

2-139902-010

РЕГИСТР СССР

СБОРНИК
НОРМАТИВНО-МЕТОДИЧЕСКИХ
МАТЕРИАЛОВ

Книга пятая

№ 2-09-005

№ 2-09-005

Контрольный



ТЕХНИЧЕСКАЯ
БИБЛИОТЕКА
Регистра СССР

ЛЕНИНГРАД «ТРАНСПОРТ»
ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ 1988

В Сборнике нормативно-методических материалов публикуются расчетные методики, одобренные Регистром СССР, инструкции, другие нормативные материалы, а также материалы, поясняющие содержание требований Правил Регистра СССР.

Настоящий сборник является продолжением серии сборников, изданных в 1979 (книга первая), 1980 (книга вторая), 1983 (книга третья), 1986 гг. (книга четвертая).

«Принципы, положенные в основу новых требований к делению на отсеки морских судов ледового плавания» подготовлены по заданию Регистра СССР канд. техн. наук *В. Н. Волковым*.

Выпущено по заказу Регистра СССР

С 3605030000-093 без объявл.
049(01)—88

© Регистр СССР, 1988

СОДЕРЖАНИЕ

Принципы, положенные в основу нормирования остойчивости морских судов	4
Принципы, положенные в основу новых требований к делению на отсеки морских судов ледового плавания	60
Пояснения к Правилам обеспечения безопасности судов с динамическими принципами поддержания Регистра СССР	68
Некоторые указания по техническому надзору за проектированием, постройкой и эксплуатацией СДПП	82
Инструкция по проверке дальности действия судовых радиопередатчиков гектометровых волн	86

ПРИНЦИПЫ, ПОЛОЖЕННЫЕ В ОСНОВУ НОРМИРОВАНИЯ ОСТОЙЧИВОСТИ МОРСКИХ СУДОВ

Вспомогательная информация
необязательного характера

Со времени издания первой редакции Принципов, положенных в основу нормирования остойчивости морских судов, требования Регистра СССР к остойчивости морских судов претерпели ряд изменений и дополнились новыми. В этой связи появилась необходимость в подготовке новой, переработанной редакции.

В настоящей редакции поясняются требования части IV «Остойчивость» Правил классификации и постройки морских судов изд. 1985 г.

Главное управление Регистра СССР благодарит докторов техн. наук *В. В. Луговского* и *В. Б. Липиса*, кандидатов техн. наук *Г. А. Алчуджана*, *Л. Н. Стрелева*, *Ю. И. Мамонтова*, *В. Н. Волкова*, *М. В. Шмидта*, *В. Г. Зиньковского-Горбатенко* и *С. М. Паненко*, инж. *Э. Е. Шаблову* за участие в редактировании текста.

ВВЕДЕНИЕ

Задачей нормирования остойчивости судна в неповрежденном состоянии является установление минимально допустимых параметров остойчивости, при которой правильно эксплуатируемому судну обеспечивается безопасность от опрокидывания. При установлении критериев анализировалась остойчивость судов как потерпевших аварии, так и хорошо себя зарекомендовавших в эксплуатации.

Причины, вызвавшие аварии судов и связанные с потерей остойчивости, могут быть самыми разнообразными. В различных условиях, в которых произошла авария, решающими могут оказаться различные факторы. Причины могут быть также связаны со спецификой функций, которые выполняют суда. Поэтому в части IV «Остойчивость» Правил классификации и постройки морских судов¹ Регистра СССР² нормирование остойчивости не ограничивается какой-либо одной характеристикой, а устанавливается ряд требований, обязательных для обеспечения безопасности судна.

Существующие требования были впервые введены в действие в 1959 г. Временными нормами остойчивости морских судов. Первоначально требования делились на общие и дополнительные. Общие требования распространялись на суда всех охватываемых требованиями типов, а дополнительные отражали специфику судов различных типов. С тех пор требования к остойчивости постоянно совершенствовались, дополнялись, в результате чего введенные для отдельных типов судов требования выпали из ранее принятого общего строя норм. Это объясняется спецификой таких типов судов, как плавкраны и плавдоки, с одной стороны, и невозможностью на данном этапе установить физические критерии для малых судов (длиной менее 20 м), с другой. Поэтому существующие требования, кроме указанных общих и дополнительных, включают специальный раздел «Требования к остойчивости плавучих кранов и доков».

1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОСТОЙЧИВОСТИ

1.1. Критерий погоды

В качестве критерия погоды принято отношение минимального опрокидывающего момента к кренящему моменту от давления ветра, которое должно быть не менее единицы. В основу критерия погоды положена следующая аварийная ситуация: судно не имеет хода, расположено лагом к волнению, испытывает бортовую качку и действие шквалистого ветра. Приняты наиболее неблагоприятные

¹ В дальнейшем Правила.

² В дальнейшем Регистр.

условия, возникающие при указанной ситуации, когда в момент начала действия динамического кренящего момента от шквала судно имеет наибольший крен от качки в сторону, противоположную действию шквала, и затем совершает размах при совместном действии ветрового кренящего момента и возмущающего момента, создаваемого волнами. Действие ветра принимается динамическим, давление ветра — нарастающим за весьма короткий промежуток времени от нуля до расчетного и остающимся постоянным до получения судном максимального крена.

Такая ситуация кажется несколько условной. Однако вероятностный анализ возможности опрокидывания судов на волнении, выполненный в ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова, подтвердил целесообразность рассмотрения именно положения судна лагом к волнению: вероятность опрокидывания судна, движущегося на косых курсах по отношению к волнению, много меньше, чем расположенного лагом к волне. Анализ аварий судов, особенно небольших, также показывает, что многие суда опрокинулись, будучи развернутыми лагом к крупным нерегулярным волнам, и подобный случай целесообразно учесть при оценке динамической устойчивости. С другой стороны, введение более сложной модели действия порывистого ветра, когда динамическое наклонение судна под действием порыва происходит относительно угла статического крена от действия постоянной составляющей ветра, приведет к более мягкой, хотя чаще встречающейся в действительности ситуации по сравнению с принятой и потребует определения амплитуд качки судна с начальным креном, для чего в настоящее время нет достаточно простых и надежных методов.

Принятая в Правилах схема действия ветра упрощает определение критерия погоды, отвечая более опасной, но вместе с тем вероятной в штормовых условиях ситуации. Действительно, кинематически картину действия порыва ветра на надводную поверхность судна можно представить как попадание судна в сферу действия пронесшегося мимо него достаточно мощного вихря. По мере приближения вихря различные участки площади парусности судна последовательно попадают под его действие. Полная сила давления развивается в тот момент, когда порыв ветра воздействует на всю или на большую часть надводной поверхности судна. Таким вихрем может характеризоваться мощный шквал, образовавшийся в области, ограничивающей участки атмосферы с различной температурой воздуха, т. е. в области холодного или теплого фронта.

Сведения о шквалах позволяют говорить о том, что размеры зоны, охватываемой ими, могут значительно превосходить размеры судов. Скорость перемещения фронта шквала достигает 60—70 км/ч, а на отдельных участках может быть гораздо больше. Во время ураганов фиксировались скорости более 300 км/ч.

Суждение о длительности процесса нарастания ветровой нагрузки может быть также получено путем сопоставления ско-

рости переноса вихрей с размерами судна. Так, если судно попадает в сферу действия вихря с горизонтальной осью, оно будет охвачено потоком по истечении времени $\Delta t \approx 2B/v_0$, где B — ширина судна, v_0 — скорость перемещения вихря.

Для судна с $L=100$ м, $L/B=7$ при $v_0=20$ м/с получаем $\Delta t < 1$ с.

Шквалистые ветры со сравнительно небольшими средними скоростями исследовались В. Г. Сизовым и В. С. Большаковым [1]. В соответствии с этими исследованиями время нарастания средней скорости шквалистого ветра от нуля до максимального значения может определяться по приближенной формуле

$$\tau = \bar{v}_m / 0,011 l^{0,14 \bar{v}_m},$$

где \bar{v}_m — максимальная средняя скорость в шквале.

Расчеты показывают, что при небольших средних скоростях (до 15—20 м/с) нарастание шквала исчисляется минутами, т. е. степень динамичности шквала ничтожна. Однако экстраполяция формулы на случай сильного шквала приводит к выводу о возможности нарастания скорости в течение гораздо меньших интервалов времени, соизмеримых с периодом собственных колебаний судна (15—20 с). Это подтверждается также анализом записей скорости ветра в тайфуне, проведенных японскими исследователями.

Составление энергетического баланса работы моментов сил, действующих на судно при качке, и кренящего момента от шквала на размахе бортового наклона позволяет получить приближенное уравнение работ для определения крена судна. Принятие же дополнительного допущения, что работа возмущающего момента от волн точно компенсируется работой демпфирующего момента, внешний кренящий момент прилагается мгновенно и остается постоянным на всем протяжении размаха, позволяет получить указываемый в Правилах простой способ для определения минимального момента, способного опрокинуть судно.

Таким образом, применяемое в Правилах приближенное построение учитывает работу не только внешнего кренящего момента от ветровой нагрузки, но и возмущающего момента от действия волн и момента демпфирующих сил. Влияние этих двух моментов учитывается путем введения в построение на диаграмме устойчивости амплитуды бортовой качки.

1.1.1. Кренящий ветровой момент

Кренящий момент от давления ветра [2], [3] вычисляется в предположении, что судно расположено лагом к ветру, т. е. перпендикулярно к направлению скорости ветра, причем кренящий момент мгновенно достигает расчетного значения и остается постоянным по величине до получения судном максимального крена. Расчетная формула для определения кренящего момента

является результатом упрощенного и схематизированного представления о нем. Фактическое воздействие ветрового давления на судно является гораздо более сложным процессом, а ветровой момент является сложной функцией времени и различных элементов судна. Ниже приводится краткое пояснение сути упрощений, введенных при определении ветровой нагрузки.

Известно, что возрастание скорости сильного ветра с высотой может быть приближенно рассчитано по формуле

$$v/v_1 = \ln \frac{z}{z_0} / \ln \frac{z_1}{z_0},$$

где v — скорость ветра на высоте z над поверхностью моря;

v_1 — известная скорость на заданной высоте z_1 ;

z_0 — характеристика шероховатости морской поверхности.

Давление ветра изменяется пропорционально квадрату его скорости. Поэтому для расчета профиля давления по высоте применялась формула

$$p/p_1 = \left[\ln \frac{z}{z_0} / \ln \frac{z_1}{z_0} \right]^2.$$

Расчет давления ветра в зависимости от высоты элемента парусности судна усложнил бы расчет кренящего момента. Для упрощения вычислений давление ветра условно предполагалось равномерно распределенным по всей площади парусности судна, но возрастающим с увеличением высоты центра парусности судна с таким расчетом, чтобы кренящие моменты при равномерно распределенном и изменяющемся по высоте давлении ветра были одинаковы. На основании расчетов, выполненных для нескольких десятков морских судов при нескольких случаях нагрузки по каждому судну, была получена статистическая кривая, определяющая расчетное относительное возрастание давления ветра с изменением высоты центра парусности.

На основании наблюдений над порывистым ветром с крупными пульсациями можно сделать вывод о том, что скорость шквалистого ветра может изменяться от затишья к шквалу в 2—2,5 раза в течение нескольких секунд; при этом сильные пульсации сопровождаются изменением угла направления ветра достигающим при штормовом ветре 25—30° от среднего направления. В таких случаях, когда порыв ветра налетает после затишья и с неблагоприятным изменением курсового угла, кренящая нагрузка от давления ветра может возрасти в 8—10 раз. Таким образом, приближенно можно считать, что кренящий момент может изменяться в течение порыва от нуля до максимального.

Хотя порывы, скорость которых возрастает от нуля до максимальной, наблюдаются значительно реже, чем порывы с возрастанием скорости от среднего значения, они более опасны для судов, и в Правилах принимается, что бортовая качка судна совершается относительно прямого положения.

Аэродинамические факторы, влияющие на кренящий момент, устанавливались на основании продувок надводной части моделей судов в аэродинамической трубе. Давление ветра на единицу площади парусности определяется по формуле

$$p = C_0 \rho \frac{v^2}{2},$$

где C_0 — безразмерный коэффициент; ρ — массовая плотность воздуха; v — скорость ветра, м/с.

По данным продувок, коэффициент C_0 для надводной части корпуса, сплошных надстроек и т. п. может быть принят равным 1,2—1,3.

Наибольшая сила давления ветра образуется при положении судна относительно ветра с углом атаки около 70° . С возрастанием угла крена судна до 30 — 40° в сторону ветра кренящий момент уменьшается согласно приближенному выражению

$$M_\theta \approx M_0 (1 - 0,31\theta).$$

При крене навстречу ветру кренящий момент может возрастать, а если уменьшается, то в меньшей степени.

Перемещение судна лагом, вызванное действием порыва ветра, обуславливает возникновение реактивных гидродинамических сил. В начальной стадии действия силы шквала, когда скорость дрейфа еще мала, а судно испытывает ускорения, преобладают инерционные силы и моменты. По мере нарастания скорости дрейфа инерционные силы уменьшаются и начинают преобладать силы и моменты сопротивления дрейфу. При отсутствии хода сопротивление дрейфу пропорционально квадрату скорости перемещения.

При поступательном боковом движении судна не только образуется реактивная сила сопротивления дрейфу Q , но и происходит перераспределение сил давления на погруженную часть судна.

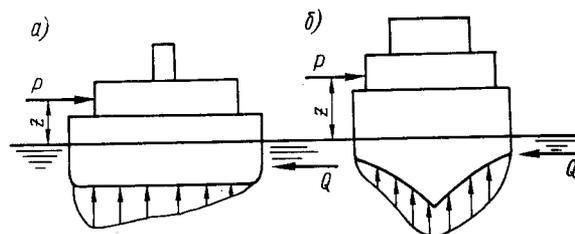


Рис. 1. Распределение гидродинамических сил давления на днище

Влияние гидродинамических сил на крен судна может быть различным. Так, для судов с формой корпуса, изображенной на рис. 1, а, силы гидродинамической природы увеличивают крен судна при дрейфе, для судна на рис. 1, б — уменьшают.

Влияние дополнительного момента от гидродинамических сил может быть условно учтено путем смещения точки приложения равнодействующей сил сопротивления дрейфу. Теоретические расчеты и экспериментальные исследования показывают, что в случае, соответствующем рис. 1, а, расчетное положение силы сопротивления дрейфу может оказаться глубоко под килем, а в случае рис. 1, б — выше уровня ватерлинии. Аналогичные соотношения имеют место и для гидродинамических сил инерционной природы.

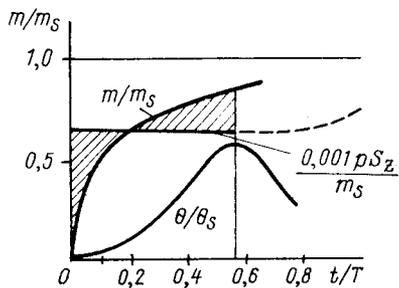


Рис. 2. Зависимость кренящего момента от времени

Характер гидродинамических сил и моментов существенно зависит также от переменного угла крена судна.

Отсюда следует, что кренящий ветровой момент не будет постоянным даже в том случае, если считать, что сила давления ветра p , достигнув максимального значения, остается постоянной. Изменение во времени кренящего момента обусловлено изменением природы гидродинамических сил и моментов от инерционных

к силам сопротивления, а также влиянием на аэродинамические и гидродинамические силы возрастающего угла крена судна.

Типичная зависимость кренящего момента от времени изображена на рис. 2, на котором по горизонтальной оси отложено время в долях периода качки на тихой воде, а по оси ординат — кренящий момент, отнесенный к соответствующему статическому моменту, возникающему после наступления установившейся скорости дрейфа.

Сложный характер зависимости кренящего момента от времени может быть заменен эквивалентным простым при том же давлении ветра, исходя из равенства сообщаемых судну количества движения за время, необходимое для получения судном динамического крена. Расчеты показывают, что формула (2.1.2.1) части IV Правил дает для морских судов приблизительно эквивалентное значение кренящего момента при наиболее простом допущении о постоянстве кренящего момента за все время наклонения судна. Поэтому она и принята в качестве расчетной.

Для пользования указанной формулой необходимо знать расчетное давление ветра. Так как ветры ураганной силы с той или иной повторяемостью возможны в любом пункте земного шара, тем более на море, казалось бы естественным принять для всех судов одинаковое расчетное давление ветра, соответствующее максимальной его скорости, замеренной метеорологическими станциями. Однако такое требование было бы чрезмерно жестким. Для установления числовых значений расчетного давления ветра были проведены сравнительные расчеты, которыми определялись значения выдерживаемого давления ветра для большого числа

плавающих под флагом СССР судов разных типов и районов плавания при разных условиях нагрузки. Искомое давление определялось из условия равенства единице соответствующего критерия погоды:

$$K = M_{\text{опр}}/M_{\text{кр}} = 1.$$

На основании рассмотрения результатов расчетов и учета опыта эксплуатации судов установлены нормы расчетного давления ветра, которое не имеет прямой связи с баллами шкалы Бо-форта.

В зависимости от норм расчетного давления ветра все морские суда делятся на три группы. К первой относятся суда неограниченного района плавания. Условия эксплуатации их наиболее суровы. Суда могут оказаться в любое время года в таком районе океана, где повторяемость штормов особенно высока и они не имеют возможности укрыться в порту от плохой погоды. Поэтому суда неограниченного района плавания должны иметь наиболее высокую норму условного расчетного давления ветра.

Ко второй и третьей группам относятся суда ограниченных районов плавания I и II. Ограниченный район плавания II имеют суда прибрежного плавания, обычно малых размеров. При определенных силе ветра и интенсивности волн они не должны выходить в море, а при получении во время плавания неблагоприятных метеорологических прогнозов должны укрываться в порту. Район плавания для них устанавливается с учетом географических особенностей бассейна не более 50 миль от места убежища. Благодаря близости к порту им может быть скорее оказана помощь в случае аварии. Очевидно, вероятность попадания их в сильный шторм намного меньше, чем для судов неограниченного района плавания, и поэтому они могут иметь соответственно меньший запас остойчивости, т. е. меньшую норму расчетного ветрового давления. Опыт плавания судов ограниченного района плавания II, играющих благодаря их многочисленности значительную роль в народном хозяйстве страны, показывает возможность благополучной их эксплуатации при значительно меньших запасах остойчивости по сравнению с судами неограниченного района плавания.

Устанавливаемая Правилами разница в требованиях к остойчивости судов неограниченного и ограниченного II районов плавания весьма велика. Условное расчетное давление ветра для судов ограниченного района плавания II примерно в 3,6 раза меньше, чем для судов неограниченного района плавания. В связи с этим была создана еще одна, промежуточная группа судов ограниченного района плавания I. У судов этой группы, эксплуатирующихся во внутренних морях СССР (Балтийское, Белое, Азовское, Черное, Каспийское), район плавания ограничен пределами этих морей. Район плавания в открытых морях не превышает 200 миль от места убежища. Дополнительные ограничения устанавливаются в зависимости от географического района и сезонности

плавания. Так, в Баренцевом и Охотском морях ограничение устанавливается с учетом сезонности: летом — 200, зимой 100 миль от места убежища. В арктических морях и Тихом океане район плавания ограничивается 100 милями от места убежища.

Суда ограниченного I района плавания должны обладать хорошими мореходными качествами, но они также могут иметь ограничения плавания по условиям погоды. Вероятность попадания в шторм для них меньше, чем для судов неограниченного района плавания. Количество судов ограниченного района плавания I весьма велико, и опыт эксплуатации свидетельствует о возможности безопасного плавания при промежуточных запасах остойчивости по сравнению с установленными для судов неограниченного и ограниченного II районов плавания.

Таким образом, принятое в Правилах разделение судов на три группы и установление соответствующих норм расчетного давления ветра отражает опыт эксплуатации отечественных морских судов.

В Правилах приведены указания относительно способа расчета парусности судна. Ввиду условного характера расчета Правила разрешают определять парусность несплошных поверхностей, разных мелких предметов, рангоута и такелажа судов, не имеющих парусного вооружения, путем процентной надбавки к основной части площади парусности сплошных поверхностей. Это позволяет избежать кропотливых вычислений и уменьшить трудоемкость расчета. По желанию проектанта эти виды парусности могут определяться более детально.

Принятая в Правилах схема определения кренящих моментов от давления ветра предназначается только для целей нормирования остойчивости, т. е. для вычисления основного критерия и для определения района плавания судна. Ввиду наличия ряда условий схема не может быть рекомендована для установления ограничений плавания по условиям погоды.

1.1.2. Амплитуда качки

Амплитуда качки, необходимая для определения критерия погоды, вычисляется по простой формуле, приведенной в Правилах. В основу этой формулы положена методика определения амплитуды бортовой качки судна, лишеного хода и расположенного лагом к двумерному нерегулярному волнению [3], [4].

Ввиду того, что предусматривается расчет нерегулярной качки, необходимо выбрать статистическую характеристику качки, подходящую для оценки динамической остойчивости судна. За такую характеристику принята наиболее вероятная максимальная амплитуда за ограниченное число колебаний. Физически это число обосновать трудно, его целесообразно выбирать на основании большого количества расчетов качки современных морских судов и анализа опыта их эксплуатации. Результаты таких расчетов для большого числа транспортных, промысловых, буксирных и дно-

углубительных судов показали приемлемость выбора амплитуды, максимальной за 50 колебаний судна. С физической точки зрения эта цифра представляется вполне подходящей, так как обеспеченность такой амплитуды близка к 2%, т. е. в отношении безопасности плавания условия бортовой качки выбраны достаточно тяжелыми. Вместе с тем элемент условности при выборе амплитуды качки и при таком подходе остается. Кроме того, в методике определения амплитуд качки необходимо было задаться статистическими характеристиками волнения; при этом целесообразно ориентироваться на силу ветра, заложенную в определение критерия погоды.

Несмотря на то, что значения давления ветра, принятые в Правилах для определения критерия погоды, являются условными, они примерно соответствуют 10-балльному ветру (при шквале) для судов неограниченного района плавания, 8-балльному — для судов ограниченного I района плавания и 6-балльному — для судов ограниченного II района плавания. В соответствии с этим в расчетной схеме определения амплитуд качки статистические характеристики волнения приняты отвечающими средней скорости 10-балльного ветра для судов неограниченного района плавания и 8-балльного — для судов ограниченных I и II районов плавания. С физической точки зрения это означает, что в районе плавания судна действует установившееся нерегулярное волнение, которое вызвано ветром, дувшим с выбранной средней скоростью в течение достаточно большого промежутка времени. В тот момент, когда на судно действует шквал, статический крен судна считается отсутствующим, т. е. предполагается, что средняя скорость ветра в этот момент равна нулю.

Обычный расчет амплитуды по формулам статистической теории качки весьма трудоемок. Поэтому при разработке расчетной формулы пошли по пути упрощений, т. е. предварительного обсчета качки судов с характерными соотношениями главных размеров, коэффициентами полноты и другими параметрами, влияющими на передаточную функцию качки, анализа степени влияния отдельных параметров и, наконец, осреднения результатов расчета.

Известно, что на амплитудные характеристики качки на волнении с заданными параметрами наиболее сильно влияет период собственных колебаний судна T_0 и коэффициент демпфирования качки, который зависит главным образом от отношения B/d , частоты качки и коэффициентов полноты α и C_B . Определенное влияние на амплитуду оказывают и поправочные коэффициенты к главной и дифракционной частям возмущающего момента, которые также зависят от перечисленных параметров формы и от отношения между шириной и осадкой судна и длиной волны, хотя для положения небольшого судна лагом к крупной волне это влияние, как правило, менее существенно.

В соответствии с изложенным расчеты нерегулярной качки были проведены для различных вариаций T_0 , B/d , α и C_B при

нескольких водоизмещениях. После осреднения результатов расчетов оказалось возможным предложить простые окончательные зависимости.

Условная расчетная амплитуда бортовой качки круглоскулового судна, не снабженного скуловыми килями и брусковым килем, вычисляется по формуле

$$\theta_{1m} = X_1 X_2 Y.$$

Множитель Y в этой формуле характеризует влияние периода собственных колебаний на амплитуду нерегулярной качки. Период бортовой качки приближенно можно определить отношением $\sqrt{r - a/B}$, если влияние нелинейности учесть косвенно, ограничив снижение амплитуды при уменьшении данного отношения некоторым предельным значением. Возможность такого приема подтверждается результатами расчетов нелинейной бортовой качки на волнении более точными методами.

Множитель X_1 характеризует то обстоятельство, что увеличение B/d , с одной стороны, увеличивает коэффициент демпфирования качки, т. е. снижает ее амплитуду, а с другой, усиливает возмущающее действие волн, т. е. делает качку более интенсивной. При $2,4 \leq B/d \leq 3,5$ превалирует первый фактор, что отражается падением коэффициента X_1 ; при других значениях B/d приближенно можно считать, что изменение демпфирования компенсируется изменением возмущающего момента инерционной природы.

Множитель X_2 характеризует увеличение демпфирования качки при уменьшении коэффициента общей полноты (при постоянстве прочих характеристик корпуса), которое проявляется особенно сильно при $C_B < 0,6$. Каждый из множителей Y , X_1 и X_2 определяется по таблицам.

Если судно имеет скуловые кили или брусковый киль, условная расчетная амплитуда качки вычисляется по формуле

$$\theta_{2m} = k\theta_{1m},$$

где k — коэффициент, характеризующий степень демпфирования качки скуловыми килями и определяемый по таблице в зависимости от относительной площади килей.

Определенные в результате расчета по формуле Правил амплитуды качки являются условными расчетными и предназначаются для целей нормирования остойчивости по критерию погоды.

1.1.3. Опрокидывающий момент

Определение опрокидывающего момента, т. е. максимального кренящего момента, который может выдержать судно, проводится с помощью графических построений по диаграмме динамической остойчивости либо по диаграмме статической остойчивости; при

этом в соответствии с принятой при нормировании аварийной ситуацией учитывается качка судна.

Диаграммы остойчивости должны быть исправлены на влияние жидких грузов. Для целей нормирования используются статические поправки на влияние свободных поверхностей жидких грузов. Влиянием динамической составляющей пренебрегают ввиду ее малости. Это упрощает учет влияния жидких грузов и позволяет вводить его в схему Правил и, в частности, в схему определения опрокидывающего момента, не усложняя ее.

Поправки на влияние свободных поверхностей жидких грузов могут определяться точным расчетом и с использованием приближенного способа, изложенного в «Инструкции по учету влияния свободных поверхностей жидких грузов на остойчивость судна», помещенной в Правилах 1970 и 1974 гг., а позднее опубликованной без изменений в «Сборнике нормативно-методических материалов» (Регистр СССР. Л., «Транспорт», 1979). Этот приближенный способ основан на аппроксимации произвольной цистерны прямоугольной с той же вместимостью и высотой, но шириной, равной наибольшей габаритной ширине исходной цистерны. Такая замена обычно приводит к некоторому завышению статических поправок на влияние свободных поверхностей, что допустимо при нормировании остойчивости.

Поправки к плечам статической остойчивости вычисляются по формуле

$$\Delta l_{\theta} = \bar{l}_{\theta} \frac{\gamma v_{\tau} b_{\tau}}{\Delta},$$

где \bar{l}_{θ} — коэффициент, определяемый по графикам в зависимости от отношения габаритных высоты и ширины цистерны; v_{τ} , b_{τ} — объем и габаритная ширина цистерны.

Для расчета поправки предлагается принимать заполнение цистерны равным 50 % ее объема. Однако в ряде случаев это условие может оказаться слишком жестким, поэтому в Правилах оговариваются случаи, когда при вычислении поправок заполнение цистерны должно приниматься фактическим, например, для танкеров-раздатчиков, при приеме забортной воды в трюм сухогрузного судна.

