тихоокеанским флотом США адмирала Нимица, потери 3-го флота оказались большими, чем те, которых можно было ожидать в результате любого сражения, причем причиной потерь в значительной мере явилось непонимание офицерами кораблей «законов шторма».

Повреждения и потери флота возросли из-за стремления командиров во что бы то ни стало сохранять заданные курсы и скорости в условиях, когда все внимание следовало уделить спасению своих кораблей и их экипажей. Лишь на отдельных кораблях командиры правильно оценили обстановку. Так, одной из причин спасения эскадренного миноносца «Дьюи» явилось рациональное изменение курса, что в сочетании с энергичной борьбой экипажа за живучесть предотвратило его гибель.

Движение корабля на попутном волнении может вести к значительному снижению его остойчивости. Существенные черты этого явления приближенно определяются в статической постановке задачи.

При движении корабля на попутном волнении со скоростью бега волны волновой профиль неподвижен относительно корабля, который приближенно можно считать находящимся в положении статического равновесия. Существенная особенность этого случая состоит в том, что сечение корабля поверхностью моря — «волновая ватерлиния» — не плоское.

При малых поперечных наклонениях моменты остойчивости формы и веса определяются следующими выражениями:

$$\begin{aligned} m_{\Phi\theta} &= k_{\Phi}\Theta = \gamma I_{xв}\Theta; \\ m_{в\theta} &= k_{в}\Theta = P(z_{св} - z_g)\Theta, \end{aligned}$$

где $I_{xв}$ — момент инерции относительно оси Ox проекции «волновой ватерлинии» на ОП; $z_{св}$ — апплика-

ты ЦВ объема корабля, погруженного по «волновую ватерлинию».

Аппликата ЦВ корабля в условиях волнения z_{CB} больше аппликаты на тихой воде z_C . Поэтому остойчивость веса на попутном волнении всегда несколько больше, чем на тихой воде.

Изменение начальной поперечной остойчивости формы определяется приращением ее коэффициента

$$\delta k_{\phi B} = \gamma(I_{xB} - I_x),$$

где I_x — поперечный момент инерции площади ватерлинии на тихой воде (при том же состоянии нагрузки корабля). Соотношение между I_x и I_{xB} существенно зависит от соотношения длин корабля L и волны λ , от высоты последней, а также от положения вершин и подошв волн по длине корабля.

Как правило, наибольшее изменение остойчивости формы происходит при $\lambda \approx L$ и расположении вершины или подошвы волны вблизи от миделя. Оно усиливается с ростом высоты волны.

У надводных кораблей на вершине волны $I_{xB} < I_x$, что ведет к уменьшению остойчивости формы. На подошве волны обычно $I_{xB} > I_x$ и поперечная остойчивость формы растет.

Уменьшение поперечной остойчивости формы на вершине волны обычно превосходит увеличение остойчивости веса. В результате уменьшается поперечная остойчивость в целом, причем уменьшение распространяется и на остойчивость при больших углах крена. В качестве примера на рис. 3.31 приведены диаграммы поперечной остойчивости корабля на тихой воде — 1, на подошве волны — 2 и на вершине — 3. Диаграммы построены для случая $\lambda = L$ при крутизне волны 1 : 20 в масштабе безразмерных плеч остойчивости $\bar{l}_0 = l_0 / B$, где B — ширина корабля.

В реальных условиях плавания на нерегулярном попутном волнении положение корабля относительно волны меняется, соответственно меняется и его остойчивость. Кроме того, существенную роль играют и не учтенные выше динамические факторы. Тем не менее статическая оценка падения его остойчивости на вершине волны весьма важна, поскольку при каждом восхождении на волну корабль будет попадать в условия, близкие к рассмотренным.

Уменьшение остойчивости на попутном волнении особенно опасно для небольших кораблей ($L < 60$ м), поскольку для них больше вероятность попадания в условия, близкие к $\lambda \approx L$. При этом важна также скорость хода v , так как опасность возрастает с приближением ее к скорости бега волны v_B . Совокупность

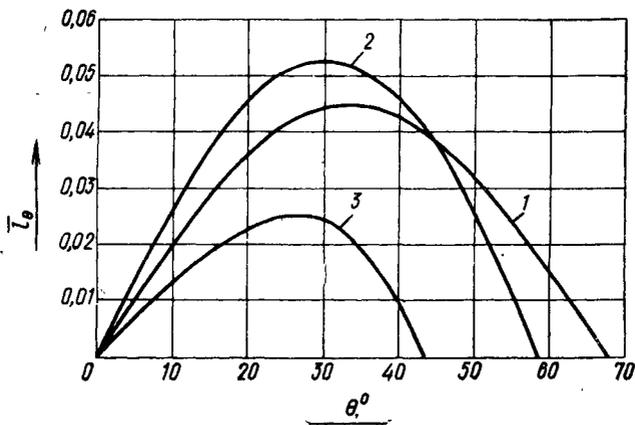


Рис. 3.31. Влияние на поперечную остойчивость корабля попутного волнения

опасных условий $\lambda = L$ и $v = v_B$ имеет место при движении корабля с числом Фруда:

$$F_r = \frac{v}{\sqrt{gL}} \approx 0,4,$$

где g — ускорение свободного падения. Скорости хода, отвечающие этому условию, неблагоприятны (опасны) при движении на попутном волнении.

Дополнительная опасность с точки зрения остойчивости возникает, если направление бега волн несколько отклонено от курса корабля. В этом случае вследствие несимметричности корабля относительно миделя он получает начальный крен, что дополнительно уменьшает запас остойчивости.

Движение корабля на попутном волнении со скоростью, близкой к скорости бега волн, сопряжено с ухудшением управляемости (устойчивости на курсе). При этом опрокидывание корабля может произойти вследствие резкого его зарыскивания. В общих чер-

тах механизм крена и опрокидывания в этих условиях таков. Корабль, находящийся на переднем склоне обгоняющей его волны, может быть внезапно «захвачен» волной. Его скорость быстро возрастает (без увеличения мощности на валу), достигая скорости волны. При этом корабль подвергается большим инерционным нагрузкам, направленным вдоль бега волны, которые в случае зарыскивания создают вместе с гидродинамическими силами мощные разворачивающий и кренящий моменты.

Как отмечалось, наиболее вероятно попадание в аварийные ситуации на попутном волнении малых кораблей, что подтверждается анализом аварий. Достоверно известно, например, об опрокидывании именно по этой причине ряда промысловых судов.

Так погиб в октябре 1955 г. в районе бухты Терiberка (Баренцево море) океанский сейнер «РС-708» (водоизмещение 163 т, длина $L=25$ м). Волнение моря было 6—7 баллов. У входа в бухту наблюдались волны высотой 2—6 м.

До подхода к бухте сейнер шел почти лагом к волне, причем поведение его в части мореходности не вызывало опасений. После того как судно для входа в бухту легло на курс, совпадающий с направлением бега волн, оно стало быстро крениться, так что обнос мостика коснулся воды. Быстрой перекладкой руля удалось вернуть судно на прежний курс (лагом к волне), после чего оно выпрямилось. При повторной попытке войти в бухту с прежней скоростью (близкой к бегу волн) сейнер на попутном волнении вновь получил большой крен и вскоре опрокинулся.

При сходных обстоятельствах в январе 1958 г. в районе Клайпеды (Балтийское море) погиб малый рыболовный траулер МРТ-62 «Нордост» (водоизмещение 118 т, длина $L=20,6$ м). Траулер шел полным ходом (10—11 уз) по ветру и попутному волнению, набегавшему с левого борта. Сила ветра (по разным источникам) была от 5 до 8 баллов.

Судно не испытывало значительной качки, но имело небольшой постоянный крен на правый борт. Внезапно «Нордост» резко накренился на правый борт до 90° и вскоре опрокинулся и затонул.

Некоторые исследователи считают опрокидывание от потери остойчивости на попутном волнении также причиной гибели более крупных кораблей. К их числу

относят грузовое судно ФРГ «Ирен Олдендорф» (водоизмещение 4575 т, длина $L=81,6$ м), погибшее в декабре 1951 г. в Северном море, и парусное учебное судно ФРГ «Памир» (длина $L=94,5$ м), затонувшее в сентябре 1957 г. в Атлантическом океане у Азорских островов.

§ 3.6. ПОСАДКА НА ОТМЕЛЬ КАК СРЕДСТВО СПАСЕНИЯ ТЯЖЕЛО ПОВРЕЖДЕННОГО КОРАБЛЯ

Одной из мер спасения корабля, терпящего тяжелую аварию, может служить посадка его на ближайшую отмель. Эффективность этой меры доказана многочисленными примерами из морской практики.

