МИНИСТЕРСТВО
МОРСКОГО ФЛОТА СССР
(МИНМОРФЛОТ СССР)

Руководителям предприятий, организаций и учреждений Минморфлота СССР
(по списку)

от 07.09.1988 г. № I56

О введении в действие РД 3I.00.57.I-88 "Выбор безопасных скоростей и курсовых углов при штормовом плавании судна на попутном волнении" и Извещения № I об изменении РД 3I.00.57-79 "Типовая информация об остойчивости и прочности грузового судна".

Минморфлотом СССР утверждены РД 3I.00.57.I-88 "Выбор безопасных скоростей и курсовых углов при штормовом плавании судна на попутном волнении" (далее РД) и Извещения № I об изменении РД 3I.00.57-79 "Типовая информация об остойчивости и прочности грузового судна" (далее ТИ).

ПРЕДЛАГАЮ

I. С 0I.0I.89

ввести в действие РД 3I.00.57.I-88 и Извещение № I об изменении РД 3I.00.57-79.

2. Считать утратившими силу рекомендации РОПС-84 (РД 3I.60.I2--84) приложение 3, пример 3 на стр. 36, 38) по выбору скоростей и курсовых углов при плавании судна на попутном волнении.

3. Установить, что разработка документации в соответствии с РД и Извещением № I производится:

3.I. Для судов, находящихся в постройке - организацией, проектирующей судно, по согласованию с заказчиком.

3.2. Для судов, находящихся в эксплуатации - отраслевыми научно-исследовательскими и проектно-конструкторскими институтами и высшими учебными заведениями по заказам пароходств, а также КБ

gost.e-ecolog.ru

пароходств.

4. Начальникам пароходств

До 31.12.89

4.1. Завершить работу по внесению дополнений в "Информацию об остойчивости" транспортных судов в соответствии с РД и Извещением № 1, организовав их изучение по практическому применению.

4.2. Довести до командного состава судов сведения об отмене рекомендаций приложения 3, пример 3 на стр. 36, 38 РОПС-84 по выбору безопасных скоростей и курсовых углов при плавании судна на попутном волнении.

5. Руководителям учебных заведений

включить в рабочие программы изучение РД и Извещения № 1 на судоводительской, судомеханической и кораблестроительной специальностях, а также на курсах повышения квалификации командного состава судов.

6. В/О "Мортехинформреклама"

В IV квартале 1988 г.

обеспечить выпуск РД 31.00.57.1-88 и Извещения № 1 об изменении РД 31.00.57-79 и рассылку их по разнарядке.

7. ЦНИИМФ

7.1. В рамках выполнения отраслевого заказа по АСУ-судно предусмотреть разработку программного обеспечения расчета диаграмм остойчивости судна при его статической постановке на волну с целью использования РД.

7.2. С вводом в действие РД 31.00.57.1-88 внести необходимые изменения в действующие нормативные документы. Включить в перечень эксплуатационной документации, передаваемой на суда при их выходе из постройки, информацию для капитанов, вытекающую из настоящего РД.

7.3. В первом квартале 1989 г. выпустить 50 экземпляров "Выбор безопасных скоростей и курсовых углов при штормовом плавании судна на попутном волнении" на английском языке для возможности передачи документа инофирмам, выполняющим заказы по строительству флота.

8. Контроль за исполнением настоящих требований возложить на Госморинспекцию.

Заместитель Министра  О.А.Савин

УТВЕРЖДАЮ

Начальник Госморинспекции

_____ В.М.Нехорошев

"30" августа 1988 г.

ВЫБОР БЕЗОПАСНЫХ СКОРОСТЕЙ И КУРСОВЫХ УГЛОВ ПРИ ШТОРМОВОМ ПЛАВАНИИ СУДНА НА ПОПУТНОМ ВОЛНЕНИИ

РД 31.00.57.I-88

ВЫБОР БЕЗОПАСНЫХ СКОРОСТЕЙ И КУРСОВЫХ УГЛОВ ПРИ ШТОРМОВОМ ПЛАВАНИИ СУДНА НА ПОПУТНОМ ВОЛНЕНИИ	РД 3I.00.57.I-88 Дополнение к РД 3I.00.57-79

Срок введения в действие
установлен с 0I.0I.I989 г.