В Правилах и в Инструкции по учету влияния свободных поверхностей жидких грузов на остойчивость судна указаны способы выбора цистерны для включения в расчетную комбинацию, по которой проводится расчет поправки на влияние свободных поверхностей жидких грузов.

Элементы диаграммы статической остойчивости, а следовательно и опрокидывающий момент, сильно зависят от формы надводной непроницаемой части судна. В связи с этим в Правилах указаны условия, при которых объемы надстроек, рубок, люков могут включаться в остойчивость формы. Если их конструкция обладает достаточной прочностью и отверстия в них снабжены надежными закрытиями, т. е. надстройки и рубки отвечают

требованиям 7.5.1.2 части III «Устройства, оборудование и снабжение» Правил, а люки — требованиям 7.10, 7.13 той же части, то такие люки, надстройки и рубки могут засчитываться в остойчивость формы. Кроме того, надстройки и рубки должны иметь выход на вышележащую палубу, чтобы в условиях штормовой погоды был обеспечен выход на открытые палубы и в вышерасположенные помещения, а также доступ в рабочие помещения внутри надстроек и рубок и в машинное отделение с вышерасположенных палуб при закрытых отверстиях в переборках надстроек и рубок, чьи объемы учитываются при расчете остойчивости формы.

Если надстройка или рубка не имеют дополнительного выхода на вышерасположенную палубу, объем надстройки может учитываться до угла крена, при котором вода может поступать внутрь корпуса судна через выход на палубу, либо на условную величину, указанную в Правилах, а объем рубки не принимается во внимание. Обычно в расчетах остойчивости формы учитывается только первый ярус надстройки или рубки, расположенной на верхней непрерывной палубе судна.

В Правилах вводится понятие об угле заливания как об угле крена, при котором происходит прогрессирующее заливание водой внутренних помещений судна через отверстия, закрытия которых не отвечают требованиям части III «Устройства, оборудование и снабжение» Правил, или через отверстия, которые должны быть открытыми при эксплуатации судна. При достижении судном крена, равного углу заливания, диаграмма статической остойчивости обрывается, т. е. условно считается, что судно потеряло остойчивость. При определении опрокидывающего момента учитывается площадь диаграммы статической остойчивости или диаграмма динамической остойчивости до угла крена, соответствующего углу заливания.

Правилами требуется проводить расчеты плеч остойчивости формы по ватерлинию, параллельную конструктивной. Это условие принято по причине расчетных сложностей, возникающих при учете начального дифферента судна и сопутствующего дифферента, возникающего вследствие значительных продольных перемещений центра тяжести судна при поперечных наклонениях. С внедрением ЭВМ в практику конструкторских бюро эти сложности легко преодолеваются, однако условие осталось в силе. Выполнение его по отношению к начальному дифференту не встречает возражений для обычных морских транспортных судов, по-видимому, по следующим причинам: эти суда имеют в эксплуатации небольшой начальный дифферент, разный в различных условиях загрузки, и его учет, с одной стороны, незначительно изменил бы остойчивость судна, а с другой, существенно усложнил материалы Информации об остойчивости. Для судов, постоянно эксплуатирующихся со значительным дифферентом, таких как плавкраны, Правила требуют его учета при расчете остойчивости.

Как показали расчеты для обычных транспортных, рыболовных и других судов, влияние сопутствующего дифферента не-

лико, однако для некоторых судов, сравнительно низкобортных с длинной надстройкой (например, суда снабжения ПБУ), учет влияния сопутствующего дифферента может значительно снизить плечи остойчивости. В таких случаях расчет плеч остойчивости следует проводить с учетом сопутствующего дифферента. Когда плечи остойчивости рассчитываются с учетом начального или сопутствующего дифферента, угол заливания также должен определяться с учетом дифферента.

1.2. Требования к диаграмме статической остойчивости и к начальной метацентрической высоте

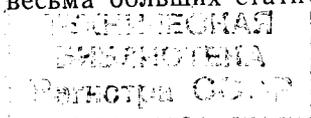
В дополнение к критерию погоды, устанавливающему связь характеристик остойчивости судна с элементами его качки и ветровой нагрузки, в Правилах содержатся также требования к диаграмме статической остойчивости и начальной метацентрической высоте.

10015
Необходимость в дополнительных критериях обуславливается прежде всего тем обстоятельством, что в некоторых случаях для судов с малым надводным бортом и малой площадью парусности оказывается возможным удовлетворить требованиям по критерию погоды при слишком короткой или низкой диаграмме остойчивости, которая фактически не может обеспечить судну должную степень безопасности. Дополнительными требованиями предусматриваются ограничения положения и значений максимального плеча и угла заката диаграммы статической остойчивости.

При назначении требований к диаграмме использовались рекомендации, в частности проф. Я. Рахола, который подробно анализировал обстоятельства аварий многих судов за период с 1870 по 1939 гг., в соответствии с которыми плечо статической остойчивости при крене 30° следует принять равным 0,2 м. Эти же нормативные параметры диаграммы следуют из большого материала по остойчивости судов, собранного и проанализированного ИМО для других, чем у Я. Рахола, судов.

При назначении максимального плеча статической остойчивости и его положения учитывались и другие рекомендации: Германский Ллойд рекомендовал принимать максимальное плечо 0,25—0,30 м, А. Денни указывал на необходимость иметь плечо не менее 0,8 фут (0,244 м) при крене 30 и 40° . Кроме того, при назначении максимального плеча учитывалось следующее обстоятельство: при движении судна на попутном волнении остойчивость судна может существенно снижаться, причем для судов относительно малой длины (менее 80 м) это снижение более опасно, чем для больших. Учитывая сказанное, в Правилах принято дифференцированное в зависимости от длины судна максимальное плечо.

Засвидетельствованные отдельными капитанами случаи получения их судами весьма больших статических кренов (более 50°)



доказывают на опыте практическое значение нисходящей ветви диаграммы статической остойчивости и целесообразность возможно большего угла ее заката. Правилами требуется иметь угол заката диаграммы статической остойчивости не менее 60° . Для судов, имеющих отношение ширины к высоте борта более 2,0 и удовлетворяющих требованию по критерию погоды с запасом, разрешается снижение угла заката диаграммы и положения максимума до 50 и 25° соответственно.

В связи с тем, что для некоторых судов с обрывающейся при угле заливания диаграммой остойчивости оказывается невозможным удовлетворить требованиям, относящимся к углу заката диаграммы, Правилами разрешается для этих судов плавание с укороченной диаграммой при условии ограничения района плавания. Такое смягчение дает формальную возможность обхода этих требований путем намеренного устройства считающихся открытыми отверстий в тех случаях, когда не удастся обеспечить необходимый угол заката при водонепроницаемых надстройках. Для устранения этой возможности Правилами требуется, чтобы условный угол заката диаграммы статической остойчивости, определенный в предположении водонепроницаемого закрытия отверстий, был не ниже требуемого Правилами.

Правилами требуется, чтобы метацентрическая высота была положительной. Отрицательная метацентрическая высота во многих случаях не представляет прямой опасности для судна, но нежелательна по многим причинам. Судно с отрицательной метацентрической высотой всегда имеет начальный крен, быстро растущий с уменьшением остойчивости. В связи с высокой чувствительностью крена к малым изменениям метацентрической высоты возможно опасное увеличение крена в случае допущения ошибок при попытках выравнивания судна. Так, при ошибочной попытке выравнивания крена в море посредством перекачки жидкого балласта в цистерны другого борта метацентрическая высота будет уменьшаться вследствие возрастания свободной поверхности жидких грузов и будет создан добавочный кренящий момент на противоположный борт. Под действием этих факторов судно может внезапно получить большой крен на другой борт, значительно превосходящий первоначальный.

Не следует также допускать отрицательную метацентрическую высоту в проектных расчетах, так как малые погрешности в расчете возвышения центра тяжести судна могут привести к чрезмерному опасному крену. Кроме того, при отрицательной метацентрической высоте неповрежденного судна возможен большой крен и даже опрокидывание судна при получении пробоины.

Все эти соображения заставили потребовать в качестве дополнительного критерия остойчивости, чтобы метацентрическая высота всех судов при всех вариантах нагрузки и с учетом свободных поверхностей жидких грузов была положительной. Для некоторых типов судов, таких, как лесовозы, контейнеровозы, рыболовные и суда малой длины, этого требования оказывается недо-

статочно, и для них вводятся дополнительные нормативные значения для метацентрической высоты.

Начальная остойчивость судов, имеющих колодец, может существенно снижаться из-за попадания в него воды при штормовой погоде. Достаточно полно учесть влияние попадания воды на палубу в настоящее время не представляется возможным, поэтому Правилами требуется проверить остойчивость в случае возможности попадания воды в колодец. Если судно имеет два колодца, должна быть проверена остойчивость при заполнении одного, большего колодца. Расчет условного количества воды и влияния свободной поверхности следует проводить при условии, что вода заполнила колодец по нижнюю кромку портиков в прямом положении судна. При определении количества воды следует учесть погибь и седловатость палубы.

1.3. Учет обледенения

В практике эксплуатации судов, плавающих в зимнее время в Баренцевом, Балтийском, Охотском, Черном и других морях, неоднократно наблюдались случаи обледенения надводной части судов: верхней палубы, бортов, стенок надстроек и рубок, палубных механизмов, рангоута, вант и т. п. Обледенение увеличивает вес судна и площадь парусности, повышает центр тяжести и в итоге ухудшает параметры остойчивости судна. Наиболее заметно последствия обледенения сказываются на остойчивости сравнительно малых судов и лесовозов.

Степень обледенения может быть весьма различной. В практике мореплавания известны случаи обледенения небольших рыболовных судов, когда количество льда достигало 20 % общего водоизмещения судна. Толщина слоя льда на носовой части палубы почти равнялась высоте фальшборта, а на стенках рубок достигала 10—20 см; брашпиль представлял собой сплошную глыбу льда. Рассчитанная для этого случая обледенения диаграмма статической остойчивости приведена на рис. 3.

Фактическая остойчивость судна должна быть более благоприятной, чем изображенная на рис. 3, так как при расчете диаграммы не принималась во внимание плавучесть льда, погружающегося при крене в воду. В большинстве случаев обледенение бывает менее интенсивным.

Очевидно, при большом разнообразии возможных в действительности условий обледенения всякие конкретные расчетные нормы обледенения могут иметь лишь условный характер, однако рациональный выбор норм обледенения в сочетании с требованиями к остойчивости дает определенную гарантию безопасности

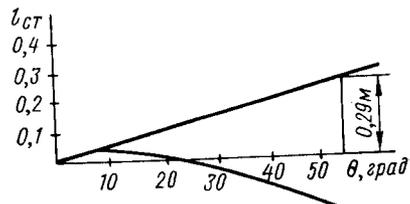


Рис. 3. Диаграмма статической остойчивости для рассчитанного случая обледенения

судна в условиях возможного обледенения. Указанная в Правилах норма обледенения также является условной, а поэтому расчет ледовой нагрузки схематизирован.

Практика применения Правил показала, что суда, удовлетворяющие им, благополучно переносят и более тяжелые случаи обледенения.

Указанный в гл. 2 схематизированный способ расчета ледовой нагрузки разрабатывался в то время, когда не было сведений о более детальном распределении льда по судну. В настоящее время в связи с широко проведенными исследованиями обледенения судов появилась возможность более детально подойти к расчету ледовой нагрузки для рыболовных и промысловых судов, для которых обледенение особенно опасно [5]. Методика детального определения расчетной ледовой нагрузки, разработанная в ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова, основана на обширных натуральных наблюдениях за обледенением, проведенных институтом Гипрорыбфлот, ААНИИ и другими организациями, а также на теоретических и экспериментальных исследованиях забрызгиваемости судов на встречном регулярном волнении. Использование этой методики дает возможность учесть фактическое распределение льда по судну и стимулирует проектанта на более рациональное с точки зрения обледенения проектирование элементов конструкции судна. Кроме того, методика дает возможность принять во внимание эффективность применения некоторых противообледенительных мероприятий.

При разработке методики за основу было взято широко изученное обледенение судов типа СРТ. Судно этого типа было принято за базовое, для которого на основании результатов испытаний были определены удельные ледовые нагрузки для различных групп конструкций судна. При определении удельных ледовых нагрузок базового СРТ принималось, что требования к его устойчивости не меняются и, следовательно, сохраняется общая ледовая нагрузка, определенная для этого судна в соответствии с указанным в гл. 2.4 Правил схематизированным расчетом. Распределение ледовой нагрузки по высоте на отдельных конструкциях принималось равномерным. Изменение распределения ледовой нагрузки по длине также не вводилось, так как учет этого фактора мало влияет на устойчивость, но существенно усложняет расчет.

Известно, что основная масса случаев опасного обледенения вызвана интенсивным забрызгиванием судна. Чем интенсивнее забрызгивание при прочих равных условиях, тем больше будет обледенение судна. Связь между интенсивностью забрызгивания и интенсивностью обледенения была использована для перехода от общей расчетной нагрузки от льда базового судна к расчетной нагрузке рассматриваемого судна. В расчетной схеме этот переход осуществляется введением коэффициента κ .

Интенсивность забрызгивания, вызванная взаимодействием качающегося судна и волнения, определялась на основе исследований, включающих модельный эксперимент. При рассмотрении

влияния элементов судна на интенсивность забрызгивания предполагалось, что забрызгивание будет иметь место в случае превышения уровня открытой палубы или планшира фальшборта вершиной динамического всплеска, образующегося при качке движущегося судна на встречном нерегулярном волнении.

В качестве меры удельной интенсивности забрызгивания принималось произведение среднего числа забрызгиваний в минуту на средний объем всплеска выше верхней палубы или планшира фальшборта, отнесенное к площади обледеневающей поверхности.

В результате исследований были получены эмпирические зависимости отношения удельной интенсивности забрызгивания рассматриваемого и базового судов $\kappa' = q/q_0$ от ряда характеристик судна, в том числе от высоты надводного борта в носу и скорости хода. Эти зависимости получены в предположении, что для судов длиной менее 100 м экстремальные значения относительных перемещений на нерегулярном волнении пропорциональны длине судна, а при длине судна более 100 м — практически не зависят от нее.

При выводе зависимостей учитывалось и забрызгивание, вызванное метеорологическими причинами (срыв ветром вершин волн, разрушение волн вблизи от судна). При этом влияние высоты борта принималось в форме экспоненциальной зависимости на основе данных метеорологических наблюдений над распределением водности по высоте при штормовых ветрах. Предполагалось, что для СРТ при скорости 3 уз, т. е. для реального случая движения среднетоннажного судна на сильном встречном волнении, 70 % интенсивности забрызгивания определяется взаимодействием движущегося судна и взволнованной поверхности моря и 30 % — метеорологическими причинами. В этом случае полученные зависимости имеют вид:

для $L < 100$ м

$$\kappa' = 0,3e^{3-f_0} + 0,12 \sqrt{L} e^{-256,5 \left(\frac{f_0}{L} - 0,0228 \frac{B}{L} \right)^{3/2} + 5,96};$$

для $L > 100$ м

$$\kappa' = 0,3e^{3-f_0} + 1,2 \left(\frac{100}{L} \right)^{2,5} e^{-256,5 \left(\frac{f_0}{100} - 0,0228 \frac{B}{100} \right)^{3/2} + 5,96},$$

где f_0 — высота надводного борта на носовом перпендикуляре.

В результате анализа зависимости интенсивности обледенения от интенсивности забрызгивания было установлено, что коэффициент, учитывающий влияние высоты борта на интенсивность обледенения рассматриваемого судна по сравнению с базовым, связан с κ' зависимостью $\kappa = \sqrt[4]{\kappa'}$.

Для упрощения расчета определение κ может производиться с применением монограммы.

2. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОСТОЙЧИВОСТИ ОТДЕЛЬНЫХ ТИПОВ СУДОВ

Для лучшего учета специфических условий эксплуатации судов в Правилах предусмотрены дополнительные требования к остойчивости различных типов судов: пассажирских, сухогрузных, лесовозов, наливных, рыболовных, промысловых, контейнеровозов, смешанного (река — море) плавания, буксирных и дноуглубительных. Требования содержат указания по выбору случаев нагрузки для установления единообразия при оценке остойчивости судов отдельных типов. Кроме того, они включают дополнительные критерии, учитывающие специфические условия эксплуатации отдельных типов судов.

Особняком стоят требования к остойчивости судов длиной менее 20 м. Они целиком основаны на анализе статистического материала и по сути являются комплексом требований к маломерным судам, на которые требования удовлетворения критерию погоды не распространяются. Разработать физический критерий для этой многочисленной группы судов в настоящее время не удается. Однако требования формально отнесены к дополнительным и укладываются в указанную ранее схему построения Правил.

2.1. Дополнительные требования к остойчивости пассажирских судов

Известно, что длительный статический крен пассажирского судна обычно вызывает беспокойство среди пассажиров и может явиться причиной паники. Ветровой крен судна бывает устойчивым лишь при сравнительно небольшой скорости ветра. В море он сопровождается более или менее сильным волнением и качкой судна. Ветровой крен и качка обычны для морского судна и вряд ли могут вызвать панику среди пассажиров. Кроме того, эти факторы учитываются критерием погоды при достаточно интенсивном воздействии ветра и волнения. Поэтому в дополнительных требованиях не предусматриваются ограничения крена при ветровом воздействии.

При тихой погоде крен судна может быть обусловлен скоплением пассажиров у одного борта и циркуляцией судна. Это обычно происходит при подходе к порту, при этом крены от скопления пассажиров и на циркуляции могут суммироваться. В тех случаях, когда статический крен настолько велик, что палуба судна погружается в воду или скула его выходит из воды, крен может привести к резкому снижению момента инерции площади действующей ватерлинии и соответствующему уменьшению остойчивости судна. Если же при статическом крене погружаются в воду открытые иллюминаторы или иные отверстия с недостаточно надежным закрытием, статический крен может привести к заливанию судна с последующей гибелью от опрокидывания или затопления. Поэтому в Правилах предусмотрено ограничение ста-

тического крена судна не только «углом паники», но и углом, соответствующим входу палубы в воду, выходом скулы из воды или $1/2$ угла заливания.

Крен от скопления пассажиров следует вычислить с учетом особенностей расположения пассажирских помещений и доступных пассажирам палуб судна. Кренящий момент от действия центробежной силы на установившейся циркуляции вычисляется по формуле Г. А. Фирсова. Радиус циркуляции в этой формуле принят таким, при котором кренящий момент от центробежной силы приобретает максимальное значение. Возникающие при циркуляции динамические крены в Правилах не учитываются, так как обычно не представляют серьезной опасности для судна, удовлетворяющего требованию по критерию погоды.

Указанные дополнительные требования могут применяться и для судов, перевозящих на борту людей, например, для промысловых, имеющих значительный персонал для обработки улова, и судов, использующихся для перевозки людей к месту работы.

2.2. Дополнительные требования к остойчивости лесовозов

В существующих требованиях, разработанных в ЦНИИМФе, при оценке остойчивости лесовозов разрешается засчитывать в плечи остойчивости формы плавучести палубного груза леса, что вполне отвечает физическим представлениям о создании восстанавливающего момента в процессе наклонения судна с палубным грузом леса. Объем палубного груза леса учитывается на полную его высоту с коэффициентом проницаемости, одинаковым для всего объема каравана [6]. Такой способ учета плавучести палубного груза позволяет отразить влияние качества укладки палубного груза леса на характеристики остойчивости судна через средний по объему, но реальный коэффициент проницаемости. Вообще коэффициент проницаемости палубного груза леса может изменяться в достаточно широких пределах: для плотно уложенных пиломатериалов — 0,15—0,20, для необработанных бревен — 0,35—0,40, при недостаточно тщательной укладке — более 0,5. ИМО рекомендует при оценке остойчивости лесовозов принимать этот коэффициент равным 0,25, что соответствует проницаемости пакетированного груза пиломатериалов.

Сравнительные расчеты остойчивости для ряда судов советской и зарубежной постройки, проведенные по Правилам 1974 г. (палубный груз засчитывался на 0,75 его высоты) и рекомендациям ИМО, показал, что переход от способа учета плавучести каравана леса по Правилам 1974 г. к рекомендуемому ИМО не может вызвать серьезных затруднений при удовлетворении Правилам. При этом максимальные плечи и площади диаграммы статической остойчивости до углов крена 30 и 40°, рассчитанные при учете палубного груза с коэффициентом проницаемости 0,25, по рекомендации ИМО могут быть и больше, и меньше этих величин, определенных при учете груза в соответ-

ствии с указаниями Правил 1974 г. Учитывая это, в последние издания Правил и включен коэффициент проницаемости 0,25. Вместе с тем расчеты, проведенные для лесовозов при коэффициенте проницаемости палубного груза леса 0,5, показали, что в этом случае суда могут не удовлетворять критериям Правил. Поэтому в Правила введено указание о включении в Информацию об остойчивости дополнительных материалов, позволяющих капитану оценить остойчивость судна при перевозке палубного груза леса с коэффициентом проницаемости, отличным от 0,25.

Принятие СССР Международной конвенции о грузовой марке 1966 г. заставило ввести в Правила требование об учете намокания палубного лесного груза. Исследованиями, проведенными в Канаде, установлено, что среднее увеличение массы палубного груза круглого строевого леса вследствие намокания составляет в среднем 7 % (при колебаниях от 3,5 до 12,5 %). Такая же средняя величина при средней квадратичной погрешности ± 4 % была получена в ЦНИИМФе путем обработки судовых документов по 20 рейсам лесовозов из советских северных и северо-западных портов в западно-европейские порты, которые часто проходили в условиях штормовой погоды. Таким образом, принятое намокание 10 % близко к максимально возможному. Принятие такого требования с оговоркой, что учет намокания проводится для судов, совершающих рейсы в районах, где учета обледенения не требуется, или в летнее время в зимней сезонной зоне, не приводит к существенному ужесточению требований Правил 1974 г. по отношению к советским лесовозам.

Как правило, остойчивость советских лесовозов рассчитывается с учетом обледенения. Проведенный в ЦНИИМФе анализ большого числа расчетов их остойчивости показал, что учет обледенения по требованиям Правил приводит к увеличению веса палубного груза от 10 до 40 %. Таким образом, требование об увеличении веса палубного груза на 10 % вследствие намокания не превышает учитываемого в расчетах остойчивости обледенения судов.

Известно, что начальная остойчивость играет большую роль в эксплуатации лесовозных судов. Малая начальная остойчивость приводит к «валкости» судна, является причиной значительных кренов судна, особенно в условиях устойчивого ветра, попутного волнения, при маневрировании, что, в свою очередь, может привести к подвижке и потере палубного груза леса. Явление это нежелательное, и для его ликвидации необходимо повысить начальную остойчивость судна. Однако при решении вопроса о повышении начальной остойчивости лесовозов следует, очевидно, считаться с экономической стороной дела, так как чрезмерное требование увеличения начальной остойчивости ведет к снижению количества палубного груза и увеличению количества балласта.

Для оценки начальной остойчивости лесовозов ЦНИИМФом были проанализированы выполненные в ЛВИМУ им. адм. С. О. Ма-

карова для ряда судов расчеты углов крена на установившейся циркуляции и в эволюционный период. Крен на установившейся циркуляции рассчитывался по формуле Г. А. Фирсова. В связи с тем, что указанной формулой не учитывается изменение погруженной части корпуса, а крены лесовозов на циркуляции могут быть значительными, дополнительно были вычислены углы крена по уточненной формуле В. Я. Скворцова, основанной на циркуляционно-отрывной теории крыла предельно малого удлинения и учитывающей истинную форму накренных шпангоутов.

Сопоставление результатов расчетов показывает, что крены лесовозов с начальной метацентрической высотой менее 0,05—0,07 м могут быть очень большими, порядка 20—30°, т. е. значительно превышать углы входа палубы в воду (10—15°). Вместе с тем при метацентрической высоте 0,1 м и более крены лесовозов при установившемся и неустановившемся режимах циркуляции, как правило, не превосходят 20°, т. е. при такой метацентрической высоте можно ожидать, что суда не будут иметь длительного погружения палубы в воду.

Указанный анализ привел к решению о целесообразности принятия в Правилах рекомендации ИМО о начальной метацентрической высоте лесовозов при выходе их из порта не менее 0,1 м. Требование иметь в начале рейса метацентрическую высоту не менее 0,1 м можно трактовать как обеспечение некоторого запаса устойчивости, чтобы избежать излишней «валкости» судна вследствие погрешностей в расчете весовой нагрузки, вызванной различием в удельно-погрузочной кубатуре отдельных частей груза, неполной запрессовкой балластных цистерн и т. п.

2.3. Дополнительные требования к остойчивости контейнеровозов

Практика эксплуатации контейнеровозов свидетельствует о большом числе случаев потери палубных контейнеров, а также аварийных ситуаций, связанных со сдвигом или повреждением контейнеров.

По материалам ИМО и по данным обобщения опыта контейнерных перевозок, проведенного рядом фирм США, наиболее серьезные аварии произошли в условиях интенсивной бортовой качки при заливании палубы. В условиях килевой качки потери контейнеров менее существенны и ограничиваются повреждением отдельных контейнеров. Обеспечение сохранности палубного груза контейнеров и безопасности плавания заставляет предъявлять к остойчивости контейнеровозов дополнительные требования.

Анализ существующих подходов к оценке начальной остойчивости контейнеровозов в других странах позволил выбрать наиболее целесообразные формы требований, учитывающие основные отличительные признаки этого типа судов по сравнению с сухогрузными обычными типами: высокое расположение центра тяжести,

большая площадь парусности, высокие относительные скорости хода (числа Фруда $v/\sqrt{gL}=0,3\dots 0,35$), низкие значения коэффициента общей полноты C_B . Эти требования были разработаны в секторе мореходных качеств ЦНИИМФ.

Относительно большая площадь парусности контейнеровозов привела к заключению о целесообразности оценки углов крена при действии на эти суда кренящего момента от бокового устойчивого ветра. При выборе ветрового давления ориентировались на наиболее тяжелые условия ветра при средней скорости $v_B=30$ м/с на высоте 6 м над подстилающей поверхностью. Такая скорость соответствует ветровому давлению $p_v=73$ кгс/м², определенному по формуле

$$p_v = C_0 \frac{\rho v_B^2}{2},$$

где $C_0=1,3$.

При этом оказалось, что расчетное ветровое давление в зависимости от возвышения центра парусности над плоскостью действующей ватерлинии с достаточной для практической оценки точностью составляет приблизительно 0,6 давления ветра, значения которого приведены в таблице для вычисления критерия погоды судов неограниченного района плавания.

В качестве допустимого угла крена был принят угол, равный 15° или 1/2 угла, при котором палуба входит в воду, смотря по тому, что меньше. При этом учитывалось, что допустимый динамический крен судна, при котором не нарушается плотность креплений, принимается обычно равным 30° и что приблизительно динамическое воздействие можно характеризовать статическим действием с коэффициентом 2. Угол входа палубы в воду принимался во внимание, так как при попадании воды на палубу повышается вероятность нарушения крепления контейнеров.

Высокая скорость хода ряда контейнеровозов и относительно низкая начальная остойчивость дали основание для нормирования возникающего при движении на циркуляции крена. При полной перекладке руля во время маневрирования динамический крен может быть значительным. Известно, что динамический крен в 1,3—2 раза превышает угол статического крена на установившейся циркуляции. Это дало возможность нормировать крен судна на установившейся циркуляции. При этом была использована формула Г. А. Фирсова, т. е. та же, что и для оценки крена пассажирских судов и лесовозов. Для подтверждения пригодности выбранного норматива были проведены расчеты углов крена на установившейся циркуляции и в динамическом режиме циркуляции для отечественных контейнеровозов. Для оценки крена судов в динамическом режиме была использована методика, разработанная в ЛВИМУ им. адм. С. О. Макарова и использованная ранее для оценки углов крена лесовозов. Расчеты показали, что крен на циркуляции в эволюционном периоде в 1,2—1,6 раза может превышать крен судна на установившейся циркуляции.