Однако в ряде случаев этой мерой пренебрегали, классическим примером чего может служить описанная выше авария броненосца «Гангут», закончившаяся его гибелью. После того как корабль получил днищевую пробоину и застопорил машины, заметили, что его несет ветром на 9-метровую банку. Чтобы избежать посадки на мель, отдали якорь на 28-метровой глубине, что при незначительном повреждении, вообще говоря, нельзя было считать большой ошибкой. Но когда положение корабля резко ухудшилось и выбрасывание на мель стало единственным возможным средством его спасения, меры к этому приняты не были, поскольку корабль лишился энергетических средств и не было возможности поднять якорь.

Простейший выход из создавшегося положения, состоявший в перебивании якорной цепи подрывным зарядом, найден не был, хотя к «Гангуту» подошло в это время учебное судно минного отряда «Африка», на котором было сколько угодно необходимых для этого подрывных средств. Вместо спасения корабля был начат «по всем правилам» своз имущества, начиная с церковной утвари, а затем и команды. В результате через 7 ч после аварии и через 3 ч после подхода «Африки» «Гангут», стоя на якоре в 200 м от подветренной банки, затонул на 28-метровой глубине.

Принимая решение о посадке поврежденного корабля на отмель, необходимо учитывать опасность уменьшения его остойчивости в тот период, когда корабль не сядет на грунт значительной частью днища,

Действительно, если корабль опирается о грунт малой площадкой днища и сохраняет возможность наклоняться, появление опорной реакции, приложенной к днищу корабля, уменьшает его остойчивость веса, так же как снятие в точке опоры груза, вес которого равен по величине опорной реакции.

Если опора лежит в ДП корабля, то начальная поперечная остойчивость формы при этом меняется также аналогично случаю снятия груза *. Иначе говоря, при посадке на мель возникает угроза уменьшения остойчивости, аналогичная той, с которой приходится считаться при постановке в док и всплытии в доке корабля, плавающего с дифферентом.

Насколько такая опасность серьезна, свидетельствуют многочисленные случаи опрокидывания поврежденных кораблей из-за потери поперечной остойчивости в результате посадки оконечностью на грунт при нарастании дифферента. Продолжающееся распространение воды по кораблю вызвало рост опорной реакции и соответствующее падение остойчивости, приводившее к появлению крена, а затем и к опрокидыванию корабля, если он не садился прежде плотно на грунт. На рис. 3.32 показана уменьшающаяся остойчивость пара сил $\gamma \delta v_{\theta}$, R_{θ} , возникающая в результате дополнительного затопления отсека после касания ко-

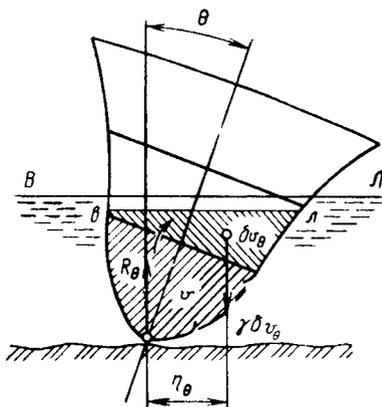


Рис. 3.32. Уменьшение остойчивости корабля при опоре его о грунт

* В общем случае расположения точки опоры такая аналогия допустима только при оценке изменений остойчивости веса, поскольку наличие опоры изменяет кинематику наклонов корабля (все оси наклонов проходят через точку опоры).

раблем грунта. Момент этой пары дает отрицательную поправку к восстанавливающему моменту

$$\delta m_0 = -\gamma \delta v_0 \eta_0,$$

где η_0 — плечо пары сил R_0 и $\gamma \delta v_0$.

К дополнительному уменьшению остойчивости после посадки корабля на грунт может привести также падение уровня моря при отливе.

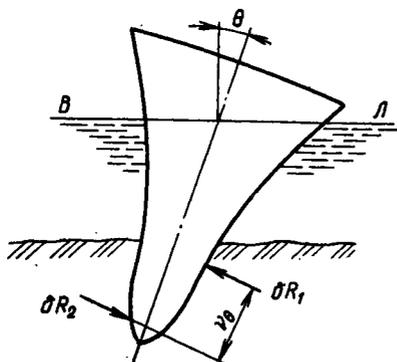


Рис. 3.33. Защемляющее действие грунта, препятствующее наклону корабля

Угроза опрокидывания корабля, получившего опору о грунт, особенно велика в случае твердого (каменистого) грунта. При опоре о более мягкий грунт угроза опрокидывания уменьшается за счет защемления в грунте врезавшейся в него части корпуса (рис. 3.33), в результате чего восстанавливающий момент получает положительную поправку

$$\delta m_0 = m(\delta R_1, \delta R_2) = \delta R v_0$$

где v_0 — плечо пары сил $\delta R_1, \delta R_2$.

В открытых для волнения морских районах и при каменистом грунте посадка корабля на мель должна рассматриваться как крайняя мера еще и потому, что сидящий на камнях корабль в этом случае подвергается опасности разрушения при шторме.

Следует заметить, что рекомендация о выбрасывании на мель для спасения корабля относится главным образом к авариям, происходящим в мирное время. В период боевых действий пользоваться таким приемом следует весьма осмотрительно, как правило, только у своих берегов, в зоне, контролируемой своим флотом. В противном случае выбросившийся на мель корабль может оказаться трофеем противника. При

этом даже тяжелые повреждения, намеренно нанесенные кораблю оставившим его экипажем, далеко не всегда могут помешать противнику впоследствии снять его с мели и использовать в своих интересах.

Примерами этого может служить подъем и восстановление японцами затопленных в Порт-Артуре кораблей 1-й Тихоокеанской эскадры: броненосцев «Ретвизан», «Пересвет», «Победа», «Полтава», крейсеров «Баян» и «Паллада». Все эти корабли были специально подорваны, чтобы привести их в негодность и сделать невозможным их подъем. Но эта операция была выполнена неумело, на что сразу же обратил внимание А. Н. Крылов.

Поднят был японцами 8 августа 1905 г. и героический крейсер «Варяг», затопленный экипажем на малой глубине в неравном бою с японской эскадрой у Чемульпо 27 января 1904 г., а также легкий крейсер «Новик», подорванный и затопленный на мелководье экипажем у берегов Сахалина 7 августа 1904 г. при попытке прорыва из Порт-Артура во Владивосток.

Поучительный пример опасности оставления поврежденного корабля в водах противника представляет затопление турецкого крейсера «Меджидие» (водоизмещение 13 300 т), который 2 апреля 1915 г. в составе отряда кораблей под командованием немецких офицеров совершил пиратский набег на Одессу. На подходе к Одесскому порту «Меджидие» подорвался на mine заграждения и стал тонуть. Ввиду безнадежного состояния корабля он был оставлен экипажем и торпедирован сопровождавшим миноносцем. Крейсер сел на грунт без крена и дифферента, причем его верхняя палуба примерно на 2 м ушла под воду.

Несмотря на тяжелые повреждения, через 2 месяца после затопления крейсер был поднят, через 10 месяцев восстановлен и под названием «Прут» вошел в состав русского Черноморского флота.

Даже в тех случаях, когда восстановление корабля, выбросившегося на мель или затопленного на мелководье у берегов противника, невозможно или нерационально из-за нанесенных ему повреждений, все же доступ противника к такому кораблю может нанести серьезный ущерб боевой мощи флота.

Убедительным примером этого служат последствия посадки на мель у о. Оденсхольм (Осмуссаар) немецкого крейсера «Магдебург» осенью 1914 г. Немцы не

смогли стащить крейсер с камней и покинули его, предварительно подорвав. При оставлении корабля экипажем по небрежности были утоплены у борта и забыты в каютах секретные коды, которые немцы посчитали уничтоженными. Однако коды были найдены русскими водолазами, что дало возможность русскому и союзным флотам длительное время расшифровывать немецкие радиogramмы.

В этом отношении характерен подъем осенью 1944 г. немецкой подводной лодки «U-250», потопленной на глубине около 20 м в Финском заливе нашими кораблями. Ее обследование после постановки в док позволило советским специалистам детально ознакомиться с рядом образцов немецкой военно-морской техники и оружия.

Таким образом, во всех случаях оставление поврежденного корабля, выброшенного на мель или затопленного на мелководье в районах, контролируемых противником, сопряжено с опасностью ознакомления его с боевой техникой корабля и выдачей противнику других секретных данных. При указанных обстоятельствах должны быть приняты все меры к полному уничтожению корабля или затоплению его на возможно больших глубинах*.