Настоящий руководящий документ (РД) устанавливает рекомендации по оценке остойчивости и выбору безопасных скоростей и курсовых углов при штормовом плавании судна на попутном волнении, методику расчета необходимых для этого диаграмм и инструкцию по их использованию.

РД распространяется на строящиеся и находящиеся в эксплуатации грузовые суда, удовлетворяющие требованиям ч.IУ Правил Регистра СССР.

Требования раздела 2 РД являются дополнением к РД 3I.00.57-79 "Типовая информация об остойчивости и прочности грузового судна", вводимым в действие Извещением № I об изменении РД 3I.00.57-79.

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Рекомендации раздела 2 РД предназначены для оценки перед выходом и в процессе рейса остойчивости и безопасности плавания судна в штормовых условиях на попутном волнении и волнении с кормовых курсовых углов $\Psi = 180^{\circ} \pm \beta$, где $0^{\circ} \leq \beta \leq 45^{\circ}$.

Они позволяют капитану определить состояние остойчивости судна в этих условиях плавания при фактическом случае нагрузки и, если это необходимо, заранее принять меры по увеличению остойчивости, либо по правильному выбору безопасных скоростей судна и курсовых углов к волне (КУВ).

Рекомендации раздела 2 РД должны помочь капитану избежать возникновения аварийной ситуации или гибели судна, связанных с неблагоприятным влиянием попутного волнения.

Положения раздела 3 РД устанавливают методику расчета диаграмм безопасных скоростей и курсовых углов при штормовом плавании судна на попутном волнении (Диаграмм). Она предназначена для организаций, разрабатывающих "Типовую информацию об остойчивости и прочности грузового судна" (ТИ), указанных в инструктивном письме ММФ.

Расчет Диаграмм должен производиться для типовых случаев нагрузки, при которых возможно попадание судна в условия шторма, за исключением тех, когда известно, что безопасность его плавания на попутном волнении заведомо обеспечена.

2. ИНСТРУКЦИЯ ПО ОЦЕНКЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПЛАВАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ДИАГРАММ БЕЗОПАСНЫХ СКОРОСТЕЙ И КУРСОВЫХ УГЛОВ ПРИ ШТОРМОВОМ ПЛАВАНИИ СУДНА НА ПОПУТНОМ ВОЛНЕНИИ

2.I. Введение

При плавании судна в условиях шторма на попутном волнении или волнении с кормовых КУВ характеристики его основных мореходных качеств: остойчивости, качки и управляемости существенно изменяются. В определенных случаях эти изменения могут иметь опасный характер и привести к возникновению аварийной ситуации. Аварии обычно предшествует одно из следующих трех явлений или их комбинация:

- значительное изменение или потеря поперечной остойчивости при прохождении вершины волны вблизи миделя судна. Наиболее опасным в этом отношении является движение судна на волнах, длина λ и скорость c которых близки, соответственно, к длине L и скорости v судна. При этом время $t_{(-)}$ пребывания судна с пониженной ниже опасного уровня остойчивостью за кажущийся период волны $\tau_к$ может оказаться больше, чем время $t_{он}$, потребное ему на наклонение из вертикального положения на опасный угол крена или на опрокидывание;

- основной или параметрический резонансы бортовой качки, когда, соответственно, $\tau_к \simeq \tau_c$ или $\tau_к \simeq \tau_c/2$;

- захват волной, потеря управляемости и самопроизвольный неуправляемый разворот судна лагом к волне - "брочинг". Наиболее опасным является захват на переднем склоне волн, имеющих $c > v$ и $\lambda \simeq 0{,}8 \div 1{,}3\, L$. "Брочингу" в основном подвержены малые суда, имеющие длину менее 60 м.