В связи с необходимостью считаться с экономическим аспектом нормирования при установлении приемлемости указанных нормативов были проведены расчеты контейнеровозов, находившихся во время разработки требований в распоряжении ММФ (дополнительные требования к остойчивости контейнеровозов были введены в Правила в 1977 г.).

Сравнение крена на циркуляции с креном от ветрового момента показывает, что для контейнеровозов с умеренной скоростью хода крен от статического действия ветра превышает крен от циркуляции. Однако анализ расчетов давал основание предполагать, что с развитием строительства контейнеровозов скорость хода будет увеличиваться и, следовательно, крен на циркуляции будет иметь тенденцию к росту. Поэтому следовало ожидать, что соотношение между креном судна от ветра и на циркуляции может измениться. Это и побудило ввести в Правила в качестве дополнительного критерия крен на циркуляции.

Относительно высокое положение центра тяжести судна и сравнительно низкая начальная остойчивость контейнеровозов, обуславливающие возможность возникновения значительного крена, явились причиной назначения минимальной метацентрической высоты, равной 0,2 м. Для обоснования такого значения были проведены расчеты, связанные с оценкой возможного уменьшения метацентрической высоты при бесконтрольной погрузке контейнеров различной массы по сравнению с расчетным случаем однородной загрузки, т. е. загрузки, при которой все контейнеры данного типа имеют одну и ту же массу; снижения метацентрической высоты в условиях хода на попутном волнении, когда судно оказывается в положении на вершине попутной волны с длиной, примерно равной длине судна, и когда снижение плеч диаграммы статической остойчивости экстремально.

При оценке вероятного отклонения возвышения центра тяжести z_g при неконтролируемой погрузке контейнеровоза от значения, рассчитанного для случая однородного груза контейнеров, получено для реальных контейнеровозов, что отклонение δz_g , равное 0,1 м, является вполне возможным событием (на 1000 погрузок для судна, перевозящего 580 контейнеров, приходится 41 случай отклонения от $\delta z_g = 0,1$ м; для судна, перевозящего 1448 контейнеров, таких случаев 29). Для отклонения $\delta z_g = 0,2$ м оценка вероятности появления такого отклонения приводит к очень малой величине.

Для оценки возможного снижения метацентрической высоты на попутном волнении были использованы проведенные на ЭВМ в ОИИМФе расчеты изменения плеч диаграммы остойчивости ряда контейнеровозов при статической постановке судна на волну. Изменение метацентрической высоты определялось по рассчитанному снижению плеча диаграммы статической остойчивости для угла крена, равного 10° . При наиболее невыгодном положении судна на вершине попутной волны, крутизна (отношение высоты волны к ее длине) которой составляет $1/30$, а длина равна длине

судна, уменьшение метацентрической высоты для реальных контейнеровозов составило 0,2—0,3 м.

Таким образом, принятый запас начальной метацентрической высоты можно расценивать как некоторый запас для компенсации возможного в эксплуатации судна снижения начальной метацентрической высоты.

Для единообразия при расчете остойчивости контейнеровозов предложено принимать гомогенную загрузку судна контейнерами одного типа и одинаковой массы; при этом предполагается, что центр тяжести каждого контейнера расположен на $1/2$ его высоты, т. е. принимается наиболее высокое из возможных его положений, что идет в запас при оценке остойчивости.

2.4. Дополнительные требования к остойчивости судов смешанного (река—море) плавания

Многочисленные испытания судов смешанного (река — море) плавания [21], [22], проведенные Ленинградским институтом водного транспорта, показали, что амплитуды бортовой качки этих судов могут существенно превосходить расчетные, полученные по методике Правил, приведенной в гл. 2. Причиной тому является большая полнота корпуса и избыточная остойчивость этих судов. В связи с этим на основании эксперимента с серией моделей судов была разработана методика расчета качки судов смешанного плавания, имеющих параметры $\sqrt{h_0}/B > 0,13$; $B/d > 3,5$ и $C_B > 0,7$.

Метод обработки результатов экспериментов принимался таким же, как и при обработке серийных испытаний транспортных судов, положенных в основу методики, приведенной в гл. 2 ч. IV Правил. Учитывая специфику конструкции этой группы судов, имеющих более широкие, чем у обычных морских судов, грузовые люки с высокими комингсами, а также высокие плечи остойчивости, не принималось во внимание возможное снижение амплитуд качки из-за увеличения сопротивления, вызываемого входом палубы и комингсов люков в воду.

Суда с избыточной начальной остойчивостью имеют, как правило, малые периоды собственных бортовых колебаний, что при значительных амплитудах бортовой качки может привести к возникновению чрезмерно высоких ускорений. Возникающие ускорения в значительной степени будут определять приспособленность судна к нормальной эксплуатации в условиях волнения, т. е. в какой-то степени его мореходность. Чрезмерно большие инерционные силы, возникающие при качке судна, с одной стороны, оказывают вредное физиологическое действие на людей, а с другой, вызывают большие напряжения в креплениях груза (особенно палубного), шлюпок и т. д. и в отдельных случаях могут привести к смещению конструкции или груза, т. е. поставить судно в аварийные условия. Поэтому выполнение требований Правил по критерию погоды и параметрам диаграммы статической остойчивости для судов с избыточной остойчивостью не поз-

воляет полностью оценить действительную безопасность их эксплуатации. В этой связи для более объективной оценки возможности безаварийной эксплуатации судна на волнении вводится дополнительный критерий ускорения K . За нормативное принято ускорение $0,3g$, которое устанавливалось в результате анализа расчетных ускорений для ряда транспортных судов. Расчетное ускорение определялось как ускорение у борта судна при бортовой качке с амплитудой, определенной по указаниям Правил. Ускорение от вертикальной качки учитывалось введением дополнительного коэффициента 1,2. В основу формулы расчетного ускорения положена зависимость

$$Q_{\text{расч}} = 1,2 \frac{B}{2} \theta_r \left(\frac{2\pi}{\tau_\theta} \right)^2;$$

где τ_θ — период свободных бортовых колебаний судна, и эмпирическая зависимость отношения $\tau_\theta/\sqrt{h_0}$ от величины $\frac{h_0}{\sqrt[3]{V}} \frac{B}{z_g}$, хорошо согласующаяся с опытом применительно к судам с полными обводами и избыточной начальной остойчивостью.

Если критерий ускорения не выполняется, судну может быть назначено дополнительное ограничение по волнению.

2.5. Дополнительные требования к остойчивости буксирных судов

Практика показывает, что аварии буксирных судов вследствие потери остойчивости почти исключительно происходят под действием быстро натягиваемого буксирного троса — «рывка» буксирного троса. Рывок может получиться в двух случаях: при движении буксирного судна, натягивающего ранее ослабленный трос при помощи собственного движителя, или при движении буксируемого воза (по инерции, под действием течения или собственных движителей) относительно буксирного, причем последнее может быть вначале неподвижным [17—20].

Во всех случаях при рывке буксирного троса решающее значение по отношению к буксирному судну имеют скорость его движения относительно буксируемого воза и угол, который составляет буксирный трос с диаметральной плоскостью буксира.

Наиболее опасный режим, так называемый «косой рывок», возникает, когда буксир работает собственным движителем и рулем, а направление буксирного троса составляет с его диаметральной плоскостью достаточно большой, отличный от прямого угол. Это может происходить, когда буксир отстаёт от буксируемого судна и в критический момент упирается кормой в его борт (рис. 4, а); при снятии судна рывком с мели при неудачном маневрировании (рис. 4, б).

Проведенные в ЦНИИМФ исследования динамики косо́го рывка буксирного троса при разгоне буксирного судна под действием собственных движителей показали, что практически все суда не могут противостоять динамическому кренящему действию такого рывка, а потому этот режим не должен быть допущен

в практике эксплуатации. Для обеспечения безопасности буксирного судна, попавшего в условия косо́го рывка, следует применять специальные устройства для немедленной отдачи буксирного троса в аварийных случаях или автоматически отдающиеся гаки.

В основу нормирования была положена динамика поперечного рывка (рис. 5). Даже при такой простой схеме динамика рывка еще весьма сложна для нормирования, поэтому были введены дополнительные упрощения. Рассматривалось движение буксирного судна массой m под действием поперечного рывка буксирного троса, лишенного массы, упругости и инерции. Предполагалось,

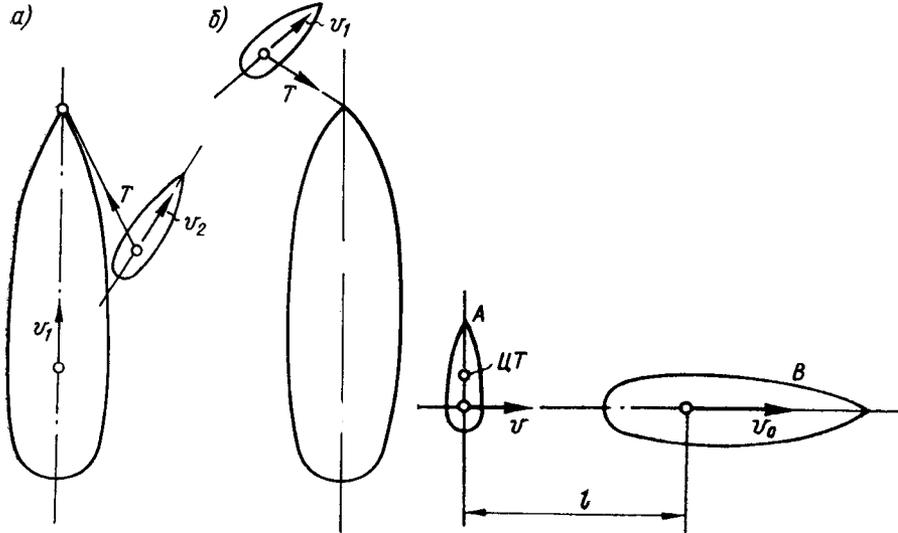


Рис. 4. Взаимное расположение буксира и буксируемого судна при «косо́м рывке»

Рис. 5. Взаимное расположение буксира и буксируемого судна при поперечном рывке

что в начальный момент времени судно находилось в покое в ненаклоненном состоянии и трос l не был натянут (в сделанных предположениях длина троса не имеет значения). Вследствие движения воза B массой M (с учетом присоединенных масс воды) в направлении, перпендикулярном к диаметральной плоскости судна A , с некоторой скоростью v_0 , которая названа скоростью рывка, трос натягивается и судно A увлекается им, наклониваясь и разворачиваясь относительно вертикальной оси.

При сделанных предположениях о принятии троса за лишенную массы нерастяжимую гибкую нить в момент натяжения троса в механической системе судно A — воз B — окружающая вода произойдет неупругий удар. В результате этого удара первоначально неподвижная точка подвеса гака получит мгновенное приращение скорости так же, как и ЦТ судна. Кроме того, мгновенно возникнут угловые скорости крена и разворота судна. В этот момент натяжение троса увеличится скачком до бесконеч-

ности (теоретически), однако импульс силы натяжения будет конечным.

Для простоты предполагается, что масса M веза весьма велика по сравнению с массой m буксирного судна, т. е. $m/M \rightarrow 0$. В рассматриваемом случае точка подвеса гака судна мгновенно получит скорость $v=v_0$ в направлении, перпендикулярном к его диаметральной, и эта скорость в силу нерастяжимости троса остается постоянной в течение всего послееударного периода. При этом предполагается, что угол отклонения троса от нормали к диаметральной плоскости остается малым во все время движения.

В результате исследования получено приближенное уравнение, связывающее скорость рывка v_R (м/с) с наибольшим углом крена θ буксирного судна через соответствующее этому углу плечо l_d (м) динамической остойчивости:

$$v_R = \sqrt{\frac{2gl_d}{1 + \mu_{yy}} \cdot \frac{\sqrt{(1 + c^2)(1 + c^2 + b^2)}}{b}},$$

где g — ускорение свободного падения;

μ_{yy} — коэффициент присоединенных масс воды при поперечном движении судна, равный отношению присоединенной массы к массе судна, $\mu_{yy} = 2d/B$;

$c = x_T/r_{zz}$ — относительная «динамическая абсцисса» точки подвеса буксирного гака;

$b = z_0/r_{xx}$ — относительная «динамическая ордината» точки подвеса буксирного гака;

x_T — расстояние между точкой подвеса гака и ЦТ судна, измеренное по горизонтали, м;

z_0 — возвышение точки подвеса гака над «центральной точкой», м;

r_{xx}, r_{zz} — радиусы инерции масс судна с учетом инерции воды относительно продольной и вертикальной центральных осей (отнесенные к виртуальной массе судна при поперечном движении его), м.

Под «центральной точкой» понимается центр инерции при поперечном движении виртуальной массы судна, т. е. массы судна и присоединенной массы воды.

Задаваясь допустимым углом крена, можно по указанной формуле определить допустимую скорость рывка v .

По аналогии с минимальным опрокидывающим моментом допустимую скорость рывка можно обозначать $v_{опр}$. Эта скорость зависит от остойчивости судна, положения точки подвеса гака и инерционных свойств судна. В качестве критерия принято отношение $k_1 = v_{опр}/v_{кр}$ или $k_1 = \sqrt{l_{опр}/l_{кр}} \geq 1,0$ (на основании приведенной выше формулы для скорости рывка v_R). В качестве опасного угла крена принимается меньший из углов: опрокидывания или заливания. Практика эксплуатации буксиров показывает, что аварии, как правило, происходили при тихой погоде, когда двери в рубку, сходов в машинное и другие помещения были открытыми. Поэтому угол заливания следует определять, считая двери сходов в помещении внутри корпуса, в рубке и надстройке открытыми.

Для установления нормативной кренящей скорости рывка $v_{кр}$ был обработан материал по остойчивости большого количества буксирных судов при различных случаях их нагрузки. Для каждого судна вычислялась предельная скорость $v_{опр}$ рывка, соответствующая углу заливания или опрокидывания. В качестве наиболее характерного аргумента, определяющего эксплуатационную скорость рывка $v_{кр}$, была выбрана мощность буксирного судна.

Разработанные таким образом дополнительные требования к остойчивости буксирного судна не могут служить исчерпывающей характеристикой собственно и только остойчивости. По существу они являются требованиями к обязательному соответствию между выбором точки подвеса гака, инерционными свойствами судна, мощностью его главных двигателей и остойчивостью. Соблюдение этих требований обеспечивает буксирному судну лишь определенную степень безопасности и не гарантирует полной безопасности от опрокидывания. В действительности возможны такие сильные рывки буксирного троса, которые окажутся способными перевернуть буксирное судно при любых характеристиках его остойчивости. Поэтому выполнение требований не устраняет необходимости разработки таких устройств, которые с абсолютной надежностью гарантировали бы своевременную автоматическую отдачу буксирного гака в заведомо опасной ситуации.

Описанный способ нормирования остойчивости относится к буксирам обычных размеров и мощности, в конструкции и практике эксплуатации которых нет четкого разделения на портовые буксиры-кантовщики, с одной стороны, и мореходные спасательные и линейные буксиры с другой.

Условия эксплуатации буксиров-кантовщиков мощностью свыше 1500 кВт мало чем отличаются от условий эксплуатации кантовщиков обычной мощности. Поэтому описанный способ нормирования целесообразно сохранить для буксиров-кантовщиков мощностью свыше 1500 кВт. Однако в Правилах для буксиров-кантовщиков мощностью свыше 1500 кВт скорость рывка ограничивается постоянной величиной $v_R=2,5$ м/с. Выбор такой скорости обусловлен следующими обстоятельствами:

1. В результате специально проведенных модельных испытаний скорость рывка, соответствующая началу заливания характерных буксиров, составляла 2,5—2,6 м/с.

2. С ростом мощности буксира растет и скорость буксируемого судна, которая является скоростью потенциального рывка. Эта зависимость нашла отражение в предлагаемой в Правилах таблице значений v_R от мощности буксира. Однако скорость кантовки обусловлена не только и не столько мощностью буксира, сколько местными условиями буксировки (стесненность портовой акватории, узкость фарватера, движение других судов и т. п.). Практически она не превышает 5—6 уз. Возрастание мощности кантовщиков, по существу, происходит не с целью увеличения скорости движения, а для надежности обслуживания крупнотоннажных судов.

Таким образом, коэффициент запаса остойчивости K кантовщиков мощностью свыше 1500 кВт целесообразно вычислять по приведенной выше формуле, где $l_{d\text{кр}}$ вычисляется при мощности более 1500 кВт для $l'_v = v_R^2/2g = 0,319$ м.

Указанный способ вычисления коэффициента запаса остойчивости обычных буксиров мощностью до 1500 кВт и кантовщиков большой мощности стимулирует, помимо увеличения угла заливания, высоты и протяженности диаграммы остойчивости, также и увеличение начальной метацентрической высоты. Последнее требование уместно и необходимо для судов, относительно редко эксплуатирующихся в штормовых условиях.

Распространению описанного способа на буксирные суда мощностью свыше 1500 кВт, основной задачей которых является буксировка аварийных судов в море или при перегоне, препятствуют два обстоятельства:

1. Наибольшая вероятность рывка буксирного троса возникает не на тихой воде, а в штормовых условиях, когда буксируемое судно оказывается на траверзе буксира и, в силу действия волнения или набранной ранее скорости, производит рывок троса, закрепленного на гаке буксира (или пропущенного через канифас-блок в районе гака для достижения лучшей управляемости).

2. Использование угла заливания в качестве предельно допустимого угла крена ориентирует проектанта на увеличение $l_{\text{зал}}$, что приведет к необходимости повышения начальной остойчивости буксира. Однако для океанского буксира это обстоятельство является неприемлемым, так как увеличение начальной остойчивости приведет к усиленной резкой качке, которая затруднит работу буксира при спасательных операциях в штормовых условиях. Вместе с тем в соответствии с хорошей морской практикой в условиях штормовой погоды все отверстия на главной палубе должны быть задраены. Это дает основание при нормировании считать опасным не заливание, а опрокидывание. В пользу этого говорит и то, что мощные спасательные буксирные суда, как правило, не производят таких кантовочных операций, при которых могут быть открыты отверстия в главной палубе. Кроме того, мощные буксирные спасательные суда, в отличие от небольших буксиров-кантовщиков, имеют значительный запас плавучести и к тому же, как правило, удовлетворяют требованиям к делению на отсеки.

Таким образом, мощные буксиры-спасатели должны выдерживать рывок буксирного троса на волнении, и формула для скорости рывка приобретает вид

$$v_R = 0,8 \sqrt{\frac{l_{d\text{max}}}{\frac{1}{2g} \left(1 + 2 \frac{d}{B}\right) \frac{b^2}{(1+c^2)(1+b^2+c^2)}}} - \left[\frac{1+b^2+c^2}{b} - \frac{z_x}{Bl} \right] \sqrt{\frac{r-a}{1+2\frac{d}{B}}} \theta_{2r},$$

где $r - a$ — метацентрическая высота;
 z_x — возвышение гака над ЦТ буксира;
 θ_r — амплитуда качки буксира (см. гл. 2 ч. IV Правил).
Остальные величины те же, что в указанной выше формуле для v_R .

Первый член формулы представляет собой скорость, рассчитанную по указанному способу, где l_d заменено $l_{d\max}$, т. е. плечом динамической остойчивости, соответствующим максимуму диаграммы статической остойчивости.

Как говорилось выше, для мощных буксиров-спасателей целесообразно вести нормирование по углу заливания. Однако учитывая, что угол опрокидывания соответствует нисходящей ветви диаграммы, т. е. является положением неустойчивого равновесия, целесообразно в условиях волнения ограничить крен буксира меньшим углом. За такой угол был принят угол максимума диаграммы статической остойчивости, который для буксиров-спасателей может достигнуть 50° и более. Коэффициент 0,8, стоящий перед первым членом формулы, учитывает действие волнения на буксир в период его накренения после рывка, второй член этой формулы учитывает движение до рывка (бортовую качку).

Для установления нормативного значения скорости рывка была определена наибольшая эксплуатационная скорость рывка, исходя из скорости орбитального движения воды при регулярном волнении для режима резонансной бортовой качки буксира и использования ее зависимости от длины волны. В такой постановке скорость рывка слабо зависит от длины резонансной волны и не зависит от мощности буксира. Используя это, целесообразно принять за нормативную скорость рывка 2 м/с. Таким образом, для мощных буксиров-спасателей $l_{d\text{кр}}$ рассчитывается при $l'_v = v_R^2/2g \approx 0,2$ м.

Требования к остойчивости буксирных судов мощностью свыше 1500 кВт учитывают специфические особенности их эксплуатации и направлены на обеспечение наиболее отвечающих ей характеристик остойчивости этих судов.

2.6. Суда длиной менее 20 м

Требования к остойчивости, изложенные в Правилах Регистра, изданных до 1977 г., распространялись на суда длиной не менее 20 м. Начиная с 1977 г., Правила дополнились требованиями к остойчивости судов длиной менее 20 м, имеющих палубу.

Анализ применимости критерия погоды к малым судам [7] показал, что с уменьшением размеров судов числовое значение критерия погоды K заметно возрастает. Вместе с тем с уменьшением размеров судна безопасность плавания снижается. Это позволило сделать вывод, что ветростойкость малого судна не следует рассматривать как меру его безопасности. Действительно, при сильном ветре большая часть площади парусности малого судна экранируется волнами. Кроме того, центр парусности малых судов

располагается близко к ватерлинии, в связи с чем давление ветра значительно уменьшается (см. 1.1.1). Однако такие факторы, как удары волн, заливание палубы водой, снижение остойчивости на попутном волнении, захват попутной волной и разворот судна с последующим накрениением, оказываются более опасными для судов малых размеров и должны учитываться при применении физического принципа нормирования, выборе и принятии в схему нормирования конкретной критической ситуации.

Разработанные ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова и включенные в Правила требования к остойчивости малых судов целиком основаны на статистическом материале, так как физический принцип нормирования не мог быть применен из-за отсутствия методов численной оценки влияния указанных факторов на остойчивость малых судов.

Статистические материалы были собраны по палубным судам длиной более 10 м.

2.6.1. Районы и условия плавания

Опыт эксплуатации и обеспечения безопасности плавания морских маломерных судов указывает на необходимость ограничения района их плавания и погодных условий, при которых можно находиться в море.

Собранный материал существующих на практике районов плавания маломерных судов показал, что допустимая удаленность от места убежища существенно зависит от размеров судов и, в частности, от их длины. На рис. 6 приводится зависимость предельно допустимого удаления от места убежища от длины судна. Из рис. 6 видно, что суда длиной 10—15 м эксплуатируются с максимальным удалением от места убежища 20 миль, длиной 15..20 м — 50..100 миль, длиной более 20 м — 200 миль. Указанные ограничения относятся в основном к рыболовным и промышленным судам, которым приходится в соответствии с их назначением удаляться от берега на значительное расстояние. Значительно меньшую предельную удаленность имеют пассажирские суда, что, по-видимому, объясняется стремлением обеспечить не только большую степень их безопасности, но и достаточную комфортабельность пассажирских перевозок. Опыт эксплуатации этих судов свидетельствует о том, что судам длиной до 20 м может быть разрешено предельное удаление от места убежища не более 5 миль при удалении от берега до 2 миль, и лишь судам длиной более 20 м допускается предельное удаление 20—25 миль.

Таким образом, учитывая существующее в Правилах разделение судов на категории по районам ограниченного плавания, характеризующиеся предельно допустимым удалением судна от места убежища, возможно было указать зависимость района плавания от размеров малого судна. Непассажирские суда длиной до 15 м могут быть отнесены к судам ограниченного III района плавания с предельно допустимым удалением от места убежища

20 миль; район плавания судов длиной 15—20 м может быть расширен до 50 миль от места убежища, и эти суда могут быть отнесены к судам ограниченного II района плавания с разрешением выхода в открытое море. К судам ограниченного I района плава-

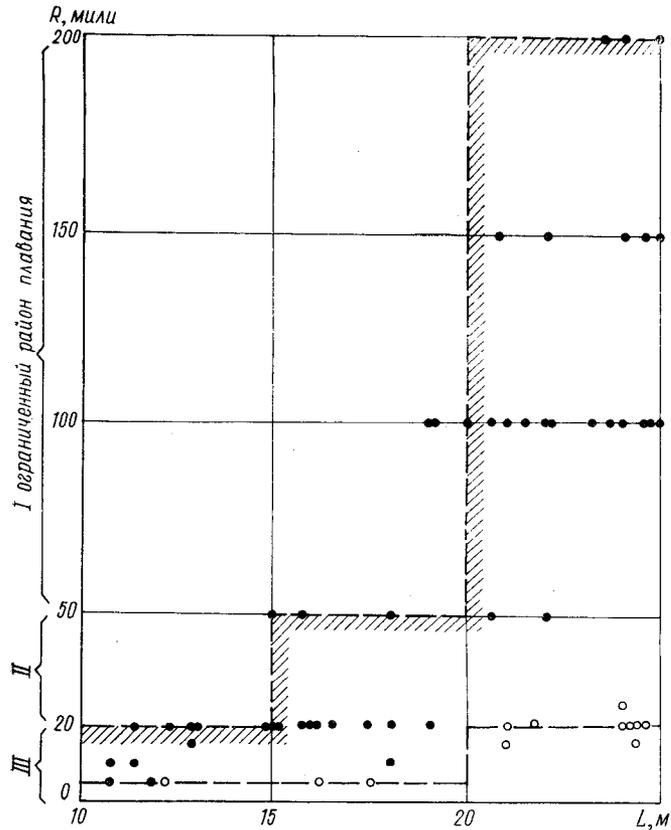


Рис. 6. Зависимость района плавания от длины маломерных судов:

○ — пассажирских; ● — рыболовных, елужебных и разъездных

ния с максимальным удалением от места убежища 200 миль могут быть отнесены только суда длиной более 20 м. Пассажирским судам устанавливаются более жесткие ограничения, и все они относятся к судам ограниченного III района плавания. Внутри этой категории размеры пассажирских судов также влияют на назначение предельной удаленности от берега и места убежища, а именно: для судов длиной до 20 м следует считать предельно допустимым удаление от места убежища 5 миль, а для пассажирских судов длиной более 20 м — 20 миль.

Помимо ограничения района плавания, малым судам должны быть назначены пределы допустимых погодных условий, при ко-

торых еще возможно их нахождение в море. Собранные сведения по предельно допустимой балльности волнения для судов малых размерений (рис. 7) позволяют наметить границы их безопасной эксплуатации в зависимости от длины и назначения. Так, непассажирские суда длиной 10—15 м могут эксплуатироваться при состоянии моря, не превышающем 4 балла, суда длиной 15—20 м — при состоянии моря до 5 баллов, и лишь суда длиной более 20 м могут находиться в море до 6 баллов. Для пассажирских судов

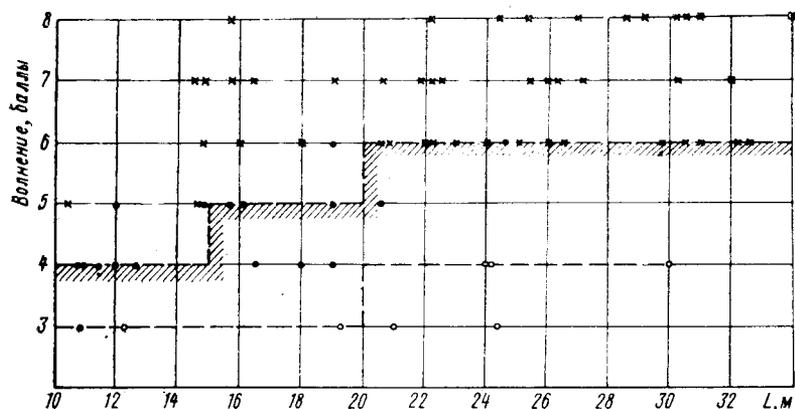


Рис. 7. Зависимость предельной балльности волнения, при которой допускается эксплуатация маломерных судов, от их длины:

● — рыболовные, служебные и развездные; ○ — пассажирские; × — погибшие

должны быть назначены более жесткие ограничения. Для этих судов длиной менее 20 м предельно допустимое состояние моря 3 балла, а для судов длиной 20—24 м — не более 4 баллов.