Положительным примером в этом отношении являются упомянутые ранее действия командира крейсера «Рюрик», который при тяжелой аварии в 1915 г. вдали от своих берегов в первую очередь принял меры по отводу корабля на большую глубину, чтобы в случае гибели он не достался противнику. С этой точки зрения правильными явились также действия командиров броненосца «Севастополь» и канонерской лодки «Отважный», которые вывели их из осажденного Порт-Артура на внешний рейд, где, выдержав несколько атак японских миноносцев, затопили свои корабли на большой глубине 20 декабря 1904 г. «Севастополь» и «Отважный» подняты японцами не были.

Подчеркивая необходимость продолжать борьбу за непотопляемость корабля, пока сохраняются хотя бы какие-нибудь возможности к его спасению, в то же время следует указать на важность правильной

* В связи с созданием глубоководных подводных снарядов и совершенствованием техники судоподъема необходимость полного уничтожения корабля в указанных условиях приобретает особую актуальность,

оценки этих возможностей, чтобы своевременно принять меры к спасению личного состава, когда гибель корабля становится неизбежной.

§ 3.7. ПРИМЕРЫ ЭФФЕКТИВНОЙ БОРЬБЫ ЗА НЕПОТОПЛЯЕМОСТЬ

При выполнении указанных выше конструктивных и организационно-технических мероприятий, а также при грамотной и упорной борьбе за непотопляемость возможности поддержания непотопляемости корабля оказываются весьма значительными даже при весьма тяжелых повреждениях, о чем свидетельствует ряд поучительных примеров.

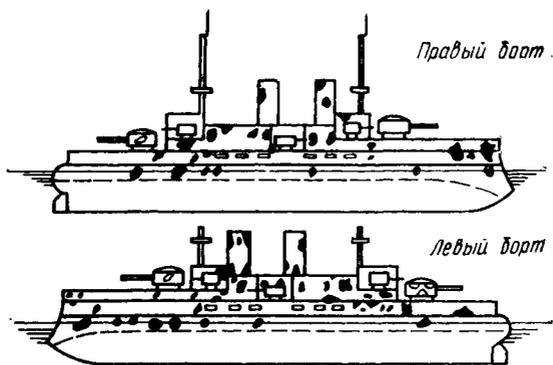
Боевые повреждения и борьба за непотопляемость броненосца «Орел». Как упоминалось, из четырех новых, наиболее сильных броненосцев типа «Бородино», участвовавших в Цусимском бою 14—15 мая 1904 г., не погиб, несмотря на тяжелые повреждения, только броненосец «Орел».

«Орел» получил 42 попадания 305-мм снарядов и 102 попадания снарядов калибром 203 и 152 мм. При этом корабль остался в строю, сохранил ход, управление и половину артиллерии. Общее представление о полученных кораблем повреждениях дает схема на рис. 3.34. На этом же рисунке показаны для сравнения поперечные ДСО корабля до повреждений и после боя.

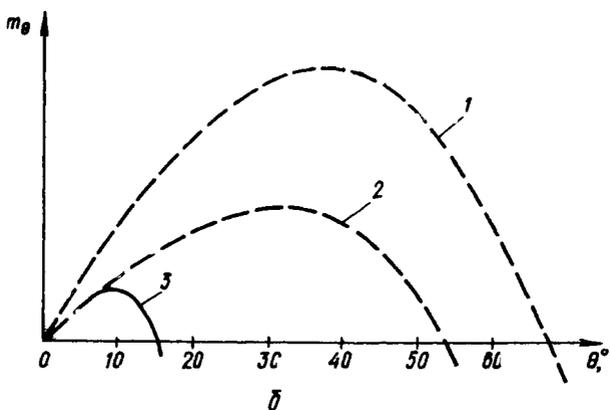
Основную роль в благоприятном для корабля исходе тяжелого боя сыграли проведенные перед боем организационно-технические мероприятия по подготовке к борьбе за непотопляемость и особенно сама борьба за непотопляемость, которую умело и настойчиво вел личный состав во время боя.

Следует заметить, что обеспечение непотопляемости корабля в бою затруднялось уменьшением его запаса плавучести и остойчивости из-за значительной перегрузки, о чем уже упоминалось выше.

В процессе подготовки корабля к бою были, в частности, проведены противопожарные мероприятия, создана с помощью корабельных средств специальная быстродействующая противокреновая система, подготовлены средства для спуска воды с палуб, изготовлены щиты для заделки надводных пробоин и орудий-



а



Условные обозначения:

● Попадание в броню

● Пробитие в небронированном борту

Рис. 3.34. Боевые повреждения и вызванное ими изменение устойчивости броненосца «Орел»:

а — схема повреждений; б — диаграммы устойчивости: 1 — по проекту; 2 — в бою до повреждений; 3 — после повреждений

ных портов и проведен ряд других мероприятий. Специальные тренировки по спрямлению аварийных кренов были проведены с личным составом трюмных подразделений.

Во время боя успешно проводилась борьба с кренами, возникавшими от скопления на палубах воды,

налитой при тушении пожаров и проникавшей сверху в бортовые отсеки. Воду с палуб спускали вниз в бортовые коридоры, откуда ее затем откачивали за борт. Руководитель борьбы за непотопляемость, специально введенный в штат корабля инженер-кораблестроитель В. П. Костенко отчетливо представлял себе опасность потери кораблем устойчивости от скопления воды на палубах. Поэтому, когда оказывалось невозможным удалить ее другими средствами, отлив ее производился личным составом даже ведрами.

Одновременно с этим проводилась энергичная борьба с распространением воды по кораблю и заделка надводных пробоин для восстановления непроницаемости надводного борта в целях предохранения корабля от потери устойчивости при кренах. Для борьбы с внезапными кренами, возникавшими от затопления бортовых отсеков, использовалась созданная под руководством В. П. Костенко быстродействующая противокреновая система перепуска котельной воды из цистерн одного борта в специально оставленные для этого пустыми цистерны противоположного борта.

Таким образом были ликвидированы аварийные крены*, достигавшие 6—10°. В течение короткого ночного перерыва в бою были временно заделаны все надводные пробоины, удалена вода с палуб и откачана за борт фильтрационная вода из других отсеков, благодаря чему состояние корабля с точки зрения непотопляемости было значительно улучшено.

Как показывает анализ боевых повреждений корабля и его особенностей (включая перегрузку), наибольшую опасность с точки зрения непотопляемости для него представляла потеря устойчивости в результате распространения воды по палубам и ухода под воду надводных пробоин при кренах. Поэтому совершенно правильным явился выбор следующих основных направлений в борьбе за непотопляемость:

- борьба с распространением воды по палубам и удаление с палуб фильтрационной воды;
- быстрая ликвидация кренов;
- заделка надводных пробоин.

В целом борьба личного состава броненосца за его непотопляемость заслуживает самой высокой оценки.

* Крен до 10° корабль получил в тот период боя, когда еще не было значительных пробоин в надводном борту.

Боевые повреждения и борьба за непотопляемость германского линейного крейсера «Зейдлиц». Германский линейный крейсер «Зейдлиц» (водоизмещение около 25 000 т) в Ютландском бою 31 мая 1916 г. получил 24 попадания артиллерийских снарядов калибром 343 мм и одно торпедное попадание в носовую оконечность с правого борта. После торпедного попадания количество принятой кораблем воды составило около 2000 т. Корабль сразу получил дифферент на нос 1,2 м и незначительный крен на правый борт.

Вследствие распространения воды дифферент нарастал, что вызвало на большом ходу зарывание носа в воду. Ход пришлось сбавить с 20 до 15 уз, затем до 12 и, наконец, до 7 уз.

Всю ночь на 1 июня корабль шел с флотом, но к утру из-за возросшей до 13,5 м осадки носом сел на мель. Высота надводного борта в носовой оконечности при этом уменьшилась до 2,5—3 м. Дифферент и крен были уменьшены контрзатоплением кормовых и средних креновых отсеков левого борта. Корабль сошел с мели и медленно продвигался к базе. Для уменьшения давления на носовые переборки, возросшего с увеличением дифферента, корабль шел задним ходом.

Несмотря на энергичную борьбу личного состава с распространением воды по кораблю, его состояние продолжало ухудшаться. Особенно опасной явилась фильтрация воды в высоко расположенные казематы левого борта, существенно уменьшившая остойчивость поврежденного корабля. Корабль при перекладке руля даже на малом ходу быстро кренился и очень медленно выпрямлялся. В результате дальнейшего распространения воды появился крен до 8° на левый борт.