2.2 Основные признаки изменения поведения судна на попутном волнении, свидетельствующие о его недостаточной безопасности

2.2.1. В случае недостаточной остойчивости:

- неожиданное самопроизвольное увеличение крена при нахождении вершины отдельных волн вблизи миделя судна, существенно превышающее значение предшествующих углов статического крена или амплитуд качки;

- длительное по сравнению с $1/4\,\tau_c$ наклонение судна на борт, задержка (зависание) в положении максимального крена и медленное возвращение в исходное состояние. Такие наклонения, в зависимости от наличия начального крена, вызванного несимметричной загрузкой, давлением ветра или иными причинами, могут быть асимметричными.

2.2.2. В случае основного или параметрического резонансов бортовой качки:

- значительное возрастание амплитуд бортовой качки судна в случаях, когда ее период τ приблизительно равен (основной резонанс) или вдвое превышает (параметрический резонанс) кажущийся период волны $\tau_к$.

2.2.3. В случае "брочинга":

- значительные колебания скорости при прохождении волны относительно судна, его тенденция к разгону на переднем склоне попутной волны;

- ухудшение устойчивости на курсе и стремление судна развернуться лагом к волне, увеличение скорости и амплитуд перекладки руля, потребных для удержания судна на курсе (судно плохо слушается руля).

2.3. Рекомендации по обеспечению безопасности плавания на попутном волнении

Для каждого судна при фактической загрузке и соответствующей ей диаграмме статической остойчивости (ДСО) на тихой воде в реальных условиях штормового плавания на попутном волнении возможна зона скоростей и КУВ, в которой отсутствуют условия для возникновения перечисленных выше явлений и плавание является безопасным.

Оценку остойчивости при загрузке судна перед рейсом и определение таких зон в процессе рейса рекомендуется производить по диаграммам безопасных скоростей и курсовых углов при штормовом плавании судна на попутном волнении (Диаграммам).

Диаграммы в явном виде не учитывают явление "брочинга". Однако получаемые по ним рекомендации по снижению скорости хода и выбору КУВ являются полезными для его предотвращения. Поэтому капитанам судов длиной менее 60 м рекомендуется выбирать скорости хода и КУВ ближе к центру безопасной зоны и внимательно следить за первыми признаками проявления "брочинга", чтобы своевременно принять дополнительные меры безопасности. Рекомендуется не допускать статического дифферента на нос, а в случае захвата судна волной, резко сбавить скорость, в критических случаях - дать задний ход.

Кроме перечисленных выше, для всех судов при штормовом плавании на попутном волнении рекомендуется выполнять следующие общие мероприятия:

- уменьшить до минимума свободные поверхности жидких грузов;

- ликвидировать или максимально уменьшить статический крен

от несимметричной загрузки, а также дифферент на нос;

- изменение курса с попутного или на попутный к волне производить таким образом, чтобы в интервале КУВ=I80±45° поворот осуществлялся плавно и судно имело скорость, соответствующую безопасной зоне Диаграмм;

- проверить надежность крепления грузов и водонепроницаемость закрытий;

- по возможности не допускать попадания больших масс воды на палубу, а также оледенения надводной части судна;

- не допускать перегрузки судна, приводящей к уменьшению высоты надводного борта.