Принятые ограничения по погоде и району плавания согласуются с фактическими данными о повторяемости волнения в районах эксплуатации маломерных судов. Согласно выполненной ЛВИМУ им. адм. С. О. Макарова статистической обработке сведений по повторяемости волнения различной интенсивности в прибрежных районах морей, омывающих Советский Союз, наблюдаемая интенсивность волнения редко превышает соответственно 4 балла для ограниченного III района плавания, 5 баллов для ограниченного II района плавания и 6 баллов для ограниченного I района (рис. 8). Это обстоятельство позволяет сделать вывод о том, что предлагаемые ограничения плавания судов малых размерений являются приемлемыми, учитывающими фактические условия их эксплуатации, и практически не приведут к сокращению времени нахождения судов в море.

Как показала статистика аварий малых судов, ограничение района плавания и балльности моря не всегда может избавить малое судно от опрокидывания. Причиной гибели может являться попадание судна в зоны особого волнения — необычно крутого или

разрушающегося. В связи с отсутствием практических методов оценки степени безопасности судов в таких условиях в Правила

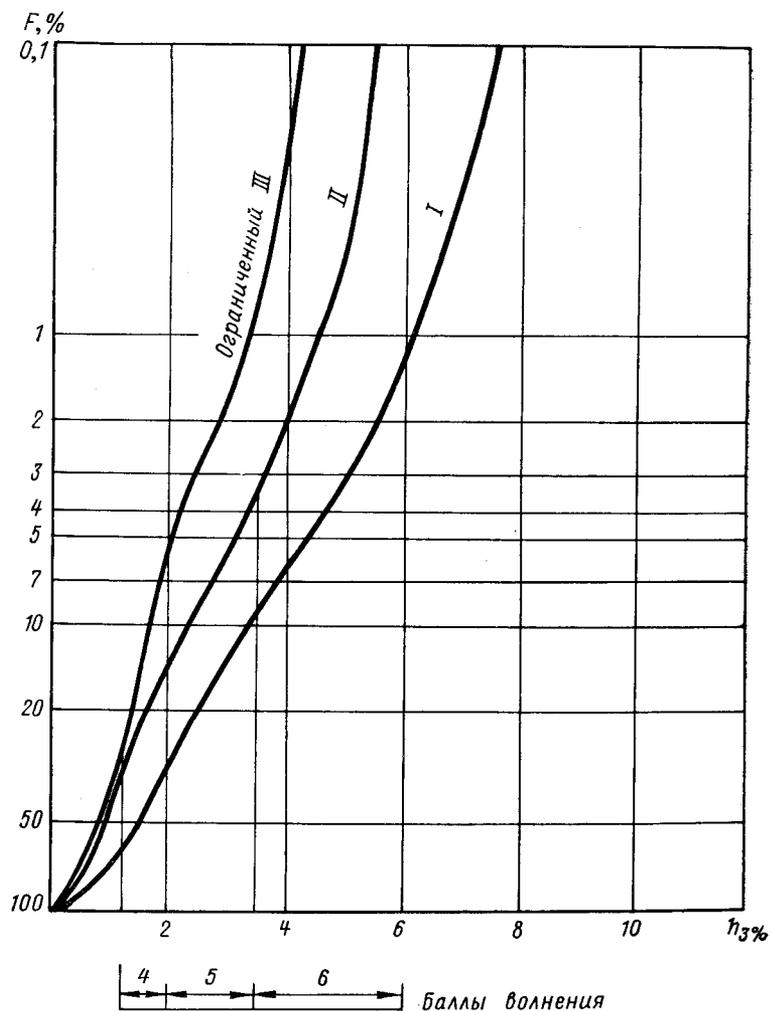


Рис. 8. Осредненные практические кривые обеспеченности режимов волнения для ограниченных районов плавания I, II и III

введены указания о необходимости дополнительных ограничений, запрещающих заход судна в зоны особого режима волнения. Условиями таких запрещающих указаний должны быть, во-первых, опыт эксплуатации малых судов в данной зоне и, во-вторых, превышение высотой волны высоты защищенного надводного борта судна (с учетом высоты фальшборта).

2.6.2. Требования к диаграмме статической остойчивости

С целью исключения валкости судов и снижения возможности смещения грузов путем уменьшения статических углов крена целесообразно нормировать нижний предел начальной метацентрической высоты. На рис. 9—12 показаны значения метацентрической высоты ряда маломерных судов, часть которых благополучно эксплуатируется, а часть погибла из-за потери остойчивости. По последним судам были использованы материалы ИМО.

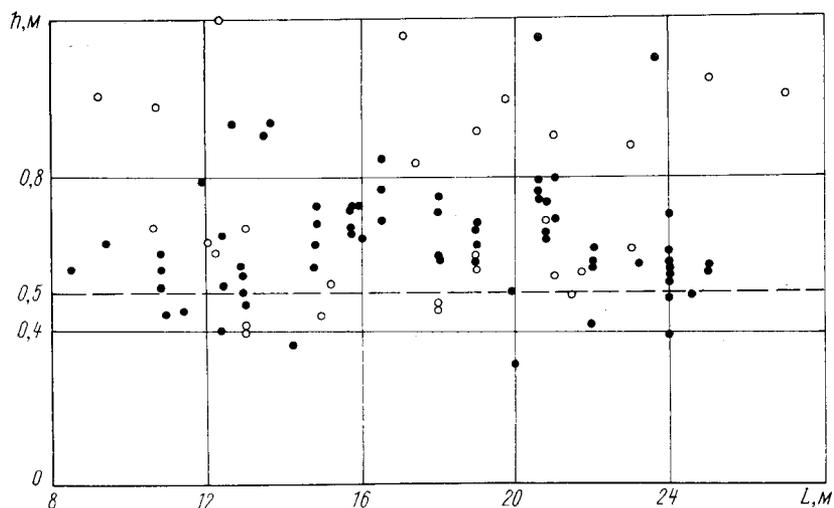


Рис. 9. Минимальные значения начальной метацентрической высоты спроектированных и построенных маломерных судов:

● — рыболовных; ○ — пассажирских, служебных и развездных

Из рис. 9—12 видно, что значениям метацентрических высот 0,3—0,4 м соответствует негативный опыт эксплуатации, а 0,7—0,6 м — в основном положительный и что предельной границей является начальная метацентрическая высота 0,5 м. Действительно, как видно из рис. 11 и 12, граница предельных значений метацентрической высоты находится в интервале 0,5—0,6 м. Среди погибших имеются суда с метацентрической высотой более 0,7—0,8 м (см. рис. 11), но, как показал анализ аварий, большинство из них погибло в условиях разрушающегося волнения. На рис. 11 эти суда обозначены ⊗.

Предельная метацентрическая высота 0,5 м хорошо согласуется и с опытом проектирования и постройки отечественных маломерных судов (см. рис. 9).

Корреляционная связь между начальной метацентрической высотой и плечом диаграммы статической остойчивости при угле крена 30° показывает, что метацентрическим высотам менее 0,5 м могут соответствовать слишком низкие диаграммы статической остойчивости.

Для уменьшения вероятности опрокидывания малого судна от удара волны и исключения возможности потери остойчивости при ходе на попутном волнении, а также в условиях заливания палубы

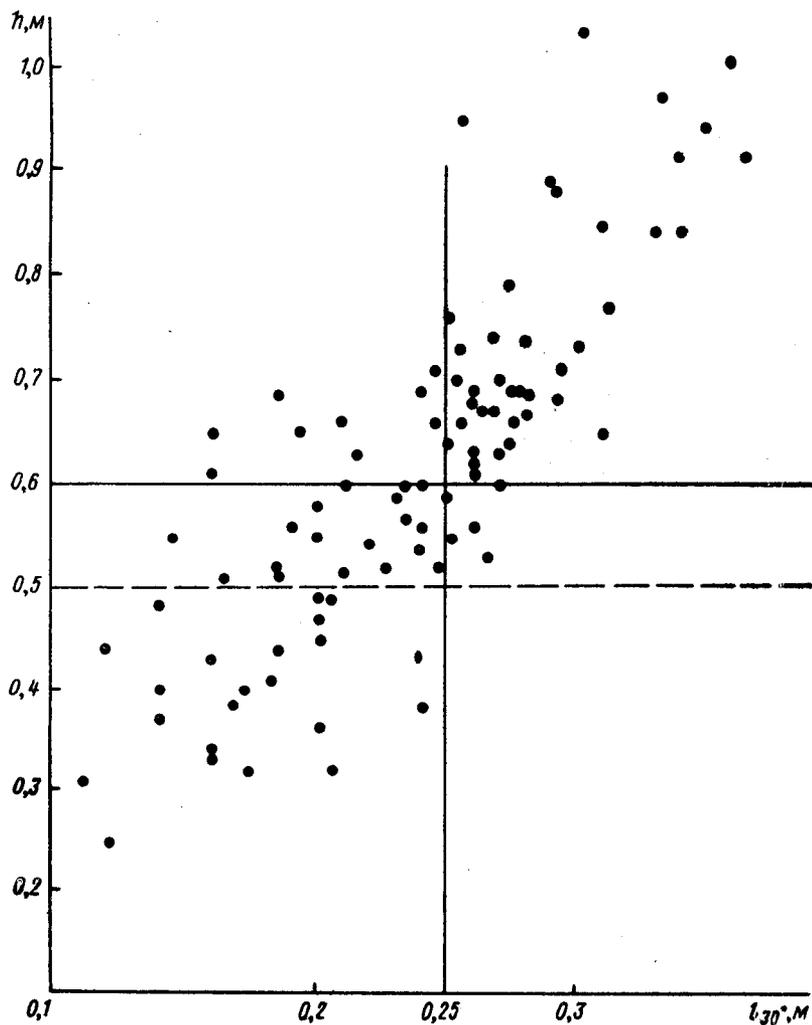


Рис. 10. Корреляционная связь между плечом диаграммы статической остойчивости l_{30} и метацентрической высотой h маломерных судов

забортной водой необходимо нормировать максимальное плечо диаграммы статической остойчивости. Для выявления наиболее приемлемого для маломерных судов нормативного максимального плеча диаграммы статической остойчивости l_{\max} были рассмотрены диаграммы остойчивости около 80 судов длиной от 9 до 24 м. Выяснилось, что диаграммы статической остойчивости 65 % рас-

смотренных судов удовлетворяют требованиям гл. 2 ч. IV Правил к максимальному плечу ($l_{\max} \geq 0,25$ м). Остальные 35 % судов имеют максимальное плечо диаграммы статической остойчивости

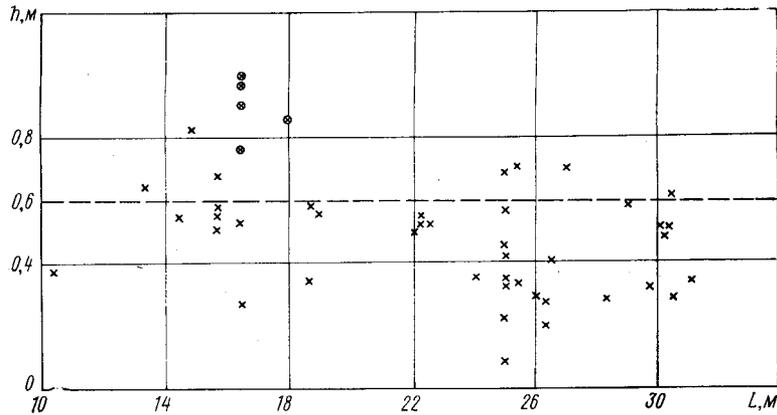


Рис. 11. Значения метацентрической высоты погибших (×) из-за потери остойчивости зарубежных и отечественных маломерных судов (⊙ — погибшие в зоне разрушающегося волнения)

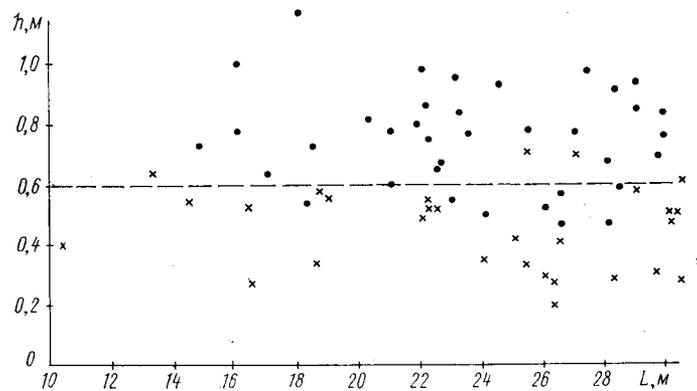


Рис. 12. Распределение значений метацентрической высоты маломерных судов (• — находящихся в эксплуатации; × — погибших) по данным ИМО

менее 0,25 м, причем $1/2$ из них имеет начальную метацентрическую высоту менее 0,5 м. Сведения по авариям маломерных судов (рис. 13) подтверждают, что границей опасных значений максимального плеча также может быть названо значение 0,25 м. Анализ аварий судов, имеющих максимальное плечо более 0,25, показал, что большинство таких судов (на рис. 13 выделены ⊙) погибли в условиях прибойного разрушающегося волнения, которые следует отнести к недопустимым для безопасного плавания

малых судов. Таким образом, с учетом практики проектирования (см. рис. 10), аварийной статистики и принятых ограничений по условиям плавания в зонах с особыми режимами волнения в качестве предельного максимального плеча может быть назначено 0,25 м; при этом сочтено целесообразным сохранить требование к положению максимума диаграммы статической остойчивости (не менее 30°), как и для больших судов.

С целью предотвращения опрокидывания судна при залипании палубы на волнении и снижения вероятности его опрокидывания

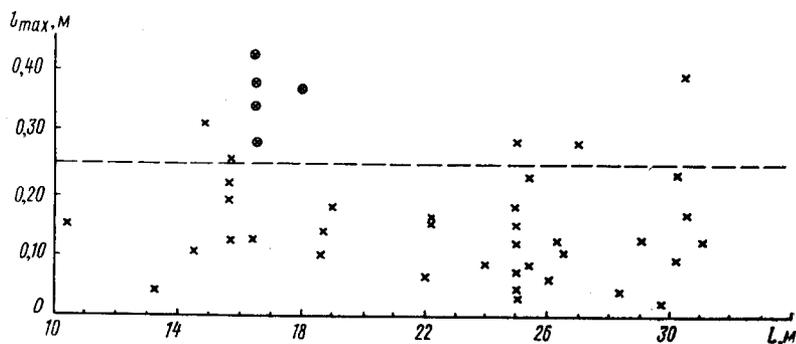


Рис. 13. Значения максимальных плеч диаграммы статической остойчивости опрокинувшихся зарубежных и отечественных маломерных судов (⊗ — погибшие в зоне разрушающегося волнения)

от удара волны целесообразно также нормировать угол заката диаграммы статической остойчивости. В результате анализа диаграммы остойчивости около 80 маломерных судов различных типов и назначения выяснилось, что более 90 % всех судов имеют угол заката более 60° . Следовательно, применение к маломерным судам требований гл. 2 ч. IV Правил к углу заката не вызывает затруднений. Целесообразность принятия в качестве нормативного такого угла заката подтверждается данными по авариям, согласно которым около 70 % опрокинувшихся судов имели угол заката диаграммы менее 60° .

2.6.3. Дополнительные требования к остойчивости судов длиной менее 20 м

Дополнительные требования к остойчивости пассажирских судов длиной менее 20 м так же, как для судов больших размеров, учитывают возможность скопления пассажиров на одном борту. Однако при этом допустимый угол крена принимается равным 12° , а не 10° , как это требуется для судов больших размеров. Такое послабление объясняется тем, что на малом судне из-за относительно большой массы пассажиров практически невозможно обеспечить угол крена 10° . Вместе с тем принимается во внимание то обстоятельство, что в силу малости судна проще осуществить

регулирование смещения людей к одному борту и перемещение их по судну. Для сравнения могут быть приведены югославские, французские и американские требования к малым пассажирским судам, где допустимый угол крена принят равным 12, 14 и 14° соответственно. В требованиях Речного Регистра РСФСР к постройке маломерных судов внутреннего плавания допускается крен от скопления пассажиров у одного борта до 15°.

К остойчивости пассажирских судов Правилами предъявляется требование к углу крена на установившейся циркуляции и от совместного действия скопления пассажиров и циркуляции. Подобное требование целесообразно предъявлять и к маломерным пассажирским и непассажирским судам. В связи с отсутствием достоверного метода расчета крена на циркуляции, учитывающего все многообразие форм обводов и других особенностей маломерных судов, представляется целесообразным предъявить требование не к расчетному углу крена на циркуляции, а к допустимой скорости хода, при которой можно переключать руль. Эта скорость определяется опытным путем во время сдаточных испытаний судна, исходя из ограничения крена при переходе на режим циркуляции. В качестве допустимого для непассажирских судов принят крен 12°, а для пассажирских судов с учетом скопления пассажиров у одного борта — 15°. Угол крена на циркуляции не должен также превышать угла входа палубы в воду.

Введение дополнительного требования к остойчивости маломерных рыболовных судов вызвано случаями получения судами опасных кренов при выборке сетей с борта и при работе грузовой стрелой с борта во время промысловых операций, что может быть объяснено бесконтрольным выбором грузоподъемности и мощности грузового и сетеподъемного устройств.

Аналогичные требования имеются в японском проекте Правил 1966 г. по обеспечению безопасности плавания малых рыболовных судов, где угол крена ограничивается 12°. Принятый в Правилах допустимый крен 10° основывается на выполненных в КТИРПиХе исследованиях, которые показали, что при углах крена 8—10° возможна подвижка палубного груза рыбы и невозможна работа экипажа на скользкой палубе.

Опасность, которую представляет для малых судов попутное волнение, явилась причиной включения в Правила требования к выполнению определенных условий при ходе на попутном волнении. Как показали исследования, проведенные КТИРПиХом и Гипрорыбфлотом, при ходе на попутном волнении при длине волны, близкой к длине судна, малое судно может избежать захвата попутной волной с последующим разворотом и накрениением, если его скорость не будет превосходить некоторого предельного значения. Это требование включено в качестве указания капитану в Информацию об остойчивости. Снижение скорости положительно отразится и на изменении остойчивости судна при ходе на попутном волнении, так как будет исключена возможность продолжительного пребывания судна на вершине волны.

2.7. Суда дноуглубительного флота

Эксплуатация морских дноуглубительных судов [23] складывается, как правило, из работы по назначению, куда относятся и переходы, необходимые в процессе работы (например, от места работы к месту вывалки грунта), переходов из одного порта-убежища в другой в районе плавания, установленном для судна, и, наконец, перегона, т. е. возможного в жизни судна перехода через бассейны, не входящие в установленный район плавания судна.

Анализ эксплуатации показал, что суда дноуглубительного флота могут работать как в установленном для данного судна районе плавания, так и в более ограниченном — 20-мильной прибрежной зоне. При этом работа может происходить при достаточно большом (5—6 баллов) волнении, что подтверждается аварийной статистикой. Поэтому проверка остойчивости судов во время работы по критерию погоды представляется необходимой. Учитывая, что при работе в 20-мильной прибрежной зоне условия волнения мягче по сравнению с районом, более удаленным от берега, а также учитывая, что судам легче добраться до убежища из 20-мильной прибрежной зоны, чем из более удаленных от берега мест, проверку по критерию погоды в этой зоне целесообразно проводить при сниженных нормативных значениях давлений ветра и качки по сравнению с принятыми для установленного района плавания судна.

Поскольку суда дноуглубительного флота отличаются от транспортных судов конструкцией и формой корпуса (большие отношения ширины к осадке, низкий надводный борт, наличие продольной прорези и днищевых отверстий, различные выступающие части по всей длине), необходимо было уточнить значения множителей в формуле для амплитуды качки (2.1.3.1) ч. IV Правил. Такие уточнения были введены в Правила 1974 г. на основании систематических расчетов амплитуд качки 32 условных судов, выполненных по методике ОСТ 5.1003—70 МСП при 8-, 6- и 5-балльном волнении [8].

Следуя структуре формулы (2.1.3.1) для расчета амплитуд качки в ч. IV Правил, на основании проведенных расчетов амплитуду качки для судов дноуглубительного флота можно записать в виде

$$\theta = X_1 X_2 Y_1,$$

где

$$Y_1 = f(\sqrt{h}/B); \quad X_1 = f_1(B/d) \quad \text{и} \quad X_2 = f_2(C_B).$$

Чтобы не составлять новой таблицы специально для судов дноуглубительного флота, множитель Y_1 представлен в виде:

$Y_1 = 1,15 Y$ — для судов неограниченного района плавания,

$Y_1 = 1,15 X_3 Y$ — для судов ограниченных районов плавания, где Y — см. табл. 2.1.3.1-1 ч. IV Правил.

Коэффициент X_1 учитывает зависимость амплитуд качки от B/d . Для судов дноуглубительного флота она принята линейной:

B/d	2,5	3,5	4,5	5,5
Трюмные земснаряды	0,975	0,880	0,800	0,720
Земснаряды	0,940	0,870	0,820	0,780

Коэффициент X_2 для судов дноуглубительного флота близок к единице (C_B находится в пределах $0,68 \div 0,82$) и остается без изменений.

В Правилах 1974 г. коэффициент X_1 увеличен в 1,15 раза, а Y_1 принят равным Y по табл. 2.1.3.1-1 ч. IV Правил.

Коэффициент X_3 , включенный в формулу для амплитуды качки судов ограниченного района плавания, не имеет определенного физического смысла, а отражает полученное по расчету увеличение значений Y , приведенных в табл. 2.1.3.1-1, для судов дноуглубительного флота ограниченных районов плавания.

Таким образом, расчетные амплитуды качки судов дноуглубительного флота по сравнению с амплитудами качки транспортных судов увеличены на 15 % для судов неограниченного района плавания и на 38—15 % для судов ограниченных районов плавания.

Анализ данных остойчивости и аварий судов дноуглубительного флота показал, что общие требования норм к диаграмме статической остойчивости практически приемлемы для всех судов, за исключением многочерпаковых земснарядов. Землечерпалки имеют высокорасположенные рабочие устройства большой массы, которые не дают возможности обеспечить предельные значения угла заката $\theta_{зак}$, угла максимума θ_{max} и максимального плеча l_{max} , требуемые в нормах для транспортных судов, поэтому к характеристикам диаграммы статической остойчивости многочерпаковых земснарядов предъявляются специальные требования.

Сравнительные расчеты остойчивости типовых отечественных землечерпалок показали, что требуемая величина $\theta_{зак} = 60^\circ$ может быть снижена с учетом больших отношений B/D . Принятая для землечерпалок предельная величина $\theta_{зак} = 50 \div 44^\circ$ установлена на основании анализа расчетов и данных остойчивости как успешно эксплуатирующихся судов, так и потерпевших аварии. Соответственно изменен требуемый угол θ_{max} . Ограничение для максимального плеча диаграммы статической остойчивости в рабочих условиях принимается таким же, как для транспортных судов длиной до 80 м. В условиях переходов и перегонов, а также при работе в установленном районе плавания наименьшее допускаемое плечо $l_{max} = 0,25$ м представляется недостаточным. В этих условиях эксплуатации снижение требуемого угла заката диаграммы статической остойчивости многочерпаковых земснарядов должно быть компенсировано повышением максимального плеча, чтобы обеспечить необходимый запас остойчивости. Предельное значение l_{max} установлено равным 0,40 м.

Принятые ограничения для θ_{max} , $\theta_{зак}$ и l_{max} соответствуют характеристикам предельной диаграммы статической остойчивости,

рекомендованной в работе [9]. В ней, подобно методике проф. Рахола, предельная диаграмма статической остойчивости определяется на основании анализа остойчивости опрокинувшихся или пропавших без вести судов и судов, остойчивость которых считается достаточной:

Угол крена, град	0	10	20	25	30	40	45
Плечо статической остойчивости, м	0	0,223	0,412	0,440	0,395	0,153	0,000

Расчеты остойчивости отечественных земснарядов показывают, что рекомендации [9] согласуются с отечественной практикой.

Поскольку землечерпалки имеют низкий надводный борт и развитую надстройку, обледенение этих судов повышает их ЦТ без заметного увеличения плавучести при крене. Поэтому снижение предельных характеристик диаграммы статической остойчивости, построенных с учетом обледенения, для землечерпалок в нормах не допускается.

Учет влияния жидких грузов при расчете диаграммы статической остойчивости имеет для самоотвозных земснарядов и шаланд следующую особенность. При наклонении судна, начиная с некоторого угла крена, жидкий грунт будет выливаться из трюма через борт до тех пор, пока комингс грунтового трюма не войдет в воду. Слив грунта сопровождается изменением водоизмещения судна, его осадки и положения центра тяжести. В результате диаграмма статической остойчивости судна будет иной, чем для твердого невыливающегося грунта. Были проведены сравнительные расчеты элементов остойчивости ряда судов с учетом слива грунта (по способу Н. Ф. Воеводина [10]) и в предположении, что грунт представляет собой твердый груз. Результаты расчетов свидетельствуют о целесообразности учета слива жидкого грунта через борт, так как в этом случае обычный расчет приводит к ошибке в опасную сторону. Указать достаточно обоснованную однозначную характеристику текучести грунта очень трудно. В целях упрощения требований Правил было принято считать грунт жидким в случае, если его плотность не превышает $1,3 \text{ т/м}^3$.

Расчеты показали, что для землесосов, имеющих продольную переборку в грунтовом трюме, нет необходимости учитывать слив грунта и для жидких грунтов, так как коэффициент запаса остойчивости в этом случае, как правило, оказывается выше, чем при расчете в предположении, что грунт представляет собой твердый груз. Поэтому учет слива грунта за борт требуется только для тех самоотвозных землесосов и шаланд, которые не имеют продольной переборки в трюме. При этом следует убедиться, имеет ли шаланда или земснаряд достаточно плотные закрытия в грунтовом трюме для перевозки жидкого грунта.

Для судна без грунта расчет остойчивости следует производить в предположении, что дверцы и клапаны открыты и грунтовой трюм сообщается с забортной водой. Такое требование фактически соответствует состоянию судна в эксплуатации, поскольку, как

правило, днищевые закрытия грунтовых трюмов нельзя считать водонепроницаемыми.

Проверка устойчивости самоотвозных судов дноуглубительного флота имеет еще одну характерную особенность. При эксплуатации судов, имеющих два или четыре ряда днищевых отверстий в грунтовом трюме, встречаются случаи вывалки грунта с одного борта. Разгрузка с одного борта может произойти по причине закупорки грунта днищевых отверстий трюма на одном борту или из-за того, что ляды открылись только с одного борта.

Натурные испытания и расчеты показали [11], что при вывалке с одного борта грунта достаточно большой плотности ($\gamma_{гр} > 1,3 \text{ т/м}^3$) наклонение судна происходит статически. В этом случае сразу после вывалки судно получает постоянный угол крена $\theta_{ст}$. Такой характер носят наклонения шаланд и грейферных земснарядов. Эти суда, как правило, не имеют продольных переборок в грунтовом трюме и не предназначены для перевозки жидких грунтов. Кроме того, расчеты показали, что варианты нагрузки с вязким грунтом ($\gamma_{гр} > 1,3 \text{ т/м}^3$) более неблагоприятны в отношении устойчивости подобных судов, так как с увеличением массы грунта устойчивость судов снижается.