Все водоотливные средства работали с большим напряжением, в помощь им были пущены переносные, но они часто выходили из строя. Была образована цепь людей, которая час за часом ведрами откачивала воду, поступавшую в казематы. В 18 ч 1 июня для спрямления корабля были затоплены кормовые креновые отсеки правого борта. Ввиду того что фактически крен был вызван в основном наличием отрицательной начальной остойчивости, это мероприятие привело к переваливанию корабля на правый борт до крена 8°.

К этому времени корабль принял уже около 5300 т воды, что составляло около 21% водоизмещения (рис. 3.35). При подходе к базе крейсера была оказана помощь буксирами, которые откачивали воду из казематов, тем самым улучшая остойчивость и уменьшая кренящий момент. После удаления воды из казематов корабль выпрямился.

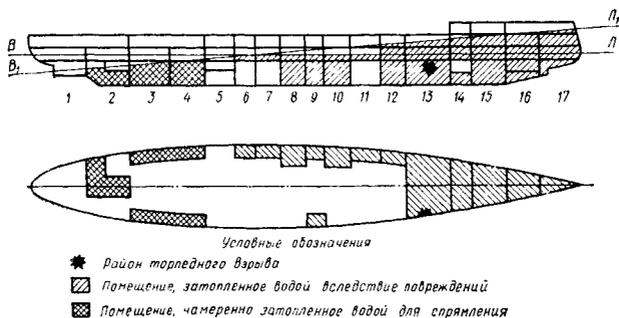


Рис. 3.35. Схема боевых повреждений и затопления отсеков германского линейного крейсера «Зейдлиц»:

ВЛ — ватерлиния до повреждения; *В₁Л₁* — ватерлиния поврежденного корабля через сутки после торпедирования

Общая продолжительность перехода «Зейдлица» в базу после выхода из боя составила около 57 ч, в течение которых личный состав напряженно боролся за удержание корабля на плаву.

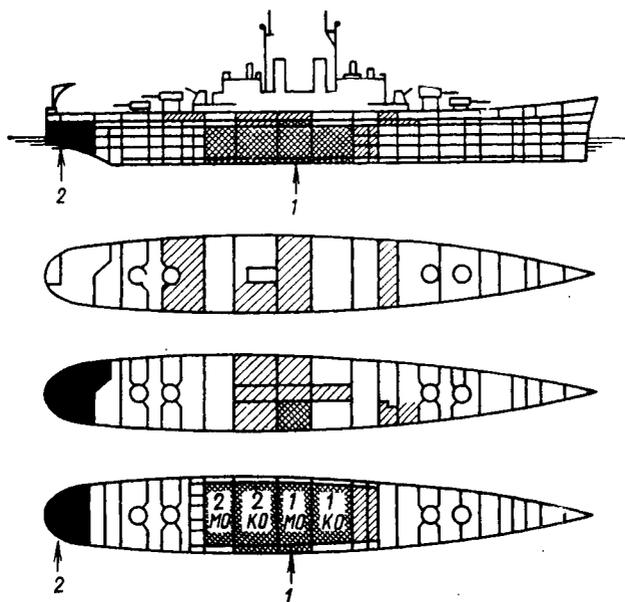
В спасении корабля от гибели важную роль сыграл правильный выбор основных направлений в борьбе за его непотопляемость. В частности, правильным явилось сосредоточение основных усилий на борьбе с распространением воды по кораблю и на удалении фильтрационной воды из высоко расположенных отсеков (казематов).

Что касается спрямления корабля контрзатоплением, то в этой части были допущены ошибки, вызвавшие переваливание корабля на противоположный борт.

Боевые повреждения и борьба за непотопляемость американского легкого крейсера «Хоустон». Американский легкий крейсер «Хоустон» (построен в 1943 г., водоизмещение около 15 000 т) 14 октября 1944 г. в бою с японцами у о. Тайвань получил попадание авиа-

торпеды в правый борт в районе 1-го машинного отделения.

Сразу после торпедирования на крейсере были затоплены (рис. 3.36):



Условные обозначения:

-  Затопление сразу после 1-го взрыва
-  Дальнейшее распространение воды
-  Затопление от 2-го взрыва

Рис. 3.36. Схема боевых повреждений и затопления отсеков американского легкого крейсера «Хоустон»:

1 — район попадания первой торпеды 14.10.1944; 2 — район попадания второй торпеды 17.10.1944

- 1-е котельное отделение — за 5—8 мин;
- 2-е котельное отделение — почти мгновенно;
- 1-е машинное отделение — почти мгновенно;
- 2-е машинное отделение — за 30 мин;
- корабельная мастерская (над районом взрыва).

Таким образом, через 30 мин после взрыва корабль принял около 6400 т воды (примерно 50% водоизмещения). Из строя вышли главная механическая

установка и электростанции. В качестве источника электроэнергии остались в действии три дизель-генератора. Корабль потерял ход и с креном 16° дрейфовал лагом к волне (правым бортом на ветер).

В результате нарушения водонепроницаемости переборок и палуб вода продолжала распространяться по кораблю. При этом оказались затопленными еще 36 отсеков, в том числе ряд отсеков на третьей и второй палубах, в которые вода проникла главным образом снизу или из механической мастерской через двери, деформированные при взрыве.

Некоторые отсеки были затоплены через вентиляционные шахты, а также сверху, через люки главной палубы на вошедшем в воду борту, открытые для спасения личного состава из затопленных отсеков. Взрыв привел к существенному нарушению общей продольной прочности корабля. На главной палубе в районе повреждения появились гофры, нараставшие в течение 2 ч после взрыва.

Состояние корабля было весьма тяжелым. Как показали последующие расчеты, поперечная метацентрическая высота крейсера, составлявшая до повреждения примерно 1,4 м, упала до 0,05 м.

Борьба за непотопляемость развертывалась по следующим основным направлениям:

— ограничение распространения воды по кораблю и восстановление остойчивости за счет удаления фильтрационной воды из высоко расположенных отсеков;

— восстановление продольной прочности корабля за счет временного подкрепления нарушенных продольных связей.

К утру 15 октября были осушены затопленные отсеки на второй палубе (удалено примерно 600 т воды), в результате чего поперечная метацентрическая высота увеличилась до 0,8 м и крен уменьшился до 12° . В течение следующих двух дней была откачана вода из частично затопленных отсеков на третьей палубе и выброшено за борт около 120 т груза (боезапас, якоря, якорные цепи, вельбот, самолет, катапульта, прожектор, дым-аппаратура). Все это еще увеличило метацентрическую высоту на 0,6 м, причем только около 0,05 м приращения метацентрической высоты приходилось на долю выброшенного за борт оборудования. После этого крен корабля уменьшился до 8° .

В ночь на 17 октября крейсер был вновь торпедирован (авиаторпедой) в кормовую часть. В результате второго торпедного взрыва в корме оказались затопленными еще 22 небольших отсека. За счет некоторой несимметричности затопления относительно ДП крен уменьшился до 6°. Замечены деформации в продольных связях главной палубы и настилах главной и второй палуб по всей длине корабля. Состояние корабля стало еще более тяжелым. Опасность усугублялась сильным волнением, вызвавшим резкую качку корабля и создававшим угрозу разрушения переборок и палуб, ограничивавших район затопления.

Действия личного состава были сосредоточены на подкреплении переборок и палуб. Кроме того, для повышения остойчивости и уменьшения крена из верхних отсеков корабля в нижние было перегружено около 200 т боезапаса.

Локализация распространения воды, последующее удаление фильтрационной воды из верхних помещений и временное (аварийное) восстановление части разрушенных продольных связей позволили сохранить корабль, несмотря на весьма значительные повреждения. В борьбе за непотопляемость крейсера обращает на себя внимание рациональное использование водоотливной системы для удаления фильтрационной воды, а не для бесплодных попыток осушения сильно поврежденных отсеков. Заметим, что весьма благоприятным для спасения корабля фактором явились отсутствие у него большого дифферента после повреждения и малые объемы поврежденных бортовых отсеков.

Крейсер оставался в море после первого попадания торпеды 12 суток и был отбуксирован в базу на расстояние 1200 миль.

Следует заметить, что при умелой и энергичной борьбе за непотопляемость могут успешно справиться с тяжелыми повреждениями и легкие корабли. Примерами этого могут служить многочисленные случаи спасения тяжело поврежденных эскадренных миноносцев, миноносцев и тральщиков.

Повреждение и борьба за непотопляемость эскадренного миноносца «Летун». 7 ноября 1916 г. эскадренный миноносец Балтийского флота «Летун» (построен в 1913 г., водоизмещение 1260 т) в районе Ревеля (Таллинна) подорвался на немецкой мине за-

граждения (вес заряда ВВ около 200 кг). В результате взрыва получила тяжелые повреждения кормовая оконечность корабля. Были затоплены все кормовые отсеки до кормовой переборки машинного отделения. Корабль потерял управление и ход из-за поврежденных гребных валов, винтов и руля.