2.4. Диаграммы безопасных скоростей и курсовых углов при штормовом плавании судна на попутном волнении

2.4.I. Оценка параметров неблагоприятных попутных волн

Диаграммы, в зависимости от фактической остойчивости судна и характеристик волнения, позволяют установить безопасные сочетания скоростей и КУВ. Ими следует пользоваться при такой высоте $h_{3\%}$ и длине λ попутных волн, при которых их неблагоприятное влияние на безопасность судна становится заметным. Область существования таких параметров ограничена внешним многоугольником на рис.2.I. Она установлена в зависимости от отношения $h_{3\%}/h_{3\%\,расч.}$ и λ/L ($h_{3\%\,расч.}$ - расчетная высота волны 3%-ной обеспеченности, определяемая при длине волны $\lambda = L$ по формуле или графику, приведенным на этом же рисунке). Внутреннему заштрихованному многоугольнику соответствует область наиболее неблагоприятных, а также опасных для судна волн. В ней цифрами I,2 и 3 помечены параметры трех таких волн высотой $h_{i\,I,2,3} = I{,}0;\ 0{,}75;$ и $0{,}5\ h_{3\%\,расч.}$, при которых для каждого типового случая нагрузки построены диаграммы безопасных скоростей и КУВ.

2.4.2. Описание диаграмм

Диаграммы представлены на рис.2.2-2.4. На них по горизонтальной оси отложены значения начальных МЦВ судна на тихой воде h, определенных с учетом поправки на свободные поверхности в интервале от минимально $h_{q\,min}$ до максимально $h_{q\,max}$ допускаемой, а по вертикальной оси - скорости хода в узлах - v_s.