Самоотвозные землесосы при вывалке грунта с одного борта могут получить крен больший, чем статический. Эти суда обычно имеют продольную переборку в грунтовом трюме. Наличие плотных закрытий позволяет перевозить неплотные илистые грунты ($\gamma_{гр} < 1,3 \text{ т/м}^3$), при вывалке которых на судно действует динамически приложенный кренящий момент. В этом случае сразу после вывалки судно совершает затухающие колебания относительно статического угла крена. Наибольшая амплитуда колебаний θ_0 зависит от объемного веса грунта, формы и емкости трюма, размеров ляд, числа отсеков по длине трюма, формы обводов и водоизмещения судна. Для целей нормирования устойчивости достаточно ограничиться упрощенным определением θ_0 . В Правилах принято, что величина θ_0 составляет 20 % статического угла крена $\theta_{ст}$. Это соотношение было установлено как среднее на основании расчетов динамической устойчивости отечественных самоотвозных землесосов при вывалке неплотного грунта с одного борта.

В пределах допущений, принятых в Нормах, проверка устойчивости землесоса в рассматриваемом случае может быть произведена обычным приемом проверки по критерию погоды, если в качестве максимального условного угла крена судна принять угол крена, складывающийся из условной амплитуды θ_m бортовой качки и амплитуды θ_0 колебаний судна вследствие вывалки грунта на тихой воде. Такая схема проверки устойчивости учитывает совместное действие на судно ветра, бортовой качки и вывалки грунта с одного борта. Поскольку колебания судна происходят относительно положения со статическим креном $\theta_{ст}$, то и минимальный опрокидывающий момент определяется для этого положения. Амплитуда качки $\theta_m = 10^\circ$ была принята условно на основании расчетов амплитуды качки для землесосов и шаланд с учетом того,

что колебания происходят относительно постоянного угла крена $\theta_{ст}$.

Проверка остойчивости судна при нагрузке с одного борта производится для случая одновременного открытия только тех лед этого борта, которые обслуживаются одним прессом. Это условие целесообразно с точки зрения практики эксплуатации судов дноуглубительного флота. В то же время оно дает возможность обеспечить достаточную остойчивость судов в рассматриваемом случае за счет отдельного управления двумя группами лед одного борта.

Дополнительные требования к остойчивости судов дноуглубительного флота были проверены расчетом остойчивости 34 типовых отечественных судов. Расчеты выполнялись специализированным конструкторским бюро. Результаты этих расчетов свидетельствуют о практической приемлемости требований Правил и технической возможности их удовлетворения.

2.8. Суда обеспечения ПБУ

Суда обеспечения ПБУ отличаются архитектурным типом, конструкцией корпуса, размещением перевозимого груза и эксплуатируются в специфических условиях, что привело к необходимости разработки дополнительных требований к их остойчивости.

2.8.1. Учет воды на палубе

Характерной особенностью судов обеспечения, имеющих низкий надводный борт, является возможное наличие на палубе большого числа труб, способных задерживать значительные объемы воды, что приводит к снижению остойчивости судна.

Количество воды, задерживающейся в трубах, принято в соответствии с требованиями ИМО и определяется как 30 % объема штабеля труб при отношении высоты надводного борта к длине f/L до 0,015 и 10 % при $f/L \geq 0,03$. Экспериментальные исследования по изучению процесса заливания штабеля труб, проведенные в бассейне КТИРПиХ, в целом подтвердили предлагаемый ИМО подход, показав при этом, что с увеличением высоты штабеля относительный объем воды в трубах уменьшается. Сравнение рекомендуемого ИМО относительного объема воды при f/L от 0,015 до 0,03 и экспериментальных данных позволяет предположить, что рекомендации ИМО соответствуют относительной высоте штабеля труб при $H_{тр}/T \approx 0,4$. При высоте штабеля более 0,4 осадки Регистр может рассмотреть вопрос о снижении относительного объема воды в трубах с учетом зависимостей, полученных в ходе эксперимента (в Правилах они не приводятся).

2.8.2. Обледенение

Поскольку отечественные суда обеспечения предполагается эксплуатировать в северных районах, при оценке их остойчивости

должна учитываться возможность их обледенения и обмерзания перевозимых на палубе труб.

Определению количества льда, намерзающего в трубах, были посвящены экспериментальные исследования, проведенные в холодильной камере ААНИИ и на открытом воздухе в ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова. Основное внимание было сосредоточено на изучении брызгового обледенения как наиболее частого и опасного вида обледенения. Эксперименты показали, что на образование льда внутри труб будет оказывать влияние «ледяной экран», который может образоваться на торцах труб. В силу более интенсивного теплообмена торцов пакета труб с холодным воздухом по сравнению с другими его частями скорость нарастания льда на торцах труб больше, чем в других частях пакета. «Захлопывание» льдом торцов труб будет в дальнейшем препятствовать проникновению внутрь масс воды; таким образом, конечное распределение массы льда внутри труб будет определяться временем образования ледяного экрана на торцах труб. Исходя из этого, принятое в Правилах в зависимости от диаметра трубы количество льда, намерзшего на одной трубе, определялось как сумма массы ледяного экрана от брызгового обледенения и массы льда, намерзшего внутри трубы:

$$m_{\text{л}} = m_{\text{э}} + m_{\text{л. в}},$$

где $m_{\text{э}}$ — масса ледяного экрана,
 $m_{\text{л. в}}$ — масса льда внутри трубы,

$$m_{\text{л. в}} = k m_{\text{л. б}};$$

$m_{\text{л. б}}$ — масса льда внутри трубы от брызгового обледенения,

$k = 1,5$ — определенный в ходе экспериментов коэффициент, учитывающий обледенение от заливания трубы (заливное обледенение).

При расчете $m_{\text{л. б}}$ было принято, что она пропорциональна массе воды, попадающей в трубы:

$$m_{\text{л. б}} = k_{\text{в}} m_{\text{в}},$$

где $k_{\text{в}}$ — коэффициент выброса воды с ветром;

$m_{\text{в}}$ — масса воды, попадающей в трубу.

Для расчетов значений $m_{\text{э}}$, $m_{\text{в}}$ и $k_{\text{в}}$ использовались полученные по результатам экспериментов приближенные зависимости указанных величин от диаметра трубы. Все расчеты велись применительно к температуре $-5 \div -7^{\circ}\text{C}$, при которой, как показали исследования, намерзает наибольшее количество льда. С дальнейшим понижением температуры воздуха количество льда, намерзающего внутри трубы, уменьшается. Это объясняется тем, что с понижением температуры воздуха закрытие торца труб ледяным экраном происходит быстрее.

Скорость воздушного потока в ходе экспериментов принималась равной 10 м/с и не варьировалась. Для компенсации возможной ошибки с этой стороны была на порядок увеличена плотность водного потока по сравнению со средним ее значением, встречающимся на практике.

2.8.3. Требования к диаграмме статической остойчивости

Сопоставление требований к остойчивости судов обеспечения, содержащихся в рекомендациях ИМО, Правилах Регистра, и результатов модельных испытаний судна обеспечения показали, что наиболее жесткими являются требования Правил Регистра, предъявляемые к диаграмме статической остойчивости. Наиболее трудно выполнить требования по углу крена при максимуме восстанавливающего плеча, а также по углу заката диаграммы статической остойчивости.

Удовлетворение требований Правил к углам θ_{\max} и $\theta_{\text{зак}}$ диаграммы статической остойчивости ведет к снижению грузоподъемности судна до 15 % или к увеличению объемного показателя $L \times B \times D$ до 30 %. Такая потеря грузоподъемности или увеличение размеров судна представляется достаточно значительными. Анализ диаграмм статической остойчивости зарубежных судов показал, что в наихудших условиях нагрузки, при условии удовлетворения требований ИМО, закат диаграмм достигается при углах крена $40 \div 50^\circ$, а максимум восстанавливающего плеча — при $20 \div 25^\circ$.

На основании вышеуказанного представилось возможным допустить снижение θ_{\max} до 25° и $\theta_{\text{зак}}$ до 50° с одновременным повышением минимальных значений максимального плеча l_{\max} и критерия погоды K .

3. ТРЕБОВАНИЯ К ОСТОЙЧИВОСТИ ПЛАВУЧИХ КРАНОВ

К этим судам в силу их специфических особенностей не применимы критерий погоды и требования к параметрам диаграммы статической остойчивости, приведенные в гл. 2 ч. IV Правил. Требования и пояснения, изложенные в гл. 1 «Общие положения», относятся к плавкранам так же, как и к другим типам судов, с некоторыми ограничениями, указанными в разд. 4 «Требования к остойчивости плавучих кранов и доков».

Разработанные в 1959 г. требования к остойчивости плавучих кранов основывались на опыте эксплуатации портовых плавучих кранов грузоподъемностью не более 300 т. Развитие строительства новых кранов, предназначенных для работы вне акваторий портов в условиях морского волнения, потребовало разработки новых критериев остойчивости, учитывающих эти особенности работы морских плавучих кранов. Новые требования были включены в Правила 1977 г. [12].

При разработке новых требований особое внимание было уделено созданию расчетных схем проверки остойчивости, соответствующих физической картине поведения плавучего крана при действии на него ветра и волнения в различных режимах его эксплуатации (переход к месту работы в пределах установленного района плавания, грузоподъемные операции, отстой в нерабочем состоянии, перегон крана вне установленного района плавания).

Опыт эксплуатации плавкранов грузоподъемностью до 500 т в условиях волнения, накопленный к моменту создания новых требований, показал, что проведение грузоподъемных операций кранами и перевозка на палубе грузов ограничиваются II и III районами плавания, установленными для обычных транспортных судов. Перегон плавкранов может осуществляться в пределах и условиях ограниченного I района плавания. При этом имеется в виду, что в силу условий буксировки плавучих кранов с понтонными корпусами перегон через район неограниченного плавания всегда осуществляется с ограничением по погодным условиям, не превосходящим условий, характерных для ограниченного I района. Указанное учитывалось при назначении давления ветра и высоты волны.

3.1. Определение кренящего момента

В схеме, принятой в основу нормирования при перечисленных выше режимах эксплуатации плавкранов, предполагается, что на плавучий кран действуют ветер и волнение. Теоретический анализ воздействия шквала на плавучий кран, подтвержденный данными модельных испытаний, показал, что если плавучий кран не удерживается швартовами (якорями), если скорость ветра в шквале не превышает более чем в 1,3 раза скорость установившегося ветра и $B/(dC_B) \geq 9$, то наибольшие углы крена отмечаются не в первом размахе в момент действия шквала, а в последующих при дрейфе, развившемся от действия ветра, установившегося после прохождения шквала. Если плавучий кран удерживается швартовами (якорями), то наибольший крен под действием шквала наблюдается в конце первого размаха. Однако углы крена плавучего крана на швартовах меньше углов крена свободно дрейфующего плавкрана при действии шквала. Значительные углы крена при дрейфе плавучего крана объясняются развитием в дополнение к ветровому кренящему моменту момента гидродинамических сил, возникающих при поперечном обтекании понтона.

С учетом указанного схемой нормирования предполагается, что на плавкран действует постоянный установившийся ветер. Если не учитывать изменения кренящего момента при накренинии, то при установившемся дрейфе на тихой воде условие равновесия плавучего крана можно представить уравнением

$$M_{\text{в}} \approx p_v(z_v + z_q),$$

где M_0 — восстанавливающий момент;
 p_v — сила давления ветра;
 z_v — возвышение центра парусности над действующей ватерлинией в прямом положении судна;
 z_q — отстояние точки приложени^я результирующей гидродинамических сил от продольной оси, совпадающей с линией пересечения диаметральной плоскости и действующей ватерлинии, для судна в прямом положении,

$$z_q = f_1 \sqrt{C_B B d},$$

где $f_1 = f \left(\sqrt{C_B B d}, \frac{D-d}{\sqrt{C_B B d}}, \theta \right)$ — функция, в среднем убывающая с ростом угла крена.

Принятое предположение в отношении определения гидродинамической составляющей момента в прямом положении плавкрана обеспечивает отклонение расчетного значения z_q от истинного в безопасную сторону. При этом отпадает необходимость в учете влияния

$$(D-d)/\sqrt{C_B B d}, \text{ и тогда } z_q = \frac{1}{2} f_1 \sqrt{C_B B d},$$

где f_1 вычисляется при $\theta=0$. Однако расчеты показывают, что при наличии постоянного угла крена, вызванного асимметрией нагрузки крана, запас в z_q может оказаться слишком большим. Удовлетворительные результаты при этом получаются при принятии в уравнении значения z_q , рассчитанного для этого постоянного угла крена. При совместном действии сильного ветра и волнения совпадение с опытными данными обеспечивает

$$z_q = \frac{1}{2} f_1 \sqrt{C_B B d},$$

где f_1 вычисляется при $\theta=0$.

Сложная конструкция надводной части плавучего крана требует детального учета влияния ее элементов при определении ветрового давления. Аэродинамическое сопротивление каждого элемента конструкции учитывается коэффициентами обтекания k_i . Изменение скорости ветра и, следовательно, скоростного напора по высоте учитывается коэффициентом зоны n_i . Таким образом, давление ветра для плавкрана вычисляется по формуле

$$p_v = q \sum_i k_i n_i A_i,$$

где q — скоростной напор ветра, $q = \rho v^2 / 2$;

A_i — площадь проекции на ДП элемента конструкции.

Нормирование ветровой нагрузки ведется по скоростному напору q . Для нерабочего состояния, при переходах и перегонах в формулу для давления ветра вводится коэффициент 0,6, которым учитывается уменьшение скоростного напора ветра до его среднего

значения после прохода шквала. Значение нормативного напора при шквале (хотя расчет ведется по ровному ветру) выбрано с целью унификации с разрабатываемыми нормами для крановых судов.

В прибрежных районах морей, омывающих берега СССР, вероятность ветра, скорость которого в шквале равна 40 м/с (скорость, превышаемая 1 раз в год), достаточно велика [13]. Это обстоятельство, а также сравнение принимаемой ветровой нагрузки с данными Правил Регистра для морских транспортных судов и требованиями ГОСТ 1451—65 для прибрежных районов СССР привели к принятию именно такой скорости для ограниченного района плавания I. Так как возможность избежать воздействия штормового ветра уходом в порт определяется в основном удалением от места убежища, т. е. установленным районом плавания, расчетный скоростной напор уменьшен для ограниченных районов плавания II и III в разной степени.

В нерабочем состоянии плавучий кран, находясь в акватории порта, не может избежать воздействия ветра предельной силы. Так как плавучий кран эксплуатируется 20—30 лет, в качестве скорости предельного ветра принята скорость, превышаемая 1 раз за 20 лет. По статистическим данным [14], для морей, омывающих берега СССР, скорость ветра, превышаемая 1 раз за 20 лет, в 1,3—1,4 раза больше скоростей, превышаемых 1 раз в год. Из этого расчета и назначен скоростной напор для проверки нерабочего состояния плавучего крана.

В рабочем состоянии нет необходимости дифференцировать значение скоростного напора по районам плавания, поэтому скоростной напор установившегося ветра, действующего на плавучий кран статически, представлен не в виде $0,6 q$, а в виде результата, равного 150 Па [15 кгс/м²]. Эта величина соответствует скорости, несколько превышающей среднюю скорость установившегося 6-балльного ветра на высоте 10 м, которая хорошо согласуется с практикой эксплуатации плавучих кранов (при такой скорости ветра человек с большим трудом сопротивляется воздействию ветра и происходит сильное раскачивание груза, подвешенного на гаке). Принятая ветровая нагрузка 300 Па [30 кгс/м²] унифицирована с требованиями ГОСТ 1451—65 «Краны подъемные. Нагрузка ветровая» и согласуется со скоростными напорами по предыдущей редакции Правил Регистра, Правилами ЕФ (Правила расчета подъемных устройств составлены Европейской федерацией по погрузо-разгрузочным машинам, раздел I «Металлоконструкции» (изд. ВНИИстройдормаш, М., 1965), 250 Па [25 кгс/м²] и требованиями Главной инспекции транспорта ВНР 250 Па [25 кгс/м²], если учесть, что эти напоры нужно умножить на коэффициент 0,6, так как они назначены для 6-балльного ветра в шквале.

Коэффициенты зоны n_i приняты такими же, как в ГОСТ 1451—65, так как принятый в нем закон изменения коэффициентов зоны соответствует условиям работы плавучего крана в портах, окруженных береговыми сооружениями, и вблизи от берегов, и дает

некоторое ужесточение расчетной ветровой нагрузки во всех других возможных условиях плавания, например, для открытого моря.

Таблица нормативных аэродинамических коэффициентов обтекания k_i в новом издании Правил расширена за счет включения коэффициентов обтекания для грузовых канатов и груза. Необходимость дополнения обусловлена резким возрастанием числа кранов с полиспаственными механизмами изменения вылета стрелы, состоящими из многорядных групп тросов большого диаметра и большой протяженности. Парусность тросов в этом случае становится сравнимой с парусностью других конструкций крана, и возникает необходимость в более точном ее определении. Значения коэффициентов обтекания тросов унифицированы со СНИП II-6—74 «Нормы проектирования. Нагрузки и воздействия». Если размеры груза неизвестны, то произведение площади парусности груза на коэффициент обтекания принимается по таблице, включенной в ч. IV; при этом площадь парусности унифицирована с ГОСТ 1451—65, а коэффициент обтекания принят равным 1,2.

3.2. Амплитуда качки

Влияние качки учитывается при проверке остойчивости плавучего крана в рабочем состоянии (если он предназначается для работы в условиях волнения), при переходе и перегоне. Амплитуды качки плавучих кранов не могут быть определены по требованиям Правил для обычных судов (гл. 2 ч. IV) из-за существенного отличия формы понтона плавучего крана от корпуса судна и иного распределения масс по высоте. Физически отличие качки плавкранов объясняется возрастанием роли волновых компонентов гидродинамических сил, большим влиянием связи между поперечно-горизонтальной и бортовой качкой, а также увеличением влияния трехмерности движения жидкости.

Амплитуда бортовой качки плавкрана определялась теоретически решением линеаризованной системы уравнений бортовых и поперечно-горизонтальных колебаний. Коэффициенты демпфирования, присоединенных масс и возмущающих сил определялись по экспериментальным материалам А. З. Салькаева [15], влияние трехмерности и вязкостных компонентов учитывалось только при определении коэффициентов присоединенной массы и демпфирования для бортовых колебаний по данным опытов с крупномасштабными моделями. Сравнение результатов расчетов и экспериментов для регулярного волнения при углах крена, не превышающих углы входа палубы в воду или выхода скулы из воды, дает удовлетворительное совпадение.

На случай нерегулярного волнения расчет передаточных функций выполнялся для математической модели плавучего крана, имеющей $L/B=2$ и шпангоуты формы Льюиса при $\beta=1$. Спектральная плотность волновых ординат принималась по Ю. А. Невцветаеву [16]; при этом (с учетом рекомендаций отраслевого стан-

дарты ОСТ 5.1003—70) частота максимума σ_m спектра волнения была принята равной 0,614.

В результате дисперсия качки была представлена как функция ряда параметров:

$$m_{0\theta} = f \left(\frac{h_{3\%}}{\sqrt{C_B B d}}, \frac{n_{\theta}^2 \sqrt{C_B B d}}{g^{1/2}}, \frac{B}{\sqrt{C_B B d}}, \frac{z_g - d}{\sqrt{C_B B d}} \right),$$

где $h_{3\%}$ — высота волны 3%-ной обеспеченности;

n_{θ} — частота собственных колебаний плавкрана.

Окончательная формула для амплитуды качки 2%-ной обеспеченности (как это принято для транспортных судов в гл. 2 ч. IV) в целях унификации с формулой в гл. 2 приведена к виду

$$\theta_r = X_{1,2} X_3 Y + \Delta\theta_r,$$

где $X_{1,2} = f \left(\frac{B}{C_B d}, \frac{h_{3\%}}{\sqrt{C_B B d}} \right)$ и учитывает влияние формы корпуса и силы волнения;

$X_3 = f(F, h_{3\%}/\sqrt{C_B B d})$ и учитывает влияние собственной частоты колебаний (через характеристику F) и силы волнения;

$$F = n \frac{\sqrt{h_0}}{B} \sqrt[4]{C_B B d},$$

где $n = 0,414$ для стрелы в диаметральной плоскости;

$n = 0,331$ для стрелы на борт;

Y , град — амплитуда качки, вычисленная для определенных значений F , $B/(C_B d)$, $h_{3\%}/\sqrt{C_B B d}$, $(z_g - d)/\sqrt{C_B B d}$;

$\Delta\theta_r$, град — учитывает возвышение центра масс над действующей ватерлинией.

Сравнение результатов расчетов амплитуды качки по этой формуле с результатами модельных экспериментов показало достаточную точность методики для относительного большого волнения.

Были испытаны модели с параметрами $B/\sqrt{C_B B d} = 7 \div 14$; $L/B = 2 \div 3$.

При качке, сопровождающейся периодическим погружением палубы в воду или оголением скулы, решение исходной линеаризованной системы уравнений становится грубо приближенным, поэтому полученная расчетная амплитуда качки корректируется введением поправки, зависящей от амплитуды качки и углов крена, при которых скула выходит из воды и палуба входит в воду.

В ч. IV «Остойчивость» значения $X_{1,2}$ представлены в табличном виде, где промежуточные значения находятся линейной интерполяцией между соответствующими значениями $B/(C_B d)$ и $h_{3\%}/\sqrt{C_B B d}$, равными 0,5 и 0,25. Для $h_{3\%}/\sqrt{C_B B d}$ более 0,5 и менее 0,25 параметр следует принимать равным 0,5 и 0,25 соответственно. Использование таблицы для $X_{1,2}$ ограничивается отношением $h_{3\%}/\sqrt{C_B B d}$ не более 1,2.

X_3 определяется для $F < 0,1$ и $h_{3\%}/\sqrt{C_B B d} > 0,2$ по графику в зависимости от F и $h_{3\%}/\sqrt{C_B B d}$.

При проверке остойчивости при переходе и перегоне высота волны 3%-ной обеспеченности назначается такой же, какой она принята в требованиях к обычным судам ограниченных I и II районов плавания. Для ограниченного III района плавания высоту волны предлагается принимать по согласованию с Регистром, исходя из местных условий. Для рабочего состояния высота волны принимается равной такому значению, при котором обеспечивается надежная работа крана (т. е. высота, соответствующая углам крана и качки, принятым при расчете механизмов крана).

3.3. Обрыв груза

Для плавкранов грузоподъемностью до 100 т с коэффициентами уравнивания $\varphi < 0,5$, положенными в основу требований 1959 г. к остойчивости плавкранов, проверка на обрыв груза, подтвержденная наблюдениями за плавкранами, показала, что остойчивость в этой ситуации достаточна.

Увеличение грузоподъемности полноповоротных кранов, увеличение коэффициента уравнивания, относительное уменьшение ширины понтона (с целью обеспечения мореходности отечественных плавкранов последних лет постройки) увеличивают углы динамического крена при обрыве груза по сравнению с углами крена портовых кранов, на основе опыта эксплуатации которых были построены прежние требования. Как показывает практика эксплуатации, пренебрегать возможностью обрыва груза при проверке остойчивости современных плавучих кранов недопустимо.

Несмотря на то, что при обрыве максимального груза вероятность совпадения неблагоприятных факторов (предельно допускаемого установившегося ветра, максимальной амплитуды качки) для плавкранов, работающих на волнении, мала, чрезвычайная опасность этой ситуации заставляет проверять остойчивость при обрыве груза с учетом ветра и волнения. Безопасность плавкрана в этой ситуации обеспечивается назначением коэффициента запаса остойчивости по минимальному опрокидывающему моменту, равного 2, и запасом в 1° к углу заливания. Но поскольку работа основной составляющей кренящего момента (т. е. работа момента груза и противовеса крана) известна сравнительно точно, а работа возмущающего момента от волнения, действующего в рабочем состоянии, невелика, учитывается работа демпфирующего момента. Это позволяет избежать излишнего увеличения главных размерений для обеспечения остойчивости при обрыве груза и, следовательно, увеличения стоимости плавкранов. Работа демпфирующего момента вычисляется с использованием экспериментальных данных, полученных по испытаниям моделей плавкранов. Поэтому приведенная в приложении 2 к ч. IV Правил 1981 г. методика вычисления поправки на демпфирование может быть использована для плавкранов с $B/\sqrt{C_B B d} = 2,8 \div 3,7$.

Ее учет при определении опрокидывающего момента имеет следующую особенность. При достижении судном предельного динамического угла крена угловая скорость обращается в нуль. Работа кренящего момента уравнивается с работой демпфирующего и восстанавливающего. Становятся равными кренящий и восстанавливающий моменты, демпфирующий момент обращается в нуль. Рассматривая работу демпфирующего момента как добавку к работе восстанавливающего, следует определять предельный динамический угол крена из условия одновременного равенства работ и моментов. Решая задачу с помощью диаграммы плеч динамической остойчивости, следует подобрать такой угол динамического крена, при котором прямая, изображающая работу кренящего момента, пересекает диаграмму плеч динамической остойчивости с учетом демпфирования так, что касательная к диаграмме плеч демпфирования при том же угле крена оказывается параллельной указанной прямой. Строго говоря, при этом следовало учитывать зависимость начального угла крена от кренящего момента, однако в целях упрощения построений рекомендуется считать статический угол крена от воздействия предельного кренящего момента равным углу крена от воздействия нормируемого кренящего момента.

3.4. Особенности определения минимального опрокидывающего момента

Принятая в новых Правилах схема действия внешних сил имеет некоторые особенности при определении минимальных опрокидывающих моментов. Так, при определении минимального опрокидывающего момента при переходе и перегоне необходимо учитывать, что плавкран, дрейфующий под действием статически приложенного ветра, качается относительно наклоненного положения, определяемого статическим креном от ветра, и это положение, а следовательно, и углы крена на наветренный и подветренный борта различны для нормативного кренящего момента, равного опрокидывающему.

В нерабочем состоянии, учитывая отсутствие качки и сравнительно медленное нарастание силы ураганного ветра, опрокидывающий момент определяется как равный максимальному восстанавливающему моменту по диаграмме статической остойчивости.

В рабочем состоянии при обрыве груза опрокидывающий момент и угол динамического крена определяются по диаграмме динамической остойчивости, плечи которой увеличены на поправку, учитывающую действие демпфирующих сил. Эти особенности и учтены в приложении 2 к ч. IV «Остойчивость» Правил 1987 г.