Под давлением воды кормовая переборка машинного отделения начала деформироваться и дала течь. Переборка была подкреплена упорами. Течь через сальники ликвидировали. Корабельными водоотливными средствами удалось быстро удалить фильтрационную воду, проникшую в машинное отделение, а также осушить часть кормовых отсеков.

Через час после аварии эскадренный миноносец был взят на буксир и отведен в базу для ремонта.

Действия личного состава в борьбе за непотопляемость корабля были правильными и энергичными.

Многочисленные примеры успешной борьбы за непотопляемость показали действия советского ВМФ во время Великой Отечественной войны.

Борьба за непотопляемость крейсера «Красный Кавказ». Крейсер Черноморского флота «Красный Кавказ» (водоизмещение около 9000 т) во время выгрузки войск и военной техники у причала Феодосийского порта 4 января 1942 г. подвергся ожесточенной бомбардировке немецкой авиацией. Несколько бомб разорвалось в непосредственной близости от корпуса корабля, получившего в результате общие деформации корпуса и пробоины в наружной обшивке. Во многие помещения начала поступать вода. Наиболее интенсивно затапливались кормовые отсеки, отчего крейсер вскоре получил дифферент на корму около 4 м.

Чтобы избежать посадки кормы на грунт, а также получить свободу маневрирования, швартовы были обрублены и корабль отошел от стенки.

Вскоре он получил дополнительные повреждения от упавшей вблизи кормы бомбы, потерял рули, один из четырех гребных винтов и лишился возможности работать еще одним гребным винтом из-за вибрации вала. Дифферент крейсера возрос до 5 м на корму, так что верхняя палуба в корме ушла под воду почти до четвертой башни главного калибра (рис. 3.37). Корабль принял около 1800 т воды и потерял около 1/3 запаса плавучести. Вода продолжала прибывать.

Создалась явная угроза гибели корабля от потери плавучести и продольной остойчивости. Возник крен 2—3° на правый борт. Спасти корабль могли только героические усилия всего личного состава по борьбе за непотопляемость.

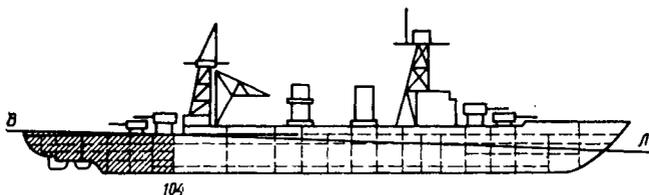


Рис. 3.37. Схема затопления отсеков и аварийной посадки крейсера «Красный Кавказ»

Для борьбы с водой были приведены в действие все водоотливные средства крейсера. Энергично работали все аварийные партии. Основные усилия по борьбе с водой сосредоточились на рубеже поперечной водонепроницаемой переборки на 104-м шпангоуте, ограничивавшей с кормы 2-е машинное отделение.

Борьба за переборку велась всеми средствами. Для поиска и заделки пробоин и трещин в поврежденные отсеки спускались водолазы. Непрерывно производилась откачка фильтрационной воды из отсеков, смежных с затопленными.

Серьезные затруднения откачки воды создавало скопление мусора, образовавшегося от сотрясений корабля при бомбежке. Плавающая в воде, мусор засорял приемные сетки водоотливных средств. Специально выделенные краснофлотцы, стоя по грудь в ледяной воде или ныряя в нее, очищали приемные сетки, не вынимая их из воды и не прерывая тем самым водоотлива.

Благодаря умелым и решительным действиям личного состава во главе с инженерами-механиками Г. И. Купцом и П. Н. Шапириным прорыв переборки на 104-м шпангоуте удалось предотвратить. Удалось также справиться с поступлением воды в других районах.

Примерами самоотверженности, проявленной экипажем крейсера в борьбе за непотопляемость, служат подвиги краснофлотца Николая Колосова, который

не оставил своего поста и продолжал докладывать о подъеме воды в затопляемом отсеке до тех пор, пока не был залит ею, и штурманского электрика Алексева, закрывшего пробоину в корпусе собственным телом. На самых трудных участках личным примером вдохновлял моряков на самоотверженную борьбу за непотопляемость секретарь комсомольской организации крейсера А. Н. Стукань.

Кроме борьбы с водой были приняты меры по восстановлению остойчивости и уменьшению дифферента крейсера. Для этого перекачали в носовые топливные цистерны 120 т мазута и сбросили за борт невыгруженную армейскую пушку.

С выведенным из строя рулевым управлением и двумя (из четырех) работающими винтами тяжело поврежденный крейсер в условиях штормовой погоды совершил переход до Туалсе, а затем на буксире танкера «Москва» — в Поти, где был произведен его ремонт.

Успех борьбы за непотопляемость крейсера в огромной степени явился результатом высокой морально-психологической, организационной и технической подготовленности его личного состава к борьбе за живучесть и правильного понимания командиром корабля А. М. Гушиным и командиром электромеханической боевой части Г. И. Купцом основных принципов борьбы за непотопляемость. Достойной оценкой этих высоких качеств экипажа крейсера явилось присвоение ему в апреле 1942 г. гвардейского звания.

Борьба за непотопляемость лидера «Ташкент». Лидер Черноморского флота «Ташкент» (водоизмещение около 3500 т) был последним кораблем, провавшимся с армейским подкреплением в осажденный Севастополь 26—27 июня 1942 г. и последним крупным кораблем, ушедшим из осажденного города.

На рассвете 27 июня, имея на борту более 2100 раненых и эвакуируемых, а также уцелевшую часть полотна Рубо из знаменитой Севастопольской панорамы, «Ташкент» вышел из Камышовой бухты Севастополя в Новороссийск. С раннего утра корабль в течение 4 ч подвергался почти непрерывным атакам немецкой авиации, сбросившей на него 336 бомб. Благодаря искусному маневрированию и интенсивному зенитному огню удалось избежать прямых попаданий в корабль (кроме одного скользящего в районе левого

якоря, когда бомба, к счастью, не взорвалась). Однако близкие разрывы нанесли лидеру тяжелые повреждения.

В самом начале тяжелого боя с авиацией противника корабль лишился рулевого управления (заклинен руль, выведен из строя рулевой привод, затоплено румпельное отделение). Несмотря на героические действия экипажа, удалось лишь поставить руль в ДП, но ввести его в действие оказалось невозможным. Большую часть времени корабль вынужден был уклоняться от воздушных атак, управляясь машинами.

Последующие бомбовые удары вызвали затопление ряда отсеков в носу корабля, а затем в районе носового эшелона котельных отделений. Последовательно были затоплены 1-е и 2-е котельные отделения, что наполовину уменьшило энергетические ресурсы корабля, вызвав снижение скорости хода. Через поврежденные переборки, люки и трубопроводы вода продолжала распространяться по кораблю, затопливая ряд новых отсеков в носу и поступая в носовое машинное отделение.

Для сохранения возможно большей скорости хода турбины носового эшелона продолжали работать в полузатопленном отсеке (ряд вспомогательных механизмов — под водой).

Личный состав корабля самоотверженно боролся за живучесть, направив основные усилия на удержание корабля на плаву. Ряд источников водотечности был найден и заделан подручными средствами. Все водоотливные средства использовались с максимальной интенсивностью, но при этом обнаружился явный недостаток переносных водоотливных средств.

Нарушение герметичности корпуса, сотрясаемого близкими разрывами бомб и получившего многочисленные осколочные пробоины, длительное время не позволяло локализовать затопление носовых отсеков и приостановить нарастание дифферента на нос, резко ухудшавшего и без того снизившиеся ходовые и маневренные качества корабля.

Для улучшения условий работы носовой аварийной партии и уменьшения нагрузки в носу все находившиеся здесь раненые и эвакуируемые севастьяпольцы были переведены на ют. Для облегчения носа в целях продольного спрямления был сброшен за борт

ряд корабельных грузов (колосники и запасной котельный кирпич, бухта стального троса, параваны). Подготовили к сбрасыванию за борт якоря и торпеды. Очевидно, что большого эффекта эти меры дать не могли вследствие небольшой массы сброшенных грузов.

Вследствие нарастания дифферента носовая оконечность погрузилась в воду до якорных клюзов, почти по палубу полубака, которая не зарывалась в воду только благодаря исключительно штилевой погоде. Вследствие критического нарастания дифферента, угрожавшего кораблю потерей хода, управляемости и остойчивости, было принято единственно правильное решение — применить для продольного спрямления контрзатопление ряда кормовых отсеков (пятого кубрика, третьего артпогреба, погреба малого калибра).