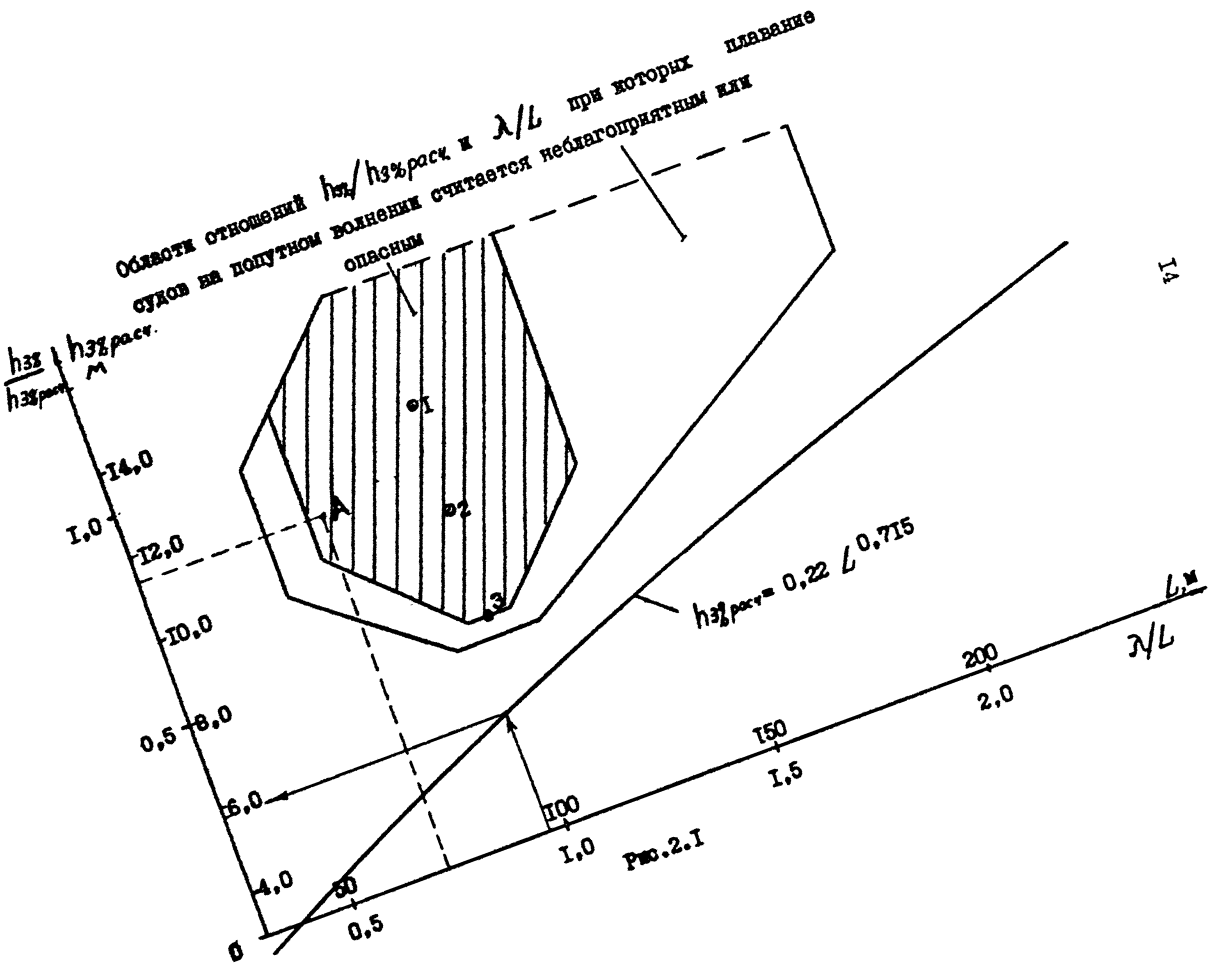

Области отношений $h_{3\%}/h_{3\%расч}$ и λ/L при которых плавание судов на попутном волнении считается неблагоприятным или опасным
$\frac{h_{3\%}}{h_{3\%расч}}$
$h_{3\%расч}$, м
14,0
12,0
10,0
8,0
6,0
4,0
0
1,0
0,5
A
1
2
3
$h_{3\%расч} = 0{,}22\,L^{0{,}715}$
L, м
200
150
100
50
λ/L
2,0
1,5
1,0
0,5

Рис.2.1

В этих осях для четырех значений $\beta = 0$, I5, 30 и 45^0 построены три серии кривых, ограничивающих три заштрихованные опасные для судна зоны сочетания v_s, β и h.

2.4.3. Характеристики опасных зон штормового плавания судна на попутном волнении

Первая, наиболее опасная зона – недостаточной остойчивости – построена в соответствии с формулой

$$v_{прод} < (1{,}25\sqrt{L} - \frac{4 k_\tau L}{\tau_c}) / 0{,}514 \cos\beta \,, \qquad (2.I)$$

отражающей выполнение основного критерия остойчивости судна на попутном волнении:

$$\frac{4 k_\tau \tau_к}{\tau_c} < 1{,}0 \,, \qquad (2.2)$$

где: $k_\tau = \frac{t_{(-)}}{\tau_к}$ – безразмерный расчетный коэффициент, показывающий какую часть кажущегося периода волны $\tau_к$, судно с начальной МЦВ h, имеющее крен в интервале от I0 до 40^0, при скорости хода v, курсовом угле φ и параметрах волн $h_{3\%I,2,3}$ и $\lambda = L$ имеет плечи остойчивости ниже нормированного для данного судна критического значения $l_{кр}$.

$\tau_к = \frac{\lambda}{c - v\cos\beta}$ – кажущийся период волны.

Кривые, ограничивающие при различных β первую зону, соответствуют таким скоростям $v_{прод}$, при которых $t_{(-)} = t_{он}$. Поэтому, для обеспечения надлежащей безопасности плавания судна на попутном волнении, следует выбирать такие h, v_s и β, чтобы соответствующая им точка диаграммы всегда лежала ниже этих кривых.

Вторая опасная зона расположена на диаграмме справа от первой. Она ограничивает соотношение h, v_s и β, при которых возможно возникновение бортовой качки судна в режиме ее основного резонанса.

Точное выполнение условия резонанса при скоростях $v_{рез}$, когда $\tau_к = \tau_с$ и амплитуды бортовой качки θ_2 могут достигать максимальных значений, нанесены для β = 0, I5, 30 и 45° штрихпунктирной линией. Неблагоприятные околорезонансные зоны, соответствующие выполнению условия

$$\frac{\tau_с}{1,3} \leq \tau_к \leq \frac{\tau_с}{0,7} , \qquad (2.3)$$

заштрихованы, а их границы при β = 0, I5, 30 и 45° обозначены сплошными линиями.