3.5. Параметры диаграммы статической остойчивости

В ранее действующих Правилах отсутствовали требования к нормированию диаграмм статической остойчивости плавучих

кранов, что создавало затруднения в оценке достаточности их параметров, сильно отличающихся от параметров диаграмм обычных судов, для обеспечения остойчивости при переходах. Между тем для компенсации различных допущений, принятых в схеме нормирования остойчивости плавучих кранов, желательно, как и для обычных судов, указать предельные значения параметров диаграммы. Поэтому на основании анализа данных по благополучно эксплуатирующимся плавкранам в новых Правилах назначены требования к параметрам диаграммы статической остойчивости. Эти нормативы основываются на статистическом материале по кранам грузоподъемностью до 500 т. Поэтому для плавкранов большой грузоподъемности параметры диаграммы со временем, при накоплении опыта эксплуатации, могут быть изменены.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сизов В. Г., Большаков В. С. О динамике действия шквала на судно.— В кн.: Теоретические и практические вопросы остойчивости и непотопляемости морских судов. Л., 1963, с. 52—57.
2. Правила классификации и постройки морских судов. Л., Транспорт, 1967, с. 112—153.
3. Луговский В. В. Теоретические основы нормирования остойчивости морских судов. Л., Судостроение, 1971. 245 с.
4. Луговский В. В. Новая методика определения условной расчетной амплитуды качки транспортных судов при нормировании остойчивости.— В кн.: Теоретические и практические вопросы остойчивости и непотопляемости морских судов. Л., 1963, с. 3—45.
5. Розенцвейг В. Б., Шмидт М. В. Об учете обледенения при нормировании остойчивости морских судов. Л., 1975, с. 98—112 (Вопросы судостроения. Сер. Технология судостроения/ЦНИИ «Румб»; Вып. 6).
6. Луговский В. В. Анализ и нормирование остойчивости судов, перевозящих лесной палубный груз.— Тр. ЦНИИМФ, 1973, Вып. 182, с. 3—35.
7. Цой Л. Г., Волков Б. Н. К разработке норм остойчивости маломерных судов.— Научн.-техн. сб. Регистра СССР, вып. 2. Л., Транспорт, 1972, с. 40—53.
8. Паненко С. М. Новые Правила Регистра по остойчивости судов дноуглубительного флота.— Научн.-техн. сб. Регистра СССР, вып. 3. Л., Транспорт, 1975, с. 89—95.
9. Steel H. E. The practical approach to stability of ships.— Quarterly TINA, N 4, v. 98, 1956.
10. Воеводин Н. Ф. Расчет остойчивости самоотвозных землесосов.— Судостроение, 1959, № 11, с. 8—12.
11. Липис В. Б. Динамическая остойчивость самоотвозного землесоса при вывалке грунта с одного борта.— В кн.: Теоретические и практические вопросы остойчивости и непотопляемости. Л., 1965, с. 195—205.
12. О требованиях Регистра СССР к остойчивости плавучих кранов/ Н. Д. Великосельский, В. Г. Зиньковский-Горбатенко, С. Ф. Королев, Е. А. Кравцов.— Научн.-техн. сб. Регистра СССР, вып. 10. Л., Транспорт, 1981, с. 111—123.
13. Справочные данные по режиму ветров и волнения на морях, омывающих берега СССР. Л., Морской транспорт, 1962. 359 с.
14. Справочник по динамике сооружений. М., Стройиздат, 1972, с. 301—302.
15. Салькаев А. З. Расчет гидродинамических сил, действующих на регулярном волнении на суда с большим отношением ширины к осадке.— Судостроение, 1980, № 4, с. 19—21.
16. Вознесенский А. И., Нецветаев Ю. А. Нормированный энергетический спектр морского волнения.— Океанология, 1964, вып. 5, с. 788—801.

17. Лаврентьев В. М. Нормирование остойчивости буксирных судов по рывку буксирного троса.— Тр. ЦНИИМФ, 1958, вып. 15, с. 3—21.
18. Лаврентьев В. М. Исследование движения судна при косом рывке буксирного троса.— Тр. ЦНИИМФ, 1966, вып. 72, с. 3—31.
19. Алчуджан Г. А. Нормирование остойчивости мореходных буксиров.— В кн.: Теоретические и практические вопросы остойчивости и непотопляемости. Л., 1965, с. 82—99.
20. Алчуджан Г. А. Динамическая остойчивость буксирных судов на волнении.— В кн.: Теоретические и практические вопросы остойчивости и непотопляемости морских судов. Л., 1968, с. 143—166.
21. Мамонтов Ю. Н. Особенности нормирования остойчивости судов смешанного плавания.— Судостроение, 1970, № 11, с. 11—12.
22. Техничко-эксплуатационные качества судов смешанного плавания/ В. Н. Анфимов, В. И. Асиновский, Ю. Л. Беляк и др.; под общ. ред. А. Ф. Видецкого. М., Транспорт, 1974, с. 144—148.
23. Благовещенский С. Н., Липис В. Б. О проекте норм остойчивости земснарядов.— Тр. ЦНИИМФ, 1961, вып. 59, с. 3—21.

ПРИНЦИПЫ, ПОЛОЖЕННЫЕ В ОСНОВУ НОВЫХ ТРЕБОВАНИЙ К ДЕЛЕНИЮ НА ОТСЕКИ МОРСКИХ СУДОВ ЛЕДОВОГО ПЛАВАНИЯ

Вспомогательная информация
необязательного характера

1. Опыт эксплуатации флота показывает, что при плавании в арктических ледовых условиях вероятность получения водотечных повреждений существенно увеличивается. Даже ледоколы, хотя и изредка, но получают пробоины во льдах. Сказанным объясняется, что действующими Правилами Регистра предъявляются повышенные требования к непотопляемости судов ледового плавания. Благодаря проводимой в отечественной практике технической политике в отношении обеспечения непотопляемости судов, отразившейся вступлением в силу в 1962 г. соответствующих Правил Регистра, и грамотной борьбе плавсостава за живучесть советские суда ледового плавания весьма редко гибнут, несмотря на повышенную частоту затопления отсеков корпуса при плавании во льдах.

Вместе с тем ранее при разработке требований к непотопляемости не было учтено, что при столкновениях судна со льдом размеры пробоин существенно отличаются от размеров повреждений, полученных вследствие столкновений с другими судами или посадок на мель.

Из сказанного следует, что для судов, предназначенных для эксплуатации в относительно тяжелых условиях арктического ледового плавания, целесообразно разработать новые требования к их непотопляемости, учитывающие, с одной стороны, повышенную частоту повреждения их во льдах, а с другой — закон распределения размеров и местоположения ледовых пробоин, который отличается от соответствующего закона для обычной неледовой эксплуатации судна.

2. Аналогично действующим Правилам деления на отсеки, новые требования к ледовой непотопляемости содержат два основных требования:

вероятностный ледовый индекс $A_{\text{л}}$ деления судна на отсеки должен быть не менее требуемого ледового индекса $R_{\text{л}}$;

должна быть обеспечена удовлетворительная аварийная остойчивость и посадка при затоплении заданного числа отсеков (одного любого или любых двух смежных) при получении расчетной ледовой пробоины.

Так как в ледовых условиях осадка судна не должна превышать осадки $d_{\text{л}}$ до ватерлинии, от которой назначена верхняя граница ледовых усилений корпуса, требования к ледовой непотопляемости — и вероятностные ($A_{\text{л}} \geq R_{\text{л}}$), и детерминированные —

должны выполняться применительно к осадке деления на отсеки, равной $d_{л}$.

Новые требования к ледовой непотопляемости распространяются на суда, предназначенные для активного плавания в относительно тяжелых ледовых условиях, а именно на суда различных назначений, кроме промысловых, категорий УЛЛ, УЛ и Л1 и промысловые суда категорий УЛЛ и УЛ

3. Ледовый индекс $A_{л}$, значение которого является расчетной оценкой вероятности сохранения судна, получившего пробоину вследствие столкновения со льдом, определяется по формуле полной вероятности:

$$A_{л} = \sum_{i=1}^n W_{лi} S_i + \sum_{i=1}^{n-1} W_{лi, i+1} S_{i, i+1},$$

где $W_{лi}$ — вероятность затопления i -го отсека при получении ледового повреждения;

$W_{лi, i+1}$ — аналогичная вероятность совместного затопления i -го и $i+1$ -го смежных отсеков;

S_i — вероятность сохранения судна при затоплении i -го отсека;

$S_{i, i+1}$ — вероятность сохранения судна при совместном затоплении i -го и $i+1$ -го отсеков;

n — число водонепроницаемых отсеков.

Поскольку при получении ледовых пробоин вероятность затопления трех смежных отсеков мала (менее 0,005), в формуле опущена сумма, соответствующая затоплению трех смежных отсеков.

При расчете индекса $A_{л}$ не учитывается возможность получения повреждений вследствие сжатия корпуса судна льдами, поскольку, как показывает практика, обеспечение непотопляемости судна в разумных пределах мало влияет на исход аварии при сильных сжатиях из-за того, что в этом случае при получении пробоин нарушается водонепроницаемость на большой протяженности судна. Уместно отметить, что безопасность судна при сильных сжатиях можно обеспечить: повышенной прочностью корпуса, о чем свидетельствует практика эксплуатации ледоколов и благополучные длительные дрейфы в Антарктике д/х «Обь» и «Михаил Сомов», сопровождавшиеся сильными сжатиями, или устройством двойного борта на большей части длины судна.

3.1. Для определения вероятностей $W_{л}$ необходимо знать законы распределения размеров и местоположения ледовых пробоин.

Анализ материалов аварий не выявил сколько-нибудь определенного влияния ледового класса на средние размеры ледовых пробоин:

Ледовый класс судна . . .	УЛЛ, УЛ	Л1	Л3
Средняя протяженность пробоин по длине судна, м . . .	0,9	1,5	1,0

Рассмотрение данных по протяженности ледовых повреждений вдоль судна показало, что в 57 % случаев водотечность появлялась между двумя соседними конструктивными шпангоутами. К такого рода повреждениям относятся вертикальные трещины и свищи. Пробоины подобного типа не могут привести к двухотсечному затоплению.

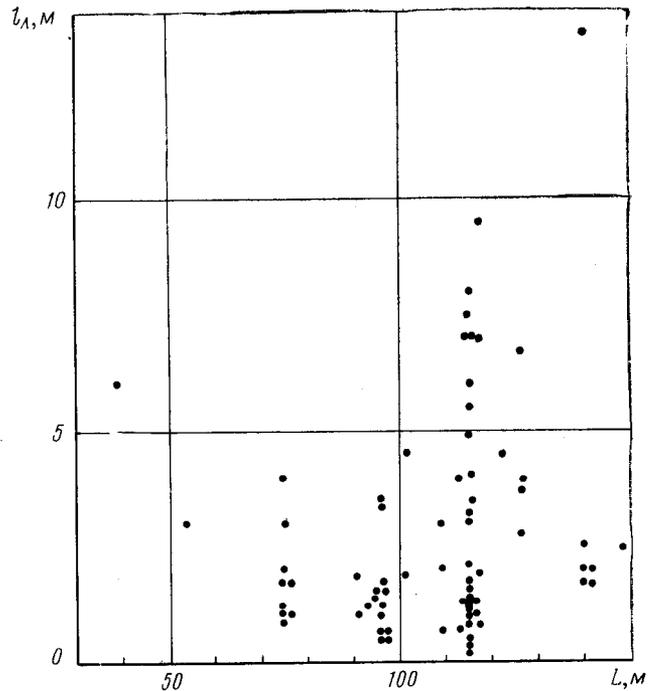


Рис. 1. Корреляционное поле протяженностей l_d ледовых пробоин и длин L судов

Соответственно 43 % пробоин пересекали один или более конструктивных шпангоута. Такие пробоины, в принципе, могут привести к затоплению двух смежных отсеков.

На рис. 1 показано корреляционное поле: длина судна L , протяженность l_d ледовых пробоин, пересекающих хотя бы один шпангоут.

Рассмотрение графика показывает, что между величинами l_d и L существует положительная корреляционная зависимость (иными словами, в среднем с ростом длины судна возрастает и протяженность ледовой пробоины). Поэтому по аналогии с методикой, положенной в основу базирующихся на вероятностном подходе международных Правил деления пассажирских судов на отсеки и требований части V Правил Регистра, далее при определении ледового индекса деления A_d используется случайная величина l_d/L .

На рис. 2 показаны кривые интегральной функции распределения относительной протяженности ледовых пробоин и пробоин, полученных протараненными при столкновениях судами по данным ИМО. Сопоставление этих функций показывает, что протяженность ледовых пробоин в среднем примерно в 5 раз меньше протяженности пробоин у судов, протараненных при столкновениях.

Можно отметить, что за последние десятилетия не было отмечено ни одного случая получения при столкновении со льдами столь протяженной пробоины, как пробоина протяженностью 0,35 L , полученная п/х «Титаник» при касании айсберга в 1912 г.

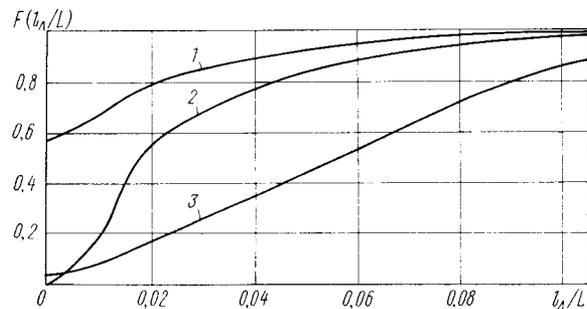


Рис. 2. Интегральная функция распределения относительной протяженности пробоины:

1 — все ледовые пробоины; 2 — ледовые пробоины, пересекающие хотя бы один конструктивный шпангоут; 3 — пробоины протараненных судов (по статистике ИМО)

Данные по глубине $b_{л}$ повреждений, полученных судами как при столкновениях со льдом, так и при ледовых сжатиях, показывают, что $b_{л}$ не превышает 0,6 м (рис. 3). Поэтому двойной борт любой практически возможной ширины является надежным средством обеспечения живучести судна при получении ледовых повреждений.

На рис. 4 приведены интегральные функции распределения случайных величин аппликат нижних и верхних кромок ледовых пробоин, отнесенных к осадке $d_{л}$ по летнюю грузовую марку¹. Рассмотрение функций распределения позволяет сделать вывод, что ледовые пробоины могут начинаться от основной плоскости, а верхняя кромка некоторых пробоин может достигать уровня 1,2 $d_{л}$. Эти данные следует принимать во внимание при выборе высоты двойного борта из условия эффективной защиты судна при получении ледовых повреждений.

При плавании во льдах наибольшее число ударов и повреждений корпуса приходится на носовую оконечность, что подтверждает

¹ Практически для всех судов, по которым были собраны статистические данные по элементам ледовых пробоин, осадка по летнюю грузовую марку соответствовала ватерлинии, от которой назначалась верхняя граница ледовых усилений корпуса.

ется результатами исследований и показанной на рис. 5 гистограммой распределения относительной абсциссы $x_{пл}/L$ ледовой пробоины. Можно отметить, что между распределением величины $x_{пл}/L$ транспортных и промысловых судов, получавших ледовые пробоины, заметной разницы нет.

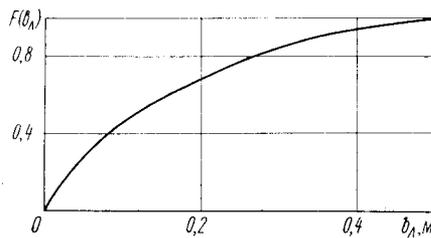


Рис. 3. Интегральная функция распределения глубины ледового повреждения

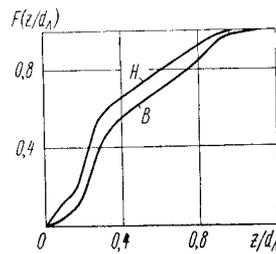


Рис. 4. Интегральные функции распределения относительных аппликат z нижних (H) и верхних (B) кромок ледовых пробоин

На рис. 5 приведен график плотности распределения величины $x_{пл}/L$, полученный путем линейно-кусочной аппроксимации гистограммы и используемый в дальнейшем в расчетной методике определения вероятностного ледового индекса $A_{пл}$ деления на отсеки.

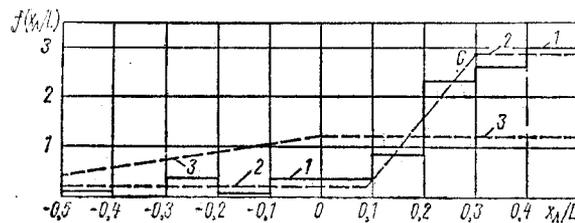


Рис. 5. Гистограмма и плотность распределения относительной абсциссы середины пробоины:

1 — гистограмма для ледовых пробоин; 2 — расчетная плотность распределения для ледовых пробоин; 3 — расчетная плотность распределения для пробоин протаранных судов, принятая в Правилах

Из рис. 5 следует, что на носовую треть длины судна приходится 83 % ледовых пробоин. Поэтому при проектировании судов арктического плавания необходимо в первую очередь заботиться об обеспечении непотопляемости при повреждении носовых отсеков.

Из физических соображений можно полагать, что точкалома в носу кривой плотности распределения величины $x_{пл}/L$ (точка C на рис. 5) должна находиться в районе перехода носового заострения к цилиндрической вставке. Собранный статистический мате-

риал не позволил численно определить влияние точки перехода к цилиндрической вставке на плотность $f(x_{\text{л}}/L)$. Вместе с тем расчеты показали, что варьирование положения точки C в разумных пределах слабо влияет на вероятность сохранения судна при получении ледовой пробойны.

Следует ожидать, что при ударах о лед носовая оконечность не только чаще повреждается, но и получает большие повреждения, чем средняя и кормовая часть судна. Обработка собранных статистических материалов показала, что средняя протяженность ледовых пробойн в носовой оконечности примерно в 3 раза больше, чем в других частях судна.

Приведенные на рис. 2—5 графики законов распределения размеров и местоположения ледовых пробойн использованы при выводе расчетных формул для определения вероятностей $W_{\text{л}}$ затопления отсеков, ограниченных поперечными переборками, и вероятностей $r_{\text{л}}$ затопления отсеков, ограниченных горизонтальными водонепроницаемыми конструкциями, при получении ледовых пробойн.

Следует отметить, что в формулах для определения вероятностей $W_{\text{л}}$ не учтена корреляционная зависимость между случайными величинами $l_{\text{л}}$ и $x_{\text{л}}/L$. Специально выполненные расчеты показали, что эта корреляционная зависимость чрезвычайно слабо влияет на значение индекса $A_{\text{л}}$. Учет же ее неоправданно усложнил бы расчетные формулы.

3.2. Ввиду того, что загрузка судов арктического плавания с каждым годом приближается к загрузке обычных судов, вероятность S сохранения судна при затоплении отсека вследствие ледовой пробойны целесообразно принимать той же, что и при получении навигационной пробойны, т. е. величину $S = cs$ можно определять по формулам, приведенным в действующих Правилах.

Поскольку, как уже указывалось, при эксплуатации в ледовых условиях осадка судна не должна превышать осадки $d_{\text{л}}$ по ватерлинию, от которой установлена верхняя граница ледовых усилений корпуса, осадка $d_{\text{л}}$ принимается в качестве осадки деления судна на отсеки при проверке ледовой непотопляемости. Поэтому при расчете величин s предельные длины отсеков l_f^1 , дедвейт судна DW и его водоизмещение Δ определяются для осадки $d_{\text{л}}$.

4. Требуемый ледовый индекс $R_{\text{л}}$ принят равным $\sqrt[5]{R}$, где R — требуемый индекс деления действующих Правил, определенный применительно к навигационным (не ледовым) пробойнам.

Для грузовых транспортных судов в формуле $R_{\text{л}} = \sqrt[5]{R}$ значение R определяется по формулам (2.3.1.3) и (2.3.1.4) части V Правил, в том числе и для судов категории УЛА.

Соотношение между индексами $R_{\text{л}}$ и R учитывает взаимосвязь вероятности получения водотечных ледовых повреждений при

¹ Предельные длины отсеков l_f определяются при расчетном коэффициенте проицаемости, равном 0,8.

плавании в Арктике и вероятности получения навигационной пробоины при плавании на чистой воде.

Поскольку для промысловых судов при определении индексов A и R учитывались и имеющие повышенную частоту пробоины, связанные с неудачными швартовками в море, степень корня в соотношении индексов $R_{д}$ и R промысловых судов снижена с 5 до $4(R_{д} = \sqrt[4]{R})$.

4.1. При детерминированной проверке ледовой непотопляемости в отношении аварийной остойчивости и посадки при затоплении заданного числа смежных отсеков расчетная относительная длина l_p/L пробоины принята равной относительной длине ледовой пробоины, имеющей 10 %-ную обеспеченность, $F(l_p/L) \approx 0,9$ (см. рис. 2).

С учетом повышенной частоты получения ледовых повреждений принятая расчетная длина ледовой пробоины с вероятностной точки зрения соответствует 50 %-ной обеспеченности протяженности пробоины, получаемой судном при таране другим судном. Согласно материалам ИМО, последняя величина примерно равна расчетной длине повреждения ($3 \text{ м} + 0,03 L$), принятой в СОЛАС и соответственно в части V Правил.

В связи с тем, что в носовой части в среднем длина ледовой пробоины в 3 раза больше, чем в остальных районах судна, соответственно различной назначена расчетная протяженность ледовой пробоины для двух участков длины судна.

4.2. Расчетная глубина ледовой пробоины принята равной 0,76 м с учетом собранных статистических материалов и унификации размеров расчетной пробоины, принятой в международных кодексах безопасности газозовов и химовозов.

4.3. Расчетный размер ледовой пробоины по вертикали ($0,2 d_{д}$) принят равным высоте ледовой пробоины, имеющей 10 %-ную обеспеченность, т. е. ту же, что и расчетный размер длины ледовой пробоины.

Расчетная зона расположения ледовой пробоины по высоте корпуса ($0-1,2d_{д}$) принята исходя из анализа собранных статистических материалов (см. рис. 4).

5. Число смежных отсеков (1 или 2), при затоплении которых следует обеспечивать аварийную остойчивость и плавучесть, назначено в предлагаемых требованиях с учетом опасности последствий потопления судов различных типов и реальных возможностей достижения заданного уровня непотопляемости. При этом принималась во внимание целесообразность устройства двойного борта, в том числе с целью обеспечения ледовой непотопляемости.

5.1. Формально новые требования не распространены на ледоколы. Требования действующих Правил к обеспечению двухотсечного стандарта непотопляемости ледоколов длиной свыше 75 м и необходимость наличия двойного борта на ледоколах длиной 50—75 м в тех районах, где не обеспечена непотопляемость при затоплении двух смежных отсеков в случае получения расчетной

навигационной пробоины, приводят к заведомому выполнению новых требований к непотопляемости при получении расчетной ледовой пробоины в любом месте корпуса ледокола.

5.2. Грузовые транспортные суда категории УЛА неограниченного района плавания при эксплуатации в антарктических ледовых условиях должны иметь осадку не большую, чем осадка, при которой обеспечена двухотсечная ледовая непотопляемость. Предполагается, что при плавании в Арктике эти суда могут иметь большую осадку, применительно к которой:

обеспечена одноотсечная непотопляемость (при получении расчетной неледовой и ледовой пробоины);

выполнены условия $A \geq R$ и $A_{л} \geq R_{л}$ и

обеспечено выполнение требования к возвышению над ватерлинией верхней границы ледовых усилений корпуса судна класса УЛА.

Предъявление более жестких требований к непотопляемости судов класса УЛА при плавании в Антарктике объясняется тем, что такие суда в южных полярных водах либо плавают в одиночку, либо обеспечивают эксплуатацию судов с более слабыми ледовыми подкреплениями. При повреждении такого судна в Антарктике оказание ему помощи связано с большими трудностями.

6. Новые требования к ледовой непотопляемости не заменяют, а дополняют требования действующих Правил деления морских судов на отсеки. С тем исключением, что действующие Правила в отношении обеспечения непотопляемости при получении навигационной (не ледовой) пробоины предлагается изменить для грузовых транспортных судов категории УЛА (см. 5.2).

Введение новых требований позволит применительно к ледовым условиям эксплуатации повысить безопасность плавания ряда судов при более свободном выборе схемы деления судна на водонепроницаемые отсеки.

ПОЯСНЕНИЯ К ПРАВИЛАМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ СУДОВ С ДИНАМИЧЕСКИМИ ПРИНЦИПАМИ ПОДДЕРЖАНИЯ РЕГИСТРА СССР

**Отменено в связи
с потерей актуальности**

ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

Регистр — Регистр СССР
СДПП — суда с динамическими принципами поддержания
СПК — суда на подводных крыльях
СВП — суда на воздушной подушке
Кодекс — Кодекс безопасности СДПП ИМО
Рабочая группа — специальная Рабочая группа Подкомитета ДЕ ИМО по разработке Кодекса
Правила — Правила классификации и постройки морских судов Регистра СССР
Правила Ки — Правила по конвенционному оборудованию морских судов Регистра СССР
Правила Гм — Правила о грузовой марке морских судов Регистра СССР
Правила СДПП — Правила обеспечения безопасности СДПП
См. с. ... — если нет названия документа, это означает страницу настоящих пояснений
НДУ — наилучшие допускаемые условия

ВВЕДЕНИЕ

О том, чтобы поднять корпус судна над поверхностью воды с целью уменьшения сопротивления движению, увеличения его скорости и повышения мореходности, люди задумывались еще в XIX веке. Претворение в жизнь этой идеи началось практически в XX веке. Но лишь в 30-е годы, когда промышленностью стали изготавливаться легкие конструкционные материалы на базе алюминия и магния и был освоен выпуск легких и мощных двигателей внутреннего сгорания, суда с динамическими принципами поддержания, т. е. суда на подводных крыльях и суда на воздушной подушке, получили относительно широкое развитие¹.

В СССР пассажирские суда на подводных крыльях начали строиться в 50-е, а на воздушной подушке — в 60-е годы.

Опыт проектирования отечественных судов на подводных крыльях (морские СПК типа «Стрела», «Комета» и «Тайфун») показал, что эти принципиально новые суда не могут быть созданы, если на них полностью распространить требования действовавших в то время правил Регистра, поскольку они отражали требования конвенций по охране человеческой жизни на море и о грузовой марке, а также практику проектирования и эксплуатации только традиционных, т. е. водоизмещающих судов. Оказалось, что на СДПП невозможно выполнить практически все требования этих правил, предъявляемые к материалам, противопожарной защите, судовым устройствам, снабжению, спасательному и навигационному оборудованию. В значительном объеме невозможно было удовлетворить требования к механизмам, механическим установкам, электрооборудованию и т. д.

Требования к прочности и конструкции корпуса не могли быть распространены на эти новые пассажирские суда потому, что природа внешних сил, действующих на СДПП, иная, чем у водоизмещающих судов. По той же причине требования к остойчивости оказались недостаточными.

Аналогичное положение, видимо, создалось и в других государствах и классификационных обществах. Вследствие того, что СДПП во многих странах начали применяться для международных перевозок пассажиров, а они не удовлетворяли требованиям указанных конвенций, Подкомитет по проектированию и оборудованию судов (ДЕ) ИМО в 1970 г. был вынужден создать специальную рабочую группу, которой было поручено разработать

¹ К СДПП, т. е. к судам, вес или значительная часть веса которых на эксплуатационном режиме уравнивается не гидростатическими силами, относятся также глиссеры и экранопланы. Так как такие суда для морских перевозок пассажиров в СССР не использовались, требования к ним Регистр не разрабатывал.

основные международные требования к пассажирским СДПП¹. Эти требования были сформулированы в Кодексе безопасности СДПП, который был одобрен Подкомитетом ДЕ и Комитетом безопасности на море.

14.11.1977 г. Ассамблея ИМО резолюцией А.373(X) приняла текст Кодекса безопасности и призвала все заинтересованные правительства предпринять соответствующие шаги к тому, чтобы Кодекс был введен в действие не позднее 31.12.1979 г. В пункте 1.2.3 Кодекса безопасности указано: «Применение Кодекса администрациями должно осуществляться через более подробные национальные правила, разработанные с полным охватом настоящего Кодекса».

Правила обеспечения безопасности пассажирских судов с динамическими принципами поддержания, разработанные во многом на основе Кодекса, были изданы Регистром СССР в 1980 г. и вступили в силу с 1 января 1981 г. Дополнения и изменения № 1 к этим Правилам вышли в 1984 г. и вступили в силу с 1 января 1985 г.

Правила СДПП распространяются только на пассажирские СДПП. При необходимости распространить их на СДПП другого назначения следует руководствоваться п. 1.1.3 Правил СДПП и п. 1.3.2 Кодекса.

ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СКОРОСТНЫХ ПАССАЖИРСКИХ СДПП, ВЫЗВАВШИЕ НЕОБХОДИМОСТЬ РАЗРАБОТКИ ДЛЯ НИХ СПЕЦИАЛЬНЫХ ПРАВИЛ И ОБУСЛОВИВШИЕ СПЕЦИФИКУ ТРЕБОВАНИЙ К НИМ

Для того, чтобы судно могло оторваться от поверхности воды и двигаться в таком положении, потребовалось создать специальные устройства, обеспечивающие это, и резко увеличить энерговооруженность судна. Так, относительная энерговооруженность судна в эксплуатационном режиме², л. с., а Δ — полное водоизмещение, т) составляет для СДПП — 40—60 л. с./т [33—45 кВт/т], для водоизмещающих судов — 0,4—1 л. с./т [0,3—0,8 кВт/т]. Только при такой высокой энерговооруженности можно,

¹ В состав Рабочей группы Подкомитета ДЕ вошли делегации государств, проявивших наибольшую заинтересованность в создании такого документа, а именно: СССР, Англии и Норвегии. В Рабочую группу вошли также делегации Канады, Италии, США, Франции и ФРГ. На своих семи сессиях, которые проходили в Англии, Канаде, Италии и СССР, были выработаны основные требования, составившие текст Кодекса. Первоначально этот документ предполагалось назвать Кодексом безопасности судов нового типа (Novel Craft). По инициативе делегации СССР, которая отражала мнение многих советских судостроительных организаций, при окончательном редактировании текста на последней сессии рабочей группы в 1976 г. документу было присвоено название «Код безопасности судов с динамическими принципами поддержания».

² Эксплуатационный режим — режим движения на воздушной подушке у СВП и на крыльях — у СПК.

например, для СПК обеспечить относительную скорость $Fr_{\Delta} \geq 3^*$, при которой возможно движение на крыльях. (У водоизмещающих судов на эксплуатационной скорости $Fr_{\Delta} = 0,4 \div 0,6$).

Высокая относительная энерговооруженность N/Δ может быть достигнута как за счет увеличения мощности двигателей, так и путем всемерного уменьшения водоизмещения судна. На СДПП применяются двигатели, у которых отношение массы к их мощности составляет около 1 кг/л. с. У таких легких двигателей, обладающих приемлемым ресурсом, мощность по ряду причин в настоящее время ограничена известным пределом. Это относится к дизельным и турбинным двигателям, в массу которых включается масса редукторов. Кроме того, неограниченное увеличение мощности энергетической установки не оправдано экономически, о чем будет сказано далее.

Повысить относительную энерговооруженность СДПП оказалось возможным главным образом за счет уменьшения его водоизмещения. Поскольку дедевейт задается, уменьшение водоизмещения судна могло быть достигнуто за счет уменьшения массы корпуса, судовых устройств, оборудования помещений, изоляции, электро- и навигационного оборудования, снабжения и т. д. Так остро вопрос рационального проектирования с точки зрения уменьшения веса конструкций устройств, оборудования, механизмов, трубопроводов, приборов и т. п. в традиционном транспортном судостроении не стоит. Этим и объясняется то обстоятельство, что в 1960—1970 гг. большинство требований Конвенции ИМО и правил классификационных обществ, в том числе и Регистра СССР, оказались практически невыполнимыми на СДПП.

Типичная кривая зависимости сопротивления движению от скорости для СДПП приведена на рис. 1, а; для водоизмещающих судов — на рис. 1, б. На этом рисунке: Δv — падение скорости вследствие возрастания сопротивления; ΔT — запас тяги; v_{\min} — минимальная устойчивая эксплуатационная скорость (при $N_{\text{эксп}}$); v_{\max} — максимальная эксплуатационная скорость (при N_{max}).

Сопоставление характера кривых сопротивления, приведенных на рисунке, показывает следующее:

для СДПП характерен «горб» на кривой сопротивления;

на кривой сопротивления СДПП четко заметно окончание водоизмещающего и переходного режимов и начало эксплуатационного режима;

сопротивление СДПП в водоизмещающем режиме значительно выше, чем у водоизмещающих судов. Это обусловлено специальной формой корпуса СДПП и наличием развитых выступающих частей: крыльев, валов, кронштейнов, гибких ограждений и т. д. Поэтому эксплуатация СДПП на этом режиме экономически не оправдана, а на переходном режиме опасна вследствие того, что

* $Fr_{\Delta} = v/\sqrt{g\Delta}$ — число Фруда по водоизмещению, где v — скорость в м/с, а g — ускорение свободного падения.

на нем остойчивость судна уменьшается, а двигатели работают практически на внешней характеристике;

после преодоления горба сопротивления скорость СДПП резко возрастает до минимально устойчивой скорости эксплуатационного режима v_{\min} . Эксплуатировать судно на скоростях, промежуточных между скоростью преодоления горба сопротивления и

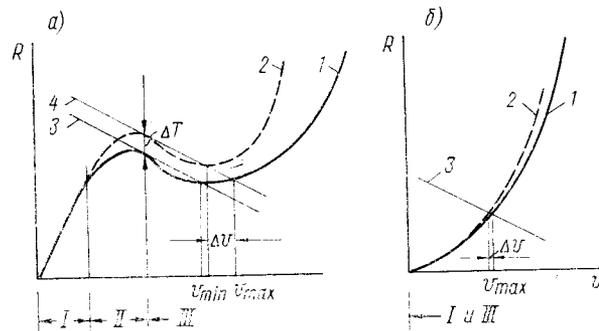


Рис. 1. Зависимость сопротивления движению от скорости для СДПП (а) и для водоизмещающих судов (б):

1 — кривая сопротивления на тихой воде; 2 — кривая сопротивления, возросшего под влиянием волнения и воздействия ветра или суммарного воздействия этих факторов; 3 — тяга двигателя при мощности, необходимой для преодоления горба сопротивления и достижения эксплуатационной скорости; 4 — тяга двигателя при максимальной мощности; I — водоизмещающий режим; II — переходный режим, который характеризуется очень напряженной работой (затрачивается большая мощность при относительно малых оборотах) двигателей и уменьшенном остойчивости судна. Поэтому этот режим должен быть минимально кратковременным; III — эксплуатационный режим

v_{\min} , невозможно, так как при уменьшении мощности СДПП сразу перейдет на режим преодоления горба сопротивления, переходный или водоизмещающий режим;

при подаче на движители полной или максимальной мощности (N_{\max}) скорость СДПП достигает v_{\max} .

Как для водоизмещающих судов, так и для СДПП при заданном водоизмещении существует некоторый предел для v_{\max} , превышение которого нерационально, так как дальнейшее увеличение скорости связано с экономически неоправданным увеличением мощности механической установки.

Если при возрастании сопротивления движению СДПП вследствие увеличения водоизмещения, влияния волнения, обрастания или других причин будет исчерпан запас тяги ΔT , то судно не сможет преодолеть горб сопротивления при наступлении НДУ и двигаться в эксплуатационном режиме, т. е. перестанет быть СДПП. Поэтому СДПП обязательно должны иметь некоторый запас тяги движителей.

Для того, чтобы обеспечить необходимый запас тяги, $N_{\text{экс}}$ должна быть меньше N_{\max} по крайней мере на 10% * ($N_{\text{экс}} \geq$

* Эта цифра средняя и должна уточняться по данным модельных испытаний.

$\geq 0,9N_{\max}$). Следовательно, приведенные на с. 70 значения относительной энерговооруженности для СДПП должны быть обеспечены при $N_{\text{экс}}$. При этом не должно быть допущено увеличения водоизмещения судна по сравнению с расчетным. Последнее, как это уже указывалось, может быть достигнуто, учитывая, что дедевейт задан, лишь путем применения оптимальных в весовом отношении (т. е. без излишних запасов прочности) конструктивных решений, а также установки на судно возможно более легкого оборудования. Поскольку специально для СДПП механические установки, как правило, не создаются, на них устанавливаются серийные двигатели.

Таким образом, при заданных дедевейте и механической установке для обеспечения расчетного водоизмещения при разработке проекта СДПП приходится проводить жесточайшую экономию веса во всех статьях нагрузки судна. Точно так же при постройке СДПП должны осуществляться соответствующие мероприятия, которые гарантировали бы отсутствие перевеса готового судна. При сопоставлении СДПП с водоизмещающими судами представляют интерес также следующие данные.

Отношение веса судна Δ к его сопротивлению R называется качеством: $K = \Delta/R$. У пассажирских СДПП на эксплуатационном режиме $K = 12 \div 14$ (у пассажирских самолетов $K = 16$, у водоизмещающих судов $K = 250 \div 450$). Увеличение сопротивления судна ($\Delta R = \delta \Delta / K$) при возрастании водоизмещения на 1 т ($\delta \Delta = 1000$ кг) составит у СДПП 70—85 кг, у водоизмещающих судов 2—4 кг.

На СДПП в целом, его корпус и связи корпуса, поскольку судно движется с относительно большой скоростью над поверхностью воды, действуют силы, природа которых в этом режиме (а у СПК и в переходном режиме) отлична от сил, действующих на водоизмещающее судно, особенно тихоходное. Для последнего характерно близкое к статическому приложении сил, в то время как для СДПП в эксплуатационном режиме на волнении характерно их динамическое действие. Вследствие большой скорости движения повторяемость этих близких к ударным динамическим нагрузкам увеличивается. Поэтому для СДПП вопросы усталости и устранения концентраций напряжений стоят более остро, чем для традиционных судов.

Важным для СДПП является также прочность и надежность устройств, обеспечивающих подъем судна над поверхностью воды. По соображениям массы сталь не может быть применена как основной материал для корпуса быстроходных пассажирских СДПП, для которых рентабельность, т. е. высокая скорость при НДУ (см. п. 1.2.2 Правил СДПП) и одновременно максимальный дедевейт, является определяющим фактором их эксплуатации. Вследствие сказанного требования к прочности и конструкции корпуса, предъявляемые Регистром к традиционным судам, не могли быть применимы к СДПП.

Наличие у СДПП переходного режима, при котором уменьшается остойчивость судна, особенности архитектуры, относительно

малые размеры СДПП, а также ряд других особенностей обусловили невозможность применения полностью традиционных требований Регистра к остойчивости и делению на отсеки.

Требования Регистра к пожарной безопасности традиционных судов не применимы к СДПП по соображениям массы. Как уже указывалось, на СДПП устанавливаются легкие двигатели, которые в практике постройки традиционных судов в качестве главных двигателей не применялись.

По соображениям уменьшения массы, а также из-за относительно небольших размеров самого судна на СДПП не могли быть размещены спасательные средства в том объеме и того типа, которые предписывались Конвенцией и правилами для традиционных судов.

Приведенные выше некоторые из основных особенностей СДПП определили необходимость разработки специальных требований Регистра к этим судам. Эти требования, отразив специфику пассажирских СДПП, должны были гарантировать судну, находящимся на нем людям и грузу приемлемую безопасность и не привести к уменьшению дедевейта, при котором эксплуатация скоростных СДПП стала бы экономически невыгодной, и к увеличению водоизмещения судна, вследствие которого был бы исчерпан запас тяги, и СДПП не смогло бы двигаться в эксплуатационном режиме при заданном волнении.

УСЛОВИЯ ЭКВИВАЛЕНТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Невозможность распространения на СДПП требований правил классификационных обществ, сравнительно высокая скорость движения, наличие устройств, обеспечивающих отрыв корпуса судна от воды, другая, по сравнению с водоизмещающими судами, природа сил поддержания на эксплуатационном режиме и сил, действующих на корпус, новая архитектура судна и, наконец, жесткая необходимость экономии массы требовали нового подхода к обеспечению приемлемой безопасности этих судов.

В результате дискуссии специальная Рабочая группа Подкомитета ДЕ ИМО пришла к заключению, что уровень безопасности СДПП будет равноценен уровню безопасности, предписываемому Конвенцией по охране человеческой жизни на море и Конвенцией о грузовой марке для обычных водоизмещающих судов, при соблюдении требований Кодекса и следующих условий¹:

1. Протяженность рейсов должна быть ограничена (т. е. СДПП могут эксплуатироваться только на конкретных линиях, имеющих надлежащую навигационную обстановку, расположенных в районе базового порта и располагающих местами убежища, которые удовлетворяют требованиям п. 1.2.1 приложе-

¹ Далее приводятся формулировки условий, взятые из Кодекса, а в скобках — конкретизация их.

ния к Правилам СДПП, а также Классификационному свидетельству судна).

2. Удаленность СДПП от места убежища будет приемлемой (т. е. суда будут удаляться от места убежища на расстояние, указанное в Классификационном свидетельстве, но не далее чем на 100 миль).

3. На судне должны быть предусмотрены достаточные средства связи, которые при любой аварии судна могут обеспечить возможность быстрого оповещения базового порта о случившемся.

4. На судне должна быть предусмотрена возможность быстрой эвакуации людей в спасательные средства.

5. Число пассажиров не должно превышать 450, и все они должны быть обеспечены только местами для сидения. Спальные места не должны предусматриваться.

6. В районе эксплуатации СДПП должен иметься базовый порт, располагающий:

.1 надлежащими средствами связи или доступом¹ к средствам, которые обеспечивают постоянную радиосвязь с СДПП в течение всего времени нахождения его в море, портах или других местах стоянок;

.2 средствами получения надежного прогноза погоды и сведений об изменении ее для района эксплуатации СДПП, а также средствами своевременной передачи этих сведений всем работающим судам с тем, чтобы они, используя свою скорость, могли прийти в место убежища до наступления ненастья;

.3 находящимися в постоянной готовности средствами быстрого поиска терпящих бедствие СДПП и спасания находящихся на них людей или доступом к таким средствам;

.4 средствами технического обслуживания, осмотра и иного контроля за состоянием СДПП или доступом к таким средствам.

7. Должен быть установлен строгий контроль за эксплуатацией судна (т. е. контроль за соблюдением организационно-технических и режимных мероприятий).

Эти положения и учет особенностей СДПП легли в основу разработки требований Кодекса безопасности СДПП, в котором впервые в практике ИМО предусматривались мероприятия по обеспечению безопасности судна, осуществляемые также береговыми средствами.

Если традиционные суда имеют у себя на борту все, что необходимо для обеспечения требуемого уровня безопасности, у СДПП в соответствии с Кодексом только часть мероприятий по безопасности осуществляется на судне, а другая обеспечивается средствами базового порта, в районе которого судно работает. Таким образом, только комплексное выполнение мероприятий, осуществляемых на судне и базовым портом, может обеспечить надлежащую безопасность эксплуатации пассажирских СДПП.

¹ Под доступом понимается наличие у базового порта надежной возможности использовать средства других организаций.

ПРАВИЛА СДПП И ПРАВИЛА КЛАССИФИКАЦИИ И ПОСТРОЙКИ МОРСКИХ СУДОВ

Некоторые требования к СПК имелись в Правилах классификации и постройки морских судов еще до выпуска Правил СДПП. Так, часть XVII «Конструкция и прочность судов на подводных крыльях» вошла в Правила издания 1977 г.

После того как Ассамблея ИМО рекомендовала уже в 1980 г. ввести в действие Кодекс, Регистром было принято решение о разработке Правил СДПП. При этом возник вопрос: вводить ли требования к этим судам в Правила или оформить их отдельным выпуском, но так, чтобы Правила СДПП были составной частью Правил.

Учитывая специфику СДПП, и для удобства пользования, а также с целью не загромождать Правила было принято решение издать Правила СДПП отдельным выпуском.

Правила СДПП разработаны на базе Кодекса и являются его развитием с учетом особенностей, характерных для нашей страны, традиций и знаний, накопленных в Регистре, МСП и ММФ.

В Правила СДПП вошли все требования, которые относились к СДПП и имелись уже в Правилах классификации и постройки морских судов и Правилах по конвенционному оборудованию морских судов, изданных в 1977 г. Был учтен опыт, накопленный к 1980 г. Регистром, по надзору за проектированием, постройкой и эксплуатацией СДПП.

Разработке Правил СДПП предшествовал анализ имевшихся в ГУ Регистра материалов других классификационных обществ, содержащих требования к таким судам.

При разработке требований Правил СДПП учитывались особенности пассажирских СДПП, в том числе необходимость всемерного уменьшения массы всего, что устанавливается на эти суда.

Чтобы обратить внимание на органическую связь Правил СДПП с Правилами классификации и постройки и Правилами по конвенционному оборудованию морских судов, в Правилах СДПП предусмотрены пп. 1.1.4 и 1.1.5, в которых указывается, что на СДПП распространяются:

Общие положения о надзорной деятельности Регистра в той мере, в какой они применимы к подобного рода судам, если иное не оговорено в Правилах СДПП;

Правила классификации и постройки и Правила по конвенционному оборудованию морских судов в той мере, в какой это оговорено в каждой главе Правил СДПП.

Правила СДПП с учетом сказанного в отношении Правил классификации и постройки и Правил по конвенционному оборудованию морских судов практически охватывают все положения и требования Кодекса.

Правила СДПП содержат три главы и приложение:

1. Общие положения.

2. Классификация и постройка.

3. Спасательные и сигнальные средства, радио- и навигационное оборудование.

Приложение: Организационно-технические и режимные мероприятия и требования по обеспечению безопасности СДПП в эксплуатации.

Требованиями, содержащимися в разд. 1, 2 и 3, Регистр руководствуется в своей надзорной деятельности.

Комплекс организационно-технических и режимных мероприятий, изложенных в приложении к Правилам СДПП, обеспечивает и контролирует судовладелец.

Особенностью проведения надзора за эксплуатацией СДПП является то обстоятельство, что Регистр выдает на СДПП Свидетельство о годности к плаванию только при наличии, помимо других документов, «Подтверждения о готовности судовладельца к эксплуатации СДПП», которое предоставляет Регистру судовладелец.

Чтобы упростить пользование Правилами СДПП, вторая цифра в нумерации разделов второй главы Правил СДПП соответствует частям Правил классификации и постройки морских судов.

Правила СДПП относятся только к пассажирским судам. Ни в СССР, ни в других странах скоростные грузовые СДПП или скоростные СДПП другого назначения не строились и не эксплуатировались. Таким образом, ко времени разработки Кода и Правил СДПП отсутствовала потребность в распространении их на какие-либо скоростные СДПП, кроме пассажирских.

Появившиеся платформы на воздушной подушке для перевозки грузов буксируются или эксплуатируются на малых скоростях и на них не нужно преодолевать горб сопротивления (см. рис. 1). Поэтому при их проектировании требование к уменьшению массы не стоит так остро, как при создании скоростных СВП. Поскольку грузовые платформы на воздушной подушке не подпадают под 1.1.1 Правил СДПП, на них распространяется 1.1.2 этих Правил.

ПОЯСНЕНИЯ К НЕКОТОРЫМ ТРЕБОВАНИЯМ ПРАВИЛ СДПП

При разработке всех требований к конструкциям, оборудованию и снабжению учитывалось требование максимально допустимого уменьшения их массы. Поэтому эта мысль, как правило, в пояснениях к требованиям вторично не приводится.

1.1. Общие положения

1.1.1. Значение мощности 55 кВт [75 л. с.] заимствовано из п. 1.1.4 Общих положений Правил и распространено на суммарную мощность главных двигателей и воздушных нагнетателей,

так как другого обоснованного ее значения не было, а это значение указано в Кодексе торгового мореплавания.

1.1.1.1. Ограничение пассажировместимости числом 450 заимствовано из п. 1.3.1 Кода и не имеет иного обоснования, кроме того, что ко времени окончания составления Кодекса в Англии предполагалось создание СВП такой пассажировместимости.

1.1.1.2. Ограничение удаления от места убежища 100 милями заимствовано из п. 1.3.1 Кода и объясняется тем, что опыта эксплуатации СДПП при большем удалении ко времени составления Кода не было. Однако и такое удаление, назначенное умозрительно, вызвало опасение у членов Рабочей группы. Решено было все же принять удаление от места убежища 100 миль, учитывая, что Кодекс предусматривает обязательное выполнение организационно-технических и режимных мероприятий, которые включают в себя наличие в районе эксплуатации СДПП базового порта со службами погоды, постоянного оповещения об изменении ее, постоянной связи с СДПП, а также спасательными средствами, находящимися в постоянной готовности и способными оказать в случае аварии быструю помощь пассажирам СДПП.

1.4.5. Следует учитывать, что п. 1.4.5 Правил СДПП и п. 1.1.4 Кодекса не дают права конструкторам и эксплуатационникам при любом затруднении отступать от предписаний Кодекса и Правил СДПП. Тщательно аргументированные предложения об отступлениях от них должны быть заблаговременно согласованы с Регистром. При этом должно быть показано, что уровень безопасности на судне не снижается.

1.2. Определения и пояснения

1.2.2. Наихудшие допускаемые условия (НДУ) характеризуются теми предельными параметрами окружающей среды, при которых судно может длительно двигаться в эксплуатационном режиме (режиме движения на крыльях у СПК и на воздушной подушке у СВП), т. е. столько, сколько необходимо по регламенту его работы или, в предельном случае, до израсходования предусмотренного на судне запаса топлива. В эксплуатационном режиме на волнении, характеризуемом НДУ, движение СДПП должно быть устойчивым. Иными словами, движение не должно сопровождаться полной или частичной потерей подъемной силы, при которых корпус судна периодически садился бы на воду, т. е. переходил в переходный режим¹, или имели место резкие и опасные крены и дифференты.

Чтобы при НДУ движение было устойчивым, необходимо, в частности, чтобы механическая установка судна обеспечивала запас тяги (см. с. 72) у движителей. Для этого, например, необходимо, чтобы температура воздуха не была выше предела, оговоренного ТУ на двигатели.

¹ О недопустимости длительного движения на переходном режиме см. с. 72.

Так как эксплуатационный режим является тем режимом, на котором эксплуатация СДПП только и может быть экономичной, все на судне должно быть рассчитано на длительное воздействие нагрузок, соответствующих параметрам НДУ.

1.2.3. Поскольку состояние моря и атмосферы не одинаково в разных районах и, кроме того, само по себе не постоянно, очень трудно, двигаясь в эксплуатационном режиме и находясь на СДПП, уловить момент, когда судно начало входить в область с условиями, отличными от НДУ. На тот случай, когда судно попадает в более тяжелую обстановку, необходимо еще в проекте предусмотреть, чтобы при этом на нем не возникли аварийные ситуации (например, не была бы нарушена водонепроницаемость корпуса и закрытий отверстий). Для этого проектант должен назначить и согласовать с Регистром те предельные условия, попав в которые двигающееся в эксплуатационном режиме СДПП не оказалось бы в аварийном состоянии. Эти условия, более жесткие, чем НДУ, в Кодексе названы критическими проектными условиями (КПУ). Очевидно, что на СДПП, попавшем в КПУ, не должно возникнуть аварийного состояния. При КПУ судно вынуждено будет перейти в водоизмещающий режим, не получив при этом повреждений. Следовательно, прочность корпуса, надстроек, закрытий отверстий, а также остойчивость, управляемость и т. д. не должны быть нарушены при нагрузках, которые возникнут при наступлении КПУ. При КПУ судно не должно оказаться в аварийном состоянии и в водоизмещающем режиме.

2.1. Классификация

2.1.2.1. Знак автоматической стабилизации Ас проставляется в символе класса только тех СДПП, постоянство параметров движения которых (скорость, высота подъема корпуса над водой, крен, дифферент) в заданных пределах на эксплуатационном режиме, а также выход на него поддерживаются и осуществляются системой автоматике. Поэтому в системах, обеспечивающих стабилизацию судна в пространстве: системе автоматике и системе гидравлики исполнительных механизмов (за исключением самих силовых исполнительных механизмов) предусматривается дублирование, часто многократное. Силовые исполнительные механизмы практически трудно дублировать, поскольку это связано не только с увеличением массы, но и, главное, как например на СПК, с увеличением габаритов конструкций, находящихся в воде на эксплуатационном режиме, и, следовательно, с увеличением сопротивления движению судна. В систему автоматике закладывается программа, которая в случае неполадок в самой системе автоматике, системе гидравлики, а также в случае изменения параметров положения судна в пространстве свыше безопасных пределов переведет СДПП в водоизмещающий режим. Таким образом, неполадка с единичным силовым исполнительным механизмом не приведет к аварийной ситуации, учитывая, что оставшиеся

в исправном состоянии исполнительные механизмы могут осуществить посадку судна на воду. К обеспечению этого и направлены требования 2.15.2 Правил СДПП.

2.1.2.2. При назначении удаления от места убежища следует исходить из:

.1. количества топлива, которое, с некоторым запасом, должно обеспечить возможность судну на эксплуатационном режиме пройти расстояние вдвое большее, чем величина удаления;

.2. удовлетворения требований устойчивости;

.3. предусмотренных на судне спасательных средств;

.4. состава радиооборудования;

.5. состава навигационного оборудования;

.6. размеров судна и его типа.

При указании конкретной линии, на которой разрешается эксплуатация судна, следует учитывать наличие:

.1. базового порта, имеющего оборудование, оговоренное в п. 1.2.2.1 приложения к Правилам СДПП, и могущего осуществить свои функции по обеспечению безопасности СДПП на протяжении всей линии его эксплуатации;

.2. мест убежищ, отвечающих требованиям 1.2.7 Правил СДПП и п. 1.2.1 приложения к ним;

.3. обстановки и иного навигационного оборудования на ней

Так как обеспечение надлежащей безопасности на СДПП осуществляется как судовыми, так и береговыми средствами, понятие «район плавания» на эти суда не распространено, поскольку оно не предусматривает того, что было указано выше в отношении конкретной линии.

2.1.2.4.2. При назначении символа класса необходимо иметь в виду, что непотопляемость пассажирских СДПП должна обязательно обеспечиваться при затоплении не менее двух отсеков.

2.2. Конструкция и прочность корпуса

Раздел разработан ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова применительно к СПК и, с небольшими изменениями, заимствован из Правил издания 1977 г. Ко времени издания Правил СДПП требования к конструкции и прочности СВП еще не были сформированы институтом. Поэтому на СВП были распространены требования п. 2.2.1.1.4 к СПК в той мере, в какой это возможно и целесообразно. В дальнейшем разд. 2.2 Правил СДПП будет переработан ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова с учетом особенностей конструкции и прочности СВП.

2.3. Устройства, оборудование и снабжение

2.3.2.5. Для переходного режима расчет прочности рулевого устройства не производится, так как на нем не должно осуществляться маневрирование, поскольку разгон СДПП производится только тогда, когда по его курсу нет и не может быть помех.

2.3.2.13. Если при следовании на эксплуатационном режиме появится необходимость резко изменить курс, СДПП переходят в режим плавания. Инерция судна быстро гасится вследствие специфики обводов СДПП и развитых выступающих частей. Перекладка же руля при движении на эксплуатационном режиме, т. е. на большой абсолютной скорости, на угол более 10° может привести к срывному обтеканию руля или к значительному увеличению усилий в рулевом устройстве и неустойчивости движения судна. Все эти явления чрезвычайно неблагоприятны. Опыт работы СДПП показывает, что ограничение угла перекладки руля 10° на эксплуатационном режиме затруднений в управлении судном у плавсостава не вызывает.

2.3.3.1. При массе якоря менее 25 кг он может быть поднят одним человеком.

2.3.3.2. Порты, в которых эксплуатировались СПК, а также инспекции Регистра, наблюдавшие за ними, были запрошены о том, насколько удовлетворяет эксплуатационников масса якорей, которыми снабжены суда. Порты сообщили, что, по их опыту, имеющиеся на СПК станковые якоря удерживают их на волнении 4—5 баллов, т. е. на том волнении, которое превышает НДУ для судов типа «Комета».

Основываясь на этих данных и учитывая, что уменьшение массы имеет важное значение для СДПП, был назначен коэффициент в формуле, определяющей массу станкового якоря.

2.4. Остойчивость

2.4.13.1. Угол крена 8° представляет собой $2/3$ угла паники 12° и принят на том основании, что при 8° крена большинство людей еще не ощущают особого дискомфорта.

2.4.13.2. Величина 2 мин является предельным временем разгона и получена из практики эксплуатации СПК.