Следует отметить особую ответственность данного решения в связи с очень большой потерей кораблем запаса плавучести. Принятие такого решения свидетельствовало о глубоком понимании командиром корабля В. Н. Ерошенко и командиром электромеханической боевой части П. П. Суриным основных принципов обеспечения непотопляемости.

Тяжело израненный, потерявший в значительной части ход и управляемость, позволявшие ему уклоняться от бомбовых ударов, израсходовавший к концу боя зенитный боезапас и лишившийся, таким образом, средств активной обороны, корабль выдержал, выйдя победителем из неравного боя с воздушной армадой. К моменту подхода нашего авиационного прикрытия с кавказских аэродромов корабль принял около 2000 т воды (из них примерно 200 т для спрямления). Общая потеря запаса плавучести превышала 50% (рис. 3.38).

С вышедшего из боя лидера катера и эскадренные миноносцы сняли раненых, эвакуированных, после чего он был отбуксирован кормой вперед эскадренным миноносцем «Бдительный» в Новороссийск. На переходе плавучесть корабля поддерживалась стационарными и переносными водоотливными средствами ошвартованного лагом к нему спасательного судна «Юпитер».

Следует особо подчеркнуть, что успешная борьба за непотопляемость лидера «Ташкент» в решающей степени была обусловлена исключительно высокими

морально-политическими качествами, высокой морально-психологической и специальной подготовкой его личного состава. Известно, что лидер «Ташкент» был построен для нашего флота в Италии по итальянскому проекту, а опыт второй мировой войны показал крайне низкую живучесть итальянских кораблей, в

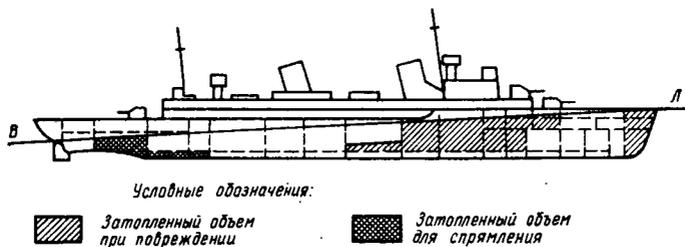


Рис. 3.38. Схема затопления отсеков и аварийной посадки лидера «Ташкент»

том числе и низкий уровень конструктивного обеспечения их непотопляемости. Нет оснований делать исключение и для «Ташкента». Поэтому предотвращение его гибели в условиях тяжелейших повреждений является убедительным примером огромных возможностей повышения живучести, реализуемых в борьбе за непотопляемость корабля, и решающей зависимости эффективности этой борьбы от морально-психологической и технической подготовки экипажа.

Высокие образцы борьбы за непотопляемость в годы Великой Отечественной войны показали экипажи многих других кораблей советского Военно-Морского Флота. Решающую роль в этом наряду с отличной выучкой также сыграли высокие морально-боевые качества советских моряков, самоотверженно сражавшихся за нашу Советскую Родину.

Успешная борьба за непотопляемость подводных лодок. Подводная лодка Северного флота «Щ-421» после удачной атаки гитлеровского конвоя в 1942 г. подорвалась на mine при всплытии с глубины 60 м. Забортная вода стала быстро заполнять кормовой отсек через трещины в прочном корпусе и торпедные аппараты. В критический момент полное самообладание проявили командир и инженер-механик — они продули все цистерны и тем дали возможность подводной лодке мгновенно всплыть (от преследования)

противника всплывшую подводную лодку скрыл снежный заряд). Одновременно в кормовой отсек поступила команда: «Задраить переборочную дверь и начать заделку пробоины». Шесть находившихся там подводников, изолировав себя от остального экипажа, вступили в самоотверженную борьбу с водой. Их усилиями поступление воды в кормовой отсек удалось прекратить, однако подводная лодка находилась в чрезвычайно тяжелом состоянии, лишившись хода, способности погружаться и даже поддерживать связь с базой (удалось передать лишь краткое сообщение о подрыве и потере хода). До подхода кораблей, высланных на помощь, подводная лодка удерживалась вдали от вражеского берега с помощью импровизированных парусов, в качестве которых использовались чехлы от дизелей, поднятые на перископы.

В сентябре 1942 г. после успешной атаки подводная лодка Краснознаменного Балтийского флота «Лембит» подверглась бомбардировке глубинными бомбами кораблями охранения противника. От сотрясений корпуса взорвались газы, скопившиеся в одной из аккумуляторных ям. Водонепроницаемость прочного корпуса была нарушена, возник пожар. Несмотря на невероятно тяжелые условия, героическими усилиями личного состава пожар и водотечность были ликвидированы. Подводная лодка смогла всплыть и дойти до базы, сохранив возможность кратковременных погружений на ограниченную глубину.

На подводной лодке Краснознаменного Балтийского флота «К-52» в октябре 1944 г. при первом боевом выходе в море в районе Данцигской бухты при срочном погружении не успели перекрыть забортный клапан топливной цистерны. При погружении забортная вода, поступившая под большим давлением, разорвала цистерну, разрушила аккумуляторную батарею и затопила четвертый отсек прочного корпуса. На глубине 97 м подводная лодка легла на грунт. Борьбой за живучесть руководил инженер-механик М. А. Крастелев. Находясь по горло в холодной, смешанной с соляром воде, подводники заделали пробоину и отключили элементы аккумуляторной батареи. После ухода сторожевых кораблей противника откачали воду из четвертого отсека (на поверхности образовалось соляровое пятно). Продули главный балласт и всплыли в надводное положение. Пользуясь своим

большим ходом, подводная лодка оторвалась от преследования, возвратилась в базу и стала в Кронштадте на ремонт в док. Ремонт был закончен вдвое быстрее, чем предусматривалось по плану.

Высокие образцы борьбы за непотопляемость в годы Великой Отечественной войны показали также экипажи подводных лодок «С-12», «Щ-310», «Щ-205», «М-104», «М-174», «Л-20» и многих других. Решающее значение в этом наряду с отличной выучкой сыграли высокие морально-боевые качества советских моряков-подводников.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аксютин Л. Р. Аварии морских судов от потери остойчивости. М.: Морской транспорт, 1962.
2. Аксютин Л. Р., Благовещенский С. Н. Аварии судов от потери остойчивости. Л.: Судостроение, 1975.
3. Андреев В. И. Борьба на океанских коммуникациях. М.: Воениздат, 1961.
4. Арефьев А. А. Использование ЭЦВМ при решении задач по непотопляемости корабля//Морской сборник. 1964. № 5.
5. Благовещенский С. Н., Холодидлин А. Н. Справочник по статике и динамике корабля. Т. 1. Статика корабля. Л.: Судостроение, 1975.
6. Боженко П. П. Устройство для снятия диаграммы статической остойчивости корабля//Бюллетень изобретений. 1958. № 12: Описание к авторскому свидетельству № 116491.
7. Бубнов И. Г. О непотопляемости судов: Избранные труды. Л.: Судпромгиз, 1959.
8. Букалов В. Н., Нарусбаев А. А. Проектирование атомных подводных лодок. Л.: Судостроение, 1964.
9. Власов В. Г. Статика корабля//Собрание трудов. Т. 6 и 7. Л.: Судпромгиз, 1959.
10. Власов В. Г. Разбор статьи «В защиту таблиц непотопляемости А. Н. Крылова»//Собрание трудов. Т. 4. Л.: Судпромгиз, 1959.
11. Геравкер Л. Н., Левин Б. З., Шмурун А. И. и др. Решение задач непотопляемости судов с помощью моделей//Регистр СССР. Теоретические и практические вопросы остойчивости и непотопляемости морских судов. М.; Л.: Транспорт, 1965.
12. Герасимов А. В. Краткий очерк развития учения о непотопляемости корабля в России. Л.: ВВМИОЛУ, 1949.
13. Герасимов А. В., Пастухов А. И., Соловьев В. И. Основы теории корабля. М.: Воениздат, 1959.
14. Герасимов В. Н., Дробленков В. Ф. Подводные лодки империалистических государств. М.: Воениздат, 1962.
15. Головкин А. Г. Вместе с флотом. М.: Воениздат, 1960.
16. Гушин А. М. Курс, проложенный огнем. М.: Воениздат, 1964.
17. Дунаевский Я. И. Борьба за живучесть и спасение судов флота рыбной промышленности. М.: Пищевая промышленность, 1973.
18. Дорогостайский Д. В., Мальцев Н. Я. Непотопляемость надводного корабля. М.: Воениздат, 1961.
19. Ерошенко В. Н. Лидер «Ташкент». М.: Воениздат, 1966.