При малых углах β резонансные амплитуды бортовой качки судов на попутном волнении обычно не велики. Поэтому, в зависимости от интенсивности волнения и удаленности от первой зоны, особенно для судов, имеющих достаточную остойчивость и не перевозящих смещающиеся грузы, можно допустить плавание в заштрихованной части второй зоны, если скорость судна более, чем на 3-3,5 узла отличается от определенной для тех же h и β по штрихпунктирной резонансной кривой $v_{рез}$. Однако при этом рекомендуется внимательно следить за поведением судна и уходить в безопасную зону при увеличении амплитуд качки. При параметрах волн, лежащих в заштрихованной области на рис.2.I вблизи и выше точки I, вход судна в околорезонансную зону не рекомендуется.

Третья опасная зона расположена ниже первой и ограничивает соотношение h, v_s и β, при которых возможно возникновение бортовой качки судна в режиме параметрического резонанса, когда $\tau_к \simeq \frac{\tau_с}{2}$. Из-за того, что параметрический резонанс возможен лишь в узком диапазоне частот, а амплитуды качки могут достигать значительных величин, на диаграмме для различных β нанесены только околорезонансные зоны, границы которых определены с достаточным запасом в безопасную сторону условием

$$\frac{\tau_с}{2,1} \leq \tau_к \leq \frac{\tau_с}{1,9} \qquad (2.4)$$

Плавание судов с параметрами h и v_s, лежащими между кривыми, ограничивающими третью зону при соответствующих β, не рекомендуется.

Плавание судов при этих же параметрах, лежащих в незаштрихованной области ниже третьей зоны, также не рекомендуется, т.к. ей

соответствуют малые скорости хода, при которых судно может стать плохо управляемым.

Зоны основного и параметрического резонансов бортовой качки на диаграммах зависят только от длины судна L, собственного периода его качки τ_c и кажущегося периода волн $\tau_к$. Они одинаковы для всех высот волн $h_{в\,I,2,3}$. Поэтому, если при данной МЦВ определяющей не является I-я опасная зона, то выбор безопасных скоростей и КУВ можно производить по любой из трех диаграмм, приведенных на рис.2.2-2.4 для данного типового случая нагрузки.

2.4.4. Безопасные зоны штормового плавания судна на попутном волнении

Безопасным сочетанием начальных МЦВ, скоростей и КУВ при плавании судна на попутном волнении на диаграммах соответствуют зоны, точки которых не принадлежат ни одной из трех опасных зон и расположены ниже скорости полного хода судна на тихой воде. Допускаемым в некоторых случаях сочетанием начальных МЦВ, скоростей и КУВ - на диаграммах соответствуют только точки 2-й опасной зоны, не являющиеся границей I-й опасной зоны и отстоящие более, чем на 3 узла от кривых $\tau_{рез}$ при соответствующих КУВ.

В зависимости от начальной МЦВ на диаграммах выделяются две безопасные зоны - нижняя и верхняя. В нижней, соответствующей малой остойчивости судна, ограничиваются как минимальные, так и максимальные скорости хода. В верхней, соответствующей высокой остойчивости, - в большинстве случаев, только минимальные.

2.5. Порядок работы с диаграммой. Выбор оптимальной остойчивости. Определение безопасных скоростей и курсовых углов

2.5.I. При загрузке судна перед выходом в рейс

В процессе загрузки судна в порту рекомендуется учитывать безопасность его штормового плавания на попутном волнении. Для этого следует стремиться заранее обеспечить такую остойчивость, чтобы при попадании в шторм на попутном волнении, снижение его скорости хода и отклонение от выгодного курса были минимальными. Оценка такой оптимальной остойчивости производится приближенно

Диаграмма безопасных скоростей и курсовых углов при штормовом плавании судна на попутном волнении для осадки $d_{ср} = 6{,}57$ м

$h_{\theta_1} = 5{,}8$ м.