2.4.13.5. Пункт обращает внимание на то, что при одобрении проекта СПК должно быть обращено внимание на средства, исключаящие появление опасных кренов и дифферентов при столкновении с плавающими предметами. Если корпус СПК на эксплуатационном режиме находится высоко над водой, такими средствами могут быть дополнительные профилированные плоскости, на которых будут возникать восстанавливающие силы при крене, автоматы, которые переводят судно в водоизмещающий режим при возникновении кренов и дифферентов выше заданных, и т. п.

2.7. Механическая установка

2.7.4.3. Электрическая изоляция валов от корпуса судна, выполненного из алюминиевых сплавов, необходима для защиты от коррозии валов и корпуса. Это требование является развитием п. 9.6.3 Кода. Это практически выполняется на СПК, у которых кронштейны гребных валов снабжены, как правило, резиновыми подшипниками Гудрича.

НЕКОТОРЫЕ УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ НАДЗОРУ ЗА ПРОЕКТИРОВАНИЕМ, ПОСТРОЙКОЙ И ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ СДПП

Отменено в связи
с потерей актуальности

1.3. УСЛОВИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ СДПП

Надлежащий уровень безопасности СДПП может быть обеспечен только при комплексном выполнении требований, изложенных в Правилах обеспечения безопасности СДПП и приложениях к ним. Это соответствует основополагающей идее Кодекса (см. с. 74). Хотя организационно-технические и режимные мероприятия входят в компетенцию судовладельца, инспекции Регистра СССР, осуществляющие надзор за СДПП в эксплуатации, должны быть сами осведомлены о фактическом обеспечении судовладельцем оговоренного в пп. 2.2.1—2.2.5, 2.2.9 и 2.2.11 приложения к Правилам СДПП. Если требования этих пунктов нарушаются, инспекция обязана уведомить судовладельца об аннулировании действия свидетельства о годности к плаванию, выданного на СДПП.

Необходимо, чтобы инспекция Регистра СССР или инспектор, осуществляющие надзор за СДПП, ознакомились с расчетом, который выполнен судовладельцем и подтверждает возможность проведения спасательной операции спасательными средствами базового порта в приемлемое для данной конкретной линии время.

Если расчет вызовет сомнение или время подхода спасательного средства к СДПП, терпящему бедствие в самой удаленной от базового порта точке линии, на которой оно работает, будет неприемлемым, инспекция должна потребовать:

в первом случае: демонстрации спасательной операции без эвакуации пассажиров, если п. 3.1.1.1 Правил СДПП был выполнен на головном судне;

во втором случае: замены спасательного средства другим, более быстроходным.

1.4. Общие требования

1.4.1. При рассмотрении и согласовании с Регистром программы испытаний каждого головного СДПП должно быть обращено внимание на то, чтобы испытания подтвердили безопасность движения судна на эксплуатационном режиме при его спецификационных НДУ. Программа должна содержать испытания, кото-

рые дали бы исчерпывающие данные, оговоренные следующими пунктами Правил СДПП: 2.2.1.1.6; 2.3.2.10; 2.3.4.7; 2.3.7.9; 2.4.4.1.3; 2.4.9.1.1; 2.4.9.1.3; 2.4.9.1.4; 2.4.13.2; 2.4.13.4; 2.4.14.1.3; 2.4.14.1.4; 2.4.14.2.3; 2.4.14.2.4.1; 2.4.14.2.4.3; 2.15.2.5; 3.1.1.1.

Продолжительность испытаний с учетом обеспеченности их аппаратурой для замера параметров, характеризующих внешнюю среду и факторы, воздействующие на конструкции и оборудование судна, должна обеспечивать уверенность в правильности параметров НДУ, которые будут указываться в документах, выдаваемых Регистром как на головное, так и на все серийные суда.

Участие представителя или представителей Регистра в продолжение всех испытаний головного СДПП совершенно обязательно. На испытаниях по практическому подтверждению НДУ необходимо помнить, что у судов с автоматическим управлением подъемной силы устойчивость движения может нарушиться также вследствие неисправности системы автоматики.

1.4.2. Сказанное в отношении п. 1.4.1 полностью относится к параметрам волны и ветра, при которых в случае вынужденных обстоятельств СДПП может, как исключение, осуществлять движение в водоизмещающем режиме и которые должны быть указаны в инструкции по эксплуатации этих судов.

1.4.3. Нарушение устойчивости движения может свидетельствовать о появлении серьезных неполадок или дефектов на судне, которые, если их не устранить, могут привести к потере устойчивости хода и к сопровождающим ее опасным ударам корпуса о воду, опасным кренам и дифферентам. Поэтому при получении даже неофициальных сведений о нарушении устойчивости движения судна инспекция, осуществляющая надзор, должна незамедлительно потребовать выявления причин, вызвавших его. Если причина не очевидна или она не может быть устранена с уверенностью, что она не повторится, инспекция, несмотря на требования п. 1.5.11.2 Правил СДПП, должна официально уведомить судовладельца о прекращении действия документов, выданных на судно. После выявления и устранения судовладельцем причины, вызвавшей неустойчивость движения, должны быть проведены ходовые испытания с участием представителя Регистра, которые должны подтвердить отсутствие нарушений устойчивости движения судна. Документы Регистра могут быть возобновлены только на основании положительных результатов этих испытаний.

Особого внимания требует первое СДПП новой серии, поступившее под надзор инспекции. Поэтому при поступлении такого судна инспекции необходимо официально напомнить судовладельцу о требовании п. 1.5.11 Правил СДПП.

1.4.4. Инспекции, осуществляющей надзор за СДПП в эксплуатации, необходимо периодически, особенно в случае смены лиц, ответственных за выполнение требований, изложенных в приложении к Правилам СДПП, и за ремонт судов, напомнить судовладельцу о требованиях пп. 1.5.7 и 1.5.11.2 Правил СДПП.

1.5. Документы

1.5.7. В этом пункте говорится, что если какие-либо из организационно-технических или режимных мероприятий, указанных в приложении к Правилам СДПП, не выполняются или перестают выполняться, Подтверждение теряет силу. С потерей силы Подтверждения перестают действовать, в соответствии с п. 1.5.11, Свидетельства о годности к плаванию, выданные Регистром на все СДПП судовладельца. Поэтому инспекции Регистра или инспектору, осуществляющим надзор за СДПП, необходимо перед началом навигации или перед выдачей Свидетельств о годности к плаванию письменно предупреждать о требовании п. 1.5.7 представителя судовладельца, ответственного за выполнение требований, изложенных в приложении к Правилам СДПП.

2.1. Классификация и постройка

2.1.2.1. Очевидно, что надежность, как, впрочем, и работоспособность судна, имеющего в символе класса знак Ас, тем выше, чем меньше отказов в системах и механизмах, обеспечивающих стабилизацию судна в пространстве на эксплуатационном режиме. Поэтому такие СДПП требуют особо пристального внимания как со стороны судовладельца, так и со стороны Регистра. Уменьшить вероятность появления отказов в системах, обеспечивающих стабилизацию судна в пространстве, можно путем:

.1. тщательного квалифицированного обслуживания и ухода за системами, т. е. наличием в штате базового порта соответствующих специалистов, которые должны осуществлять систематическое выполнение указанного в разд. 12 приложения к Правилам СДПП;

.2. особенно тщательного освидетельствования оборудования и систем, указанных в табл. 2.1.3.1 с отметкой «К», так как при эксплуатации их свыше ресурса гарантированного изготовителем, вероятность отказов резко возрастает. Инспекциям, осуществляющим надзор за судами, имеющими в символе класса знак Ас, необходимо:

.2.1. требовать от судовладельца ведения журнала, в котором наряду с ресурсом, гарантируемым изготовителем, указывалось бы фактическое время наработки механизмов, приборов и систем, обеспечивающих автоматическую стабилизацию судна в пространстве, а также сведения о выполнении указанного в разд. 12 приложения к Правилам СДПП, в том числе и о замене отработавшего свой ресурс оборудования (1.4.4 Правил СДПП);

.2.2. знать содержание инструкции, указанной в 10.2 приложения к Правилам СДПП.

2.3. Устройства, оборудование и снабжение

2.3.7.3. У Регистра при одобрении чертежей, а затем при надзоре за постройкой должна быть уверенность в том, что нагрузки,

оговоренные в требованиях, не вызовут в конструкции закрытия и ее замках деформаций, которые могут нарушить водонепроницаемость закрытия. Поэтому целесообразно, чтобы, например, в чертежах закрытий таких палуб оговаривались соответствующие проверки в присутствии представителя Регистра.

2.5.3. Величина надводного борта

2.5.3.2. Если запас мощности будет меньше необходимого для преодоления горба сопротивления при НДУ, влияние неблагоприятных факторов (незначительное увеличение высоты волны или водоизмещения, обрастание и т. д.) приведет к тому, что судно не сможет двигаться в эксплуатационном режиме при наступлении установленных для него НДУ.

Также невозможно будет движение в эксплуатационном режиме при превышении температуры воздуха, так как при этом будет уменьшаться мощность дизелей, и т. д.

Таким образом, судно при малом запасе тяги вынуждено будет при возникновении НДУ двигаться в водоизмещающем режиме, который не является основным для СДПП. Поэтому проектант должен представить Регистру доказательство достаточности запаса тяги, так как при его недостаточности надводный борт должен быть увеличен.

ИНСТРУКЦИЯ ПО ПРОВЕРКЕ ДАЛЬНОСТИ ДЕЙСТВИЯ СУДОВЫХ РАДИОПЕРЕДАТЧИКОВ ГЕКТОМЕТРОВЫХ ВОЛН

Отменено в связи
с потерей актуальности

Инструкция разработана в дополнение и уточнение Правил по конвенционному оборудованию морских судов Регистра СССР¹ и может использоваться для проверки дальности действия радиопередатчиков гектометровых волн.

Инструкция вступила в силу с 01.06.1983 г. для строящихся (головных и серийных) и переоборудуемых судов.

Для проверки дальности действия указанных радиопередатчиков на судах в эксплуатации инспекторы Регистра СССР должны руководствоваться Правилами. В обоснованных случаях допускается руководствоваться Инструкцией.

Инструкция позволяет проверить обеспечение минимальной дальности действия судовых радиопередатчиков в диапазоне частот 410...512 кГц и на частоте 2182 кГц в режиме НЗЕ (АЗН) табличным методом без выхода судна в море и методом компарирования по ближней точке.

Табличный метод применим для судов с типовой архитектурой. Для судов необычной архитектуры (плавкраны, буровые установки, земснаряды, суда с динамическими принципами поддержания) проверка дальности действия радиопередатчиков проводится методом компарирования по ближней точке (на головных судах).

1. ТАБЛИЧНЫЙ МЕТОД

1.1. Условия применения табличного метода

1.1.1. Табличный метод проверки дальности действия судовых радиопередатчиков применим с учетом:

- архитектуры судов;
- типа антенны и ее размеров;
- условий измерения силы тока в основании антенны.

1.1.2. Табличный метод применим для следующих типов антенн: Г- и Т-образных²; наклонных лучей², штыревых, антенн-мачт.

¹ В дальнейшем Правила.

² Одно- и многолучевые, цилиндрические.

Для Г- и Т-образных антенн угол наклона горизонтальной части антенны к горизонту не должен превышать (-15°).

В случае превышения угла наклона следует применять метод компарирования по ближней точке.

1.1.3 Силу тока в основании антенны (в месте подключения антенны к антенному вводу) следует измерять термоамперметрами типа Т-14, Т-19 и им подобным.

При измерении силы тока антенн сопротивление изоляции антенно-фидерного тракта, измеренное у передатчика, должно соответствовать требованиям Правил.

1.1.4. Для исключения влияния близкорасположенных башенных кранов и подобных конструкций на электрические параметры антенн эти конструкции должны быть удалены от судна на расстояние не менее их высоты либо измерения следует проводить на рейде.

1.2. Порядок работы с таблицами

1.2.1. Порядок работы с табл. 1.

Табл. 1 предназначена для диапазона частот 410...512 кГц. В ней представлены минимально необходимые действующие значения силы тока в основании антенны для обеспечения дальности действия радиопередатчиков для расстояний 150, 100, 75, 50 и 25 морских миль в режимах излучений А2А (А2) и Н2В (А2Н).

Первоначально определяют дальность, которая требуется Правилами, затем вертикальную проекцию снижения антенны и длину горизонтальной части антенны. По этим данным находят необходимые значения силы тока. Далее производится измерение силы тока в основании антенны. Измеренные значения сравниваются со значениями силы тока, найденными по табл. 1.

Если измеренное значение силы тока в основании антенны больше табличного или равно ему, требуемая дальность действия обеспечивается, если меньше — не обеспечивается.

Одновременно с измерениями силы тока в основании антенны снимаются показания по индикатору тока антенны на передатчике. Для контроля при последующих освидетельствованиях следует вычислить коэффициент пропорциональности K , который позволяет определить показания индикатора, соответствующие току в основании антенны, обеспечивающему требуемую дальность. Коэффициент K определяется по формуле

$$K = I_{\text{инд. перв}} / I_{\text{а изм. перв}}, \quad I_{\text{инд. треб}} = K I_{\text{табл.}}$$

где $I_{\text{инд. перв}}$ — показания индикатора тока антенны на передатчике при первоначальном измерении силы тока в основании антенны; $I_{\text{а изм. перв}}$ — значение силы тока в основании антенны при первоначальном измерении; $I_{\text{табл.}}$ — необходимое значение силы тока в основании антенны по табл. 1.

Т а б л и ц а 1. Приближенное определение дальности действия радиотелеграфных передатчиков в диапазоне частот 410... 512 кГц в режиме излучения А2А (А2) и Н2В (А2Н)

Вертикальная проекция снижения антенны, м	Дальность действия, мили																									
	150					100					75					50					25					
	0	5	10	15	20	25	30	0	5	10	15	20	25	30	0	5	10	15	20	25	30	0	5	10	15	20
2																										
4	10,5	9,6	9,2	9,0	8,8	8,7	6,0	5,5	5,2	5,1	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
6	15,8	7,4	6,7	6,4	6,2	6,1	6,0	9,0	4,2	3,8	3,6	3,5	3,4	3,4	6,8	2,6	2,4	2,2	1,9	1,8	1,8	4,3	1,6	1,5	1,4	1,4
8	11,9	5,8	5,2	5,0	4,8	4,7	4,6	6,8	3,4	3,0	2,8	2,7	2,6	6,1	2,0	1,8	1,7	1,7	1,6	1,6	3,2	1,3	1,2	1,1	1,1	1,1
10	9,5	4,8	4,3	4,1	3,9	3,8	3,8	5,4	2,7	2,5	2,3	2,2	2,2	4,1	1,7	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3	2,6	1,1	1,0	0,9	0,9	0,9
12	7,9	4,1	3,7	3,5	3,4	3,3	3,2	4,5	2,3	2,1	2,0	1,9	1,8	3,4	1,4	1,3	1,2	1,1	1,1	1,1	2,1	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7
14	6,8	3,5	3,2	3,1	2,9	2,8	2,8	3,8	2,0	1,8	1,7	1,7	1,6	2,9	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,8	0,8	0,8	0,7
16	5,9	3,1	2,9	2,7	2,6	2,5	2,5	3,4	1,8	1,6	1,6	1,5	1,4	2,1	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5
18	5,3	2,8	2,6	2,5	2,4	2,3	2,2	3,0	1,6	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
20	4,7	2,6	2,4	2,2	2,2	2,1	2,0	2,7	1,5	1,4	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Действующие значения силы тока, А

Примечание. Дальность действия для антенн-мачт, антенн типов «наклонный луч», «наклонный цилиндр» и штывных определяется по графам, соответствующим нулевым значениям длины горизонтальной части антенны.

Данные, полученные при измерении тока, и вычисленный коэффициент должны быть записаны в Акте первоначального освидетельствования. Такая запись в дальнейшем позволяет осуществлять контроль по индикатору тока антенны передатчика, если антенна и фидерный тракт не изменялись.

1.2.2. Порядок работы с табл. 2.

По группе судна определяют требуемую дальность для радиотелефонного передатчика согласно Правилам, затем высоту от ватерлинии до антенного ввода и на пересечении находят группу с размерами антенн. По вертикальной и горизонтальной частям антенны определяют мощность, необходимую для обеспечения минимальной дальности действия. После этого измеряется мощность передатчика в эквиваленте антенны ($R_a=4$ Ом, $C_a=300$ пФ), подключенном на выходе фидерного тракта вместо антенны. Если измеренная мощность больше табличной или равна ей, требуемая дальность обеспечивается, если меньше — не обеспечивается.

1.2.3. Порядок работы с табл. 3.

По группе судна согласно Правилам определяют требуемую дальность действия широкополосного радиотелефонного передатчика, затем по вертикальной и горизонтальной частям антенны находят требуемую мощность для обеспечения дальности действия. После этого измеряют мощность передатчика в эквиваленте антенны ($R_a=75$ Ом), подключенном на выходе фидерного тракта вместо антенны. Если измеренная мощность больше табличной или равна ей, дальность, требуемая Правилами, обеспечивается, если меньше — не обеспечивается.

2. МЕТОД КОМПАРИРОВАНИЯ ПО БЛИЖНЕЙ ТОЧКЕ

2.1. Определение дальности действия судовых радиопередатчиков методом измерения напряженности электромагнитного поля производится при удалении судна от компараторного пункта на расстояние 1..15 морских миль на частоте радиопеленгования 410 кГц и частотах, близких к частоте вызова и бедствия 500 кГц, а также на частоте 2182 кГц. В случае необходимости проводятся дополнительные измерения на любой из рабочих частот диапазона 410..512 кГц.

2.2. Компараторный пункт должен находиться на пологом берегу вблизи от кромки воды на расстоянии 50..100 м от строений, вдали от линий электропередач, кабельных линий и линий проводной связи, антенных полей радиоцентров. Допускается установка компараторного пункта на открытой палубе вспомогательного судна, выделенного для измерений.

2.3. Радиотрасса между компараторным пунктом и судном не должна пересекаться сушей и проходить вдоль берега.

2.4. Напряженность поля рекомендуется измерять при волнении моря не более 1 балла.

Таблица 2. Приближенное определение минимальной дальности действия радиотелефонных передатчиков с резонансным выходом и широкополосных передатчиков с устройством согласования на частоте 2182 кГц в режиме излучения НЗЕ (АЗН)

Высота установки антенного ввода над ватерлинией, м	Вертикальная проекция снижения антенны, м	Дальность действия, мили											
		150						75					
		Длина горизонтальной части антенны, м											
		0	5	10	15	20	25	30	0	5	10	15	20
Минимально необходимая пиковая мощность, Вт													
4	2	*		350	250	200	75	45	*	60	35	25	25
	4		160	100	75	60	40	35	50	20	10	10	10
	6	200	75	55	45	40	30	30	20	10	5	5	5
	8	100	50	40	35	30	30	30	10	5	5	3	3
	10	60	40	35	30	30	30	25	5	5	3	3	2,5
	12	45	35	30	30	25	25	25	5	3	3	2,5	2,5
6	2	*		300	200	150	50	35	300	50	25	20	15
	4		150	80	65	55	35	30	40	15	10	10	5
	6	150	65	50	40	35	30	30	15	10	5	5	5
	8	75	45	35	35	30	30	30	10	5	5	3	3
	10	50	35	30	30	30	30		5	5	3		
	12	40	30	30	30		25		5	3			2,5
	14	35	30						3				

Высота установки антенного ввода над ватерлинией, м	Вертикальная проекция снижения антенны, м	Дальность действия, мли											
		150						75					
		Длина горизонтальной части антенны, м											
		0	5	10	15	20	25	30	0	5	10	15	20
Минимально необходимая пиковая мощность, Вт													
8	2	*	400	230	160	125	40	30	250	40	20	15	15
	4	350	110	70	60	50	35	30	35	10	10	5	5
	6	125	60	45	40	35	30	30	15	5	5	5	3
	8	65	40	35	30	30	30	30	10	5	3	3	
	10	45	35	30	30	30	30		5	3	3		
	12	35	30	30	30				3	3			
	14	30	30						3				
	16	30				25					2,5		
	18												
	20												
12	4	250	80	55	45	40	30	30	25	10	5	5	5
	6	90	50	40	35	30	30	30	10	5	5	3	3
	8	50	35	30	30	30	30		5	3	3		
	10	40	30	30					5	3			
	12	30	30						3				
	14	30											
	16	30				25					2,5		
	18												
	20												

Примечания: 1. Дальность действия для антенн-мачт, антенн типов «наклонный луч», «наклонный цилиндр» и штыревых определяется по графам, соответствующим нулевым значениям длины горизонтальной части антенны.

2. Звездочка означает, что мощность передатчика превышает допускаемую Регламентом радиосвязи.

2.5. Сопротивление изоляции судовых антенн при измерениях должно находиться в пределах норм Регистра СССР, а именно: для сухой погоды — не менее 10 МОм, для влажной погоды — не менее 1 МОм. При этом в момент измерений напряженности поля все остальные передающие антенны должны быть изолированы.

2.6. В качестве компаратора рекомендуется использовать измеритель напряженности поля FSM или BSM фирмы RFT (ГДР).

2.7. До начала измерений напряженности поля между специалистами компараторного пункта и судовым радиооператором согласовывается последовательность проведения работ и данные о передаче информации, необходимой оператору на компараторном пункте. Для этой цели должна быть обеспечена двусторонняя связь между судном и компараторным пунктом.

2.8. Последовательность проведения измерений

При удалении судна от места расположения компараторного пункта на 1...15 морских миль судовой оператор связывается с компараторным пунктом по радиотелефону и сообщает следующие данные: курс судна, пеленг на компараторный пункт, ток в основании антенны и сопротивление изоляции антенны к моменту измерения.

Ток в основании антенны измеряется термоамперметром типа Т-14, Т-19 или им подобным, включенным между антенным вводом и антенной. Радиооператор на судне по команде с компараторного пункта нажимает тангенту микрофона или ключ в течение 1 мин, затем пауза 30 с, и так повторяется до тех пор, пока не будет получен сигнал с компараторного пункта о переходе на

Таблица 4. Необходимая напряженность электромагнитного поля, создаваемая радиопередатчиками на расстояниях 1...15 миль, для обеспечения дальности действия согласно Правилам

Диапазон частот, кГц	Расстояния, на которых измеряется напряженность поля, мили	Дальность действия судовых передатчиков, мили				
		150	100	75	50	25
		Напряженность поля на расстояниях 1...15 миль, дБ				
410...512	1	81	76	73	69	62
	5	67	62	59	54	48
	10	61	56	53	48	42
	15	57	52	49	45	38
2182	1	79	—	68	—	—
	5	64	—	54	—	—
	10	58	—	47	—	—
	15	54	—	44	—	—

Примечание. Напряженность поля приведена в децибелах для удобства пользования измерительной аппаратурой.

другую частоту. Полученные в результате замеров данные напряженности электромагнитного поля сравнивают с соответствующими значениями напряженности, приведенными в табл. 4 или на рис. 1 и 2.

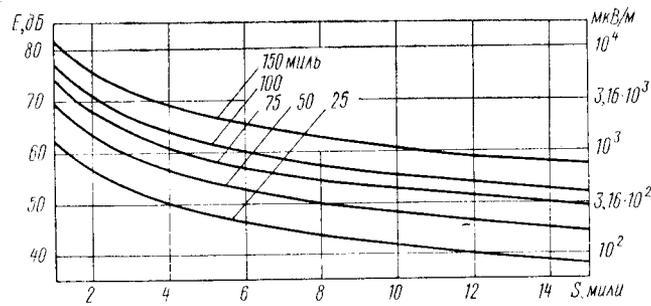


Рис. 1. Зависимость напряженности электромагнитного поля от расстояния для обеспечения дальности действия судовых передатчиков (согласно Правилам диапазон частот 410... 512 кГц)

В табл. 4 приведены значения напряженности электромагнитного поля на расстояниях, при которых обеспечивается норм поля в 50 и 25 мкВ/м в диапазоне частот 410...512 кГц и на частоте 2182 кГц соответственно.

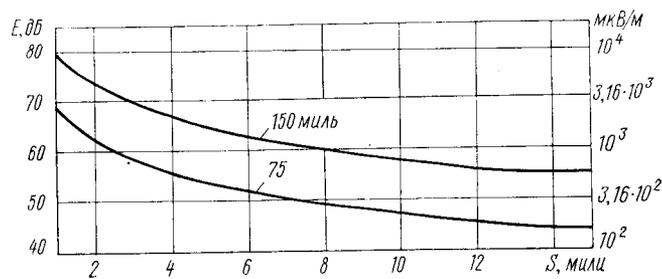


Рис. 2. Зависимость напряженности электромагнитного поля от расстояния для обеспечения дальности действия судовых передатчиков (согласно Правилам частота 2182 кГц)

Поскольку для разных типов судов требуется различная дальность радиосвязи, в табл. 4 приведены минимально необходимые значения напряженности поля для расстояний 25, 50, 75, 100 и 150 морских миль.

Если измеренные значения напряженности поля равны табличным или больше них, дальность радиосвязи обеспечивается, если меньше табличных — не обеспечивается.

ИНФОРМАЦИЯ РАЗРАБОТЧИКА ИНСТРУКЦИИ ПО ВОПРОСАМ ЕЕ ПРИМЕНЕНИЯ

1. Исключение влияния на электрические параметры антенн близкорасположенных металлоконструкций.

В случае невозможности удаления металлоконструкций от судна на расстоянии, равное длине такой конструкции, следует отвести судно на рейд и провести требуемое испытание на рейде.

2. Измерение силы тока в основании антенн-мачт или стеклопластиковых колонок.

Измерение можно проводить в помещении, где расположено согласующее устройство. При этом индикатор тока термоамперметра Т-14 или Т-19 закрепляется на токоведущей трубке фидерного участка у проходного изолятора.

3. Типы радиопередатчиков, подпадающие под действие табл. 2 и 3.

Табл. 2: «Барк», «Барк-2», «Чайка-СМ», «Ласточка», «Ангара-РА», «Ангара-РБ», «Бот», «Восток-Р», а также радиопередатчики с согласующим устройством в диапазоне ПВ: «Бриг», «Бриг-2», «Корвет», «Корвет-2».

Табл. 3: «Бриг», «Бриг-2», «Корвет», «Корвет-2» без согласующего устройства.

4. Техника безопасности.

Измерения должны проводиться лицами, прошедшими в установленном порядке инструктаж по технике безопасности при работе с высокочастотными установками и радиооборудованием в диапазоне частот 0,4... 4 МГц, на которых проводятся измерения.

5. Приобретение измерительных приборов.

Измерители напряженности электромагнитного поля (компараторы) FSM или BSM и антенные эквиваленты заказываются через министерство, к которому относится предприятие, использующее эти приборы.

Термоамперметры типа Т-14 и Т-19 (на разные пределы измерений) заказываются через территориальные органы снабжения.

Регистр СССР

Сборник нормативно-методических материалов

Книга пятая

Ответственный за выпуск *В. И. Кизино*

Редактор *А. Н. Кузнецова*

Редактор издательства *В. М. Макосий*

Техн. редактор *Л. И. Тимофеева*

Корректор-вычитчик *С. К. Венедиктова*

Корректоры: *К. О. Емельянова, Н. С. Софронова, М. С. Фельдман*

Н/К

Сдано в набор 22.10.87. Подписано в печать 13.01.88. М-33022. Формат 60×90^{1/16}. Бумага тип. № 1. Гарн. литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 6,0. Усл. кр.-отт. 6,13. Уч.-изд. л. 6,41. Тираж 3200 экз. Заказ № 454. Изд. № 1к-7-0/16-4332-093. Цена 35 коп.

Ордена «Знак Почета» издательство «Транспорт». Ленинградское отделение
190121, Ленинград, Декабристов, 33

Ленинградская типография № 4 ордена Трудового Красного Знамени Ленинградского объединения «Техническая книга» им. Евгении Соколовой Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.
191126, Ленинград, Социалистическая ул., 14.