20. Иванов С. В. Живучесть боевого надводного корабля. М.; Л.: Воениздат, 1940.
21. Короткин И. М. Боевые повреждения кораблей. Л.: Судпромгиз, 1960.
22. Короткин И. М. Аварии и катастрофы кораблей. Л.: Судостроение, 1977.
23. Колышкин И. А. В глубинах полярных морей. М.: Воениздат, 1964.
24. Костенко В. П. На «Орле» в Цусиме. Л.: Судпромгиз, 1955.
25. Крылов А. Н. Теория корабля (плавучесть и остойчивость)//Собрание трудов. Т. 9, ч. 1. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1948.
26. Крылов А. Н. Поучительные случаи аварии и гибели судов//Собрание трудов. Т. 1, ч. 2. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1951.
27. Крылов А. Н. Мои воспоминания: Воспоминания и очерки. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1956.
28. Крылов А. Н. О кренометре, показывающем на качке то положение равновесия, около которого корабль качается//Труды ВМАКВ. Вып. 2. Л., 1948.
29. Курач Ю. Об использовании счетно-решающих приборов для контроля остойчивости и посадки судов//Морской флот. 1962. № 1.
30. Кутейников Н. Н. Урок, преподанный гибелью бронеосца «Виктория»//Кронштадтский вестник. 1893. № 123.
31. Кутейников Н. Н. Из боевого опыта корабельного инженера под Порт-Артуром, 1906.
32. Ловягин Р. Гибель «Титаника», 1913.
33. Логинов С. Аварии на морском транспорте. ОГИЗ: Гострансиздат, 1932.
34. Макаров С. О. Рассуждения по вопросу морской тактики: Разбор элементов, составляющих боевую силу судов. М.: Воениздат, 1942.
35. Мальцев Н. Я., Дорогостайский Д. В., Прытков Ю. К. Теория непотопляемости судна. Л.: Судостроение, 1973.
36. Матросов Р. А. Методы исследования остойчивости судна с разрушенным бортом. Балтийский судостроительный и механический завод. Спб, 1906.
37. Москоу Э. Столкновение в океане. М.: Морской транспорт, 1962.
38. Муру Н. П. Обеспечение непотопляемости корабля. М.: Воениздат, 1965.
39. Муру Н. П. Статика корабля. Л.: ВВМИОЛУ, 1969.
40. Муру Н. П. Прикладные задачи плавучести и остойчивости судна. Л.: Судостроение, 1985.
41. Муру Н. П. Экспериментальное определение остойчивости судна на больших наклонениях//Регистр СССР: Научно-технический сборник. Вып. 2. Л.: Транспорт, 1972.
42. Негода Г. П. «Беспощадный». М.: Воениздат, 1961.
43. Ногид Л. М. Теория проектирования судов. Л.: Судпромгиз, 1955.
44. Павленко Г. Е. Проблемы статики корабля. М.; Л.: Морской транспорт, 1949.

45. Пузыревский К. П. Повреждения кораблей от подводных взрывов и борьба за живучесть. Л.; М.: ОНТИ, 1938.
46. Пузыревский К. П. Повреждения кораблей от артиллерии и борьба за живучесть. Л.: Судпромгиз, 1940.
47. Скрягин Л. Н. Тайны морских катастроф. М.: Морской транспорт, 1986.
48. Трибуц В. Ф. Подводники Балтики атакуют. Л.: Лениздат, 1963.
49. Трибуц В. Ф. Балтийцы сражаются. М.: Воениздат, 1985.
50. Ушинский К. Д. Собрание сочинений. Т. 1. М.: Изд-во АПН, 1948.
51. Чикер Н. П. Служба особого назначения. М.: Изд-во ДОСААФ, 1975.
52. Шерман Ф. С. Американские авианосцы в войне на Тихом океане. М.: Воениздат, 1956.
53. Шершов А. П. История военного кораблестроения. М.: Воениздат, 1940.
54. Шмурун А. И., Геравкер Л. Н., Левин Б. З. и др. Прибор моделирования задач статки корабля//Бюллетень изобретений. 1961. № 4: Описание к авторскому свидетельству № 136199.
55. Эйдельман Д. Я. «SOS»: Рассказы о кораблекрушениях. Л.: Судостроение, 1972.
56. Яковлев Н. Н. Загадка Пёрл-Харбора. Изд-во АН СССР, 1963.
57. Яковлев С. Т. Непотопляемость надводных кораблей. М.: Воениздат, 1934.
58. Яковлев С. Т. Кораблекрушения и аварии в парусном флоте. М.: Воениздат, 1949.
59. Справочник вахтенного офицера. М.: Воениздат, 1975.
60. Справочник по теории корабля. М.: Воениздат, 1984.
61. Сборники рефератов и статей по иностранному судостроению: № 35, 74, 84, 95, 100, 114. Л.: Судостроение.
62. Морской сборник: № 3, 5, 6, 11, 12, 1870 г.; № 10, 1871 г.; № 1, 1894 г.; № 4, 5, 1901 г.; № 1, 3, 8, 1952 г.; № 4, 1961 г.; № 1, 1963 г.; № 5, 1964 г.; № 5, 1966 г.
63. Морской флот: № 1, 1937 г.; № 2, 1962 г.; № 3, 1963 г.; № 7, 10, 12, 1986 г.; № 7, 8, 1987 г.
64. Сборники ЭПРОН № 1—XXVIII. Л.: Изд-во ЭПРОН, 1932—1940.
65. Правила классификации и постройки морских судов//Регистр СССР. Л.: Транспорт, 1985.
66. Юность. 1987. № 9.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	<i>Стр.</i>
Введение	3
Глава 1. Конструктивное обеспечение непотопляемости	10
§ 1.1. Цель и содержание конструктивного обеспечения непотопляемости	—
§ 1.2. Придание кораблю достаточных запасов плавучести, остойчивости и прочности	11
1.2.1. Запас плавучести	—
1.2.2. Запас остойчивости	16
1.2.3. Запас прочности	27
§ 1.3. Деление корпуса корабля на водонепроницаемые отсеки	31
1.3.1. Роль водонепроницаемого деления корпуса в обеспечении непотопляемости	—
1.3.2. Изменения запаса плавучести от затопления отсеков	39
1.3.3. Изменения остойчивости от затопления отсеков	43
1.3.4. Изменения крена и дифферента от затопления отсеков и их влияние на остойчивость поврежденного корабля	46
1.3.5. Общие принципы деления корабля на отсеки	59
§ 1.4. Обеспечение достаточной прочности и водонепроницаемости переборок, палуб и платформ	67
§ 1.5. Роль конструктивной защиты в обеспечении непотопляемости корабля	71
§ 1.6. Конструктивное и материально-техническое обеспечение борьбы за непотопляемость	73
1.6.1. Цель и содержание конструктивного и материально-технического обеспечения борьбы за непотопляемость	—
1.6.2. Роль корабельных систем в обеспечении борьбы за непотопляемость	76
1.6.3. Приборы, обеспечивающие борьбу за непотопляемость	83
§ 1.7. Общие требования к непотопляемости	86
Глава 2. Организационно-техническое обеспечение непотопляемости	92
§ 2.1. Цель и содержание организационно-технических мероприятий по обеспечению непотопляемости	—
§ 2.2. Организационно-технические мероприятия по правильной эксплуатации неповрежденного корабля в интересах обеспечения непотопляемости	93

	<i>Стр.</i>
2.2.1. Поддержание запасов плавучести и устойчивости корабля в условиях эксплуатации	93
2.2.2. Поддержание водонепроницаемости и прочности корпуса корабля	103
§ 2.3. Подготовка экипажа и технических средств к борьбе за непотопляемость	119
Глава 3. Борьба за непотопляемость	128
§ 3.1. Цели и содержание борьбы за непотопляемость	—
3.1.1. Цели борьбы за непотопляемость	—
3.1.2. Общие принципы и основные элементы борьбы за непотопляемость	130
§ 3.2. Зависимость целей и методов спрямления от состояния поврежденного корабля	134
3.2.1. Поперечное спрямление	—
3.2.2. Критерии, определяющие типовое состояние корабля с точки зрения поперечного спрямления	151
3.2.3. Продольное спрямление	163
3.2.4. Особенности спрямления подводных лодок	168
§ 3.3. Эффективность мероприятий по восстановлению устойчивости и спрямлению поврежденного корабля	170
3.3.1. Рекомендуемая общая последовательность мероприятий	—
3.3.2. Анализ эффективности конкретных мероприятий по восстановлению устойчивости и поперечному спрямлению поврежденного корабля	175
3.3.3. Допустимые пределы снижения запаса плавучести поврежденного корабля	182
§ 3.4. Общая характеристика способов восстановления устойчивости и спрямления поврежденного корабля	183
3.4.1. Классификация способов спрямления	—
3.4.2. Расчетные и расчетно-графические способы	184
3.4.3. Спрямление на основе готовых решений	186
3.4.4. Практический способ спрямления В. Г. Власова	187
§ 3.5. Маневрирование скоростью и курсом в интересах поддержания непотопляемости корабля	191
§ 3.6. Посадка на отмель как средство спасения тяжело поврежденного корабля	198
§ 3.7. Примеры эффективной борьбы за непотопляемость	203
Литература	219

Николай Петрович Муру

ОСНОВЫ НЕПОТОПЛЯЕМОСТИ КОРАБЛЯ

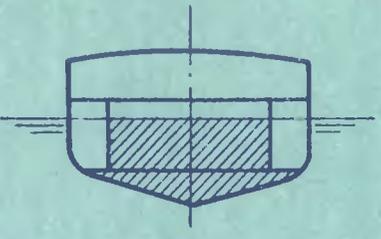
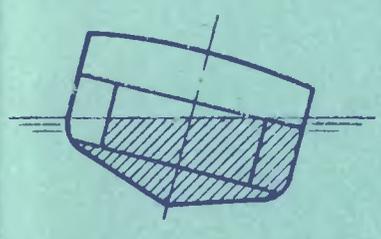
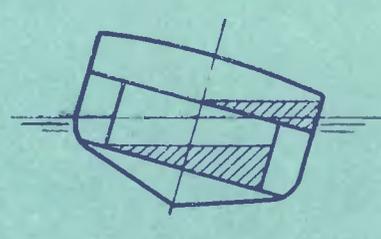
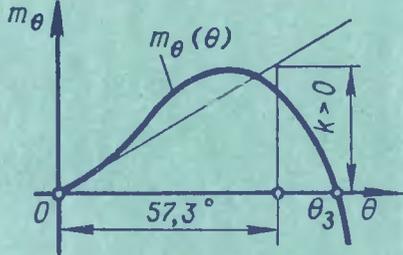
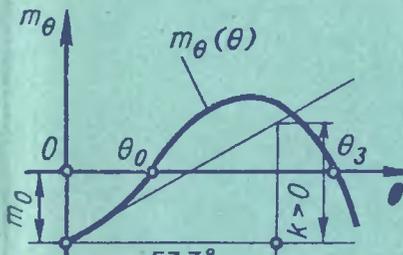
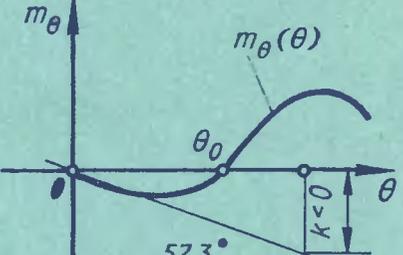
Редактор (литературный) *И. И. Матвеева*
Художник *Г. М. Мельников*
Художественный редактор *Г. В. Аветисян*
Технический редактор *М. В. Федорова*
Корректор *С. А. Проколова*

ИБ № 3388

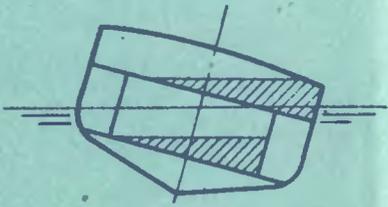
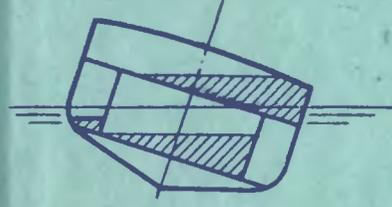
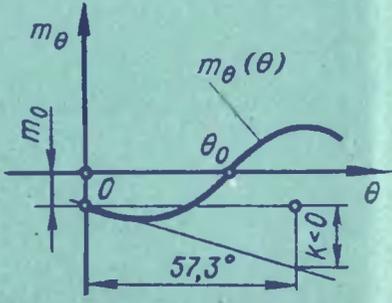
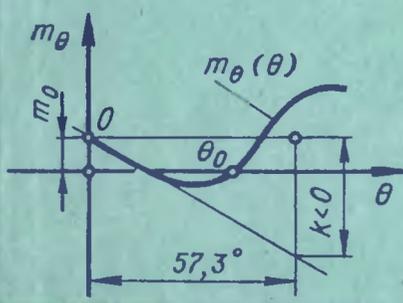
Сдано в набор 18.04.89. Подписано в печать 05.10.89. Г-25513.
Формат 84×108/32. Бумага тип. № 1. Гарн. обычн. нов.
Печать высокая. Печ. л. 7. Усл. печ. л. 11,76.
Усл. кр.-отт. 12,19. Уч.-изд. л. 11,73. Изд. № 9/4258.
Тираж 15 000 экз. Зак. 774. Цена 85 к.

Воениздат, 103160, Москва, К-160.
1-я типография Воениздата
103006, Москва, К-6, проезд Скворцова-Степанова, дом 3.

ТИПОВЫЕ СЛУЧАИ СОСТОЯНИЯ ПОВРЕЖДЕННОГО КОРАБЛЯ

Номер случая		Первый случай	Второй случай	Третий случай
Математическая характеристика		$h > 0, m_0 = 0$	$h > 0, m_0 \neq 0$	$h < 0, m_0 = 0$
Условная схема затопления и посадки				
Тип диаграммы поперечной статической устойчивости				
Задачи спрямления (в широком смысле)	продольного	Уменьшение аварийного дифферента в целях улучшения условий использования оружия и технических средств, восстановления ходовых и маневренных качеств корабля, увеличения запаса остойчивости. Спрявление безусловно необходимо при угрозе ухода в воду открытой палубы в оконечности корабля		
	поперечного	Собственно спрявление не требуется. При значительном снижении остойчивости – восстановление ее	Ликвидация (или уменьшение) крена. При значительном падении остойчивости – дополнительное ее увеличение	Ликвидация (или уменьшение) крена и восстановление остойчивости
Методы оперечного спрямления			Приложение поперечного спрямляющего момента $m_{спр} = m_0$	Восстановление остойчивости до $h > 0$
Недопустимые и опасные действия			Приложение поперечного спрямляющего момента, превосходящего по величине m_0	Приложение поперечного спрямляющего момента

ТИПОВЫЕ СЛУЧАИ СОСТОЯНИЯ ПОВРЕЖДЕННОГО КОРАБЛЯ

Номер случая		Четвертый случай	Пятый случай
Математическая характеристика		$h < 0, m \neq 0$ $sign m_0 = -sign \theta_0$	$h < 0, m_0 \neq 0$ $sign m_0 = sign \theta_0$
Условная схема затопления и посадки			
Тип диаграммы поперечной статической устойчивости			
Задачи спрямления (в широком смысле)	продольного	Уменьшение аварийного дифферента в целях улучшения условий использования оружия и технических средств, восстановления ходовых и маневренных качеств корабля, увеличения запаса устойчивости. Спрявление безусловно необходимо при угрозе ухода в воду открытой палубы в оконечности корабля	
	поперечного	Ликвидация (или уменьшение) крена и восстановление устойчивости	Ликвидация (или уменьшение) крена и восстановление устойчивости
Методы поперечного спрямления		Восстановление устойчивости до $h > 0$ и приложение поперечного спрямляющего момента $m_{спр} = m_0$	Восстановление устойчивости до $h > 0$ с одновременным удержанием корабля от спрямления приложением обеспечивающего момента. Уменьшение обеспечивающего момента до $m_{об} = m_0$
Недопустимые и опасные действия		Приложение поперечного спрямляющего момента, превосходящего по величине m_0	Приложение поперечного спрямляющего момента. Восстановление устойчивости без приложения обеспечивающего момента

НЕПОТОПЛЯЕМОСТЬ КОРАБЛЯ – способность корабля оставаться на плаву при наличии ряда затопленных отсеков. Непотопляемость обеспечивается запасом плавучести и устойчивости.

ПЛАВУЧЕСТЬ КОРАБЛЯ – способность корабля плавать в заданном положении относительно поверхности воды, неся предназначенные по роду его службы грузы.

ОСТОЙЧИВОСТЬ КОРАБЛЯ – способность корабля, выведенного из положения равновесия воздействием внешних сил (волн, ветра и т.д.), вновь возвращаться в первоначальное положение после прекращения действия этих сил.