КУВ = $180^\circ \pm \beta$

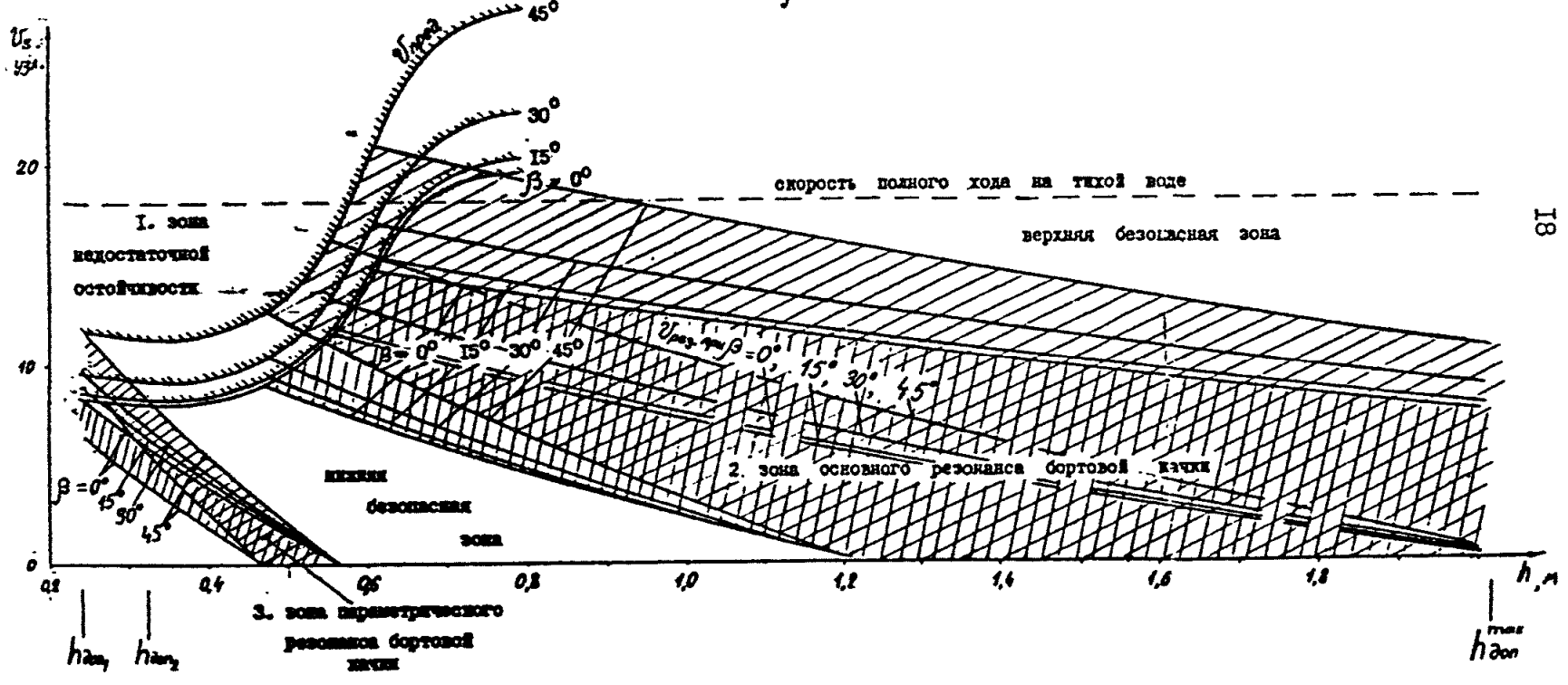


Рис. 2.2

Случай загрузки 3

Диаграмма безопасных скоростей и курсовых углов при вторичном плавании судна на попутном волнении для осадки $d_ф = 6{,}57$ м

$h_2 = 4{,}35$ м

КУВ = $180^0 \pm \beta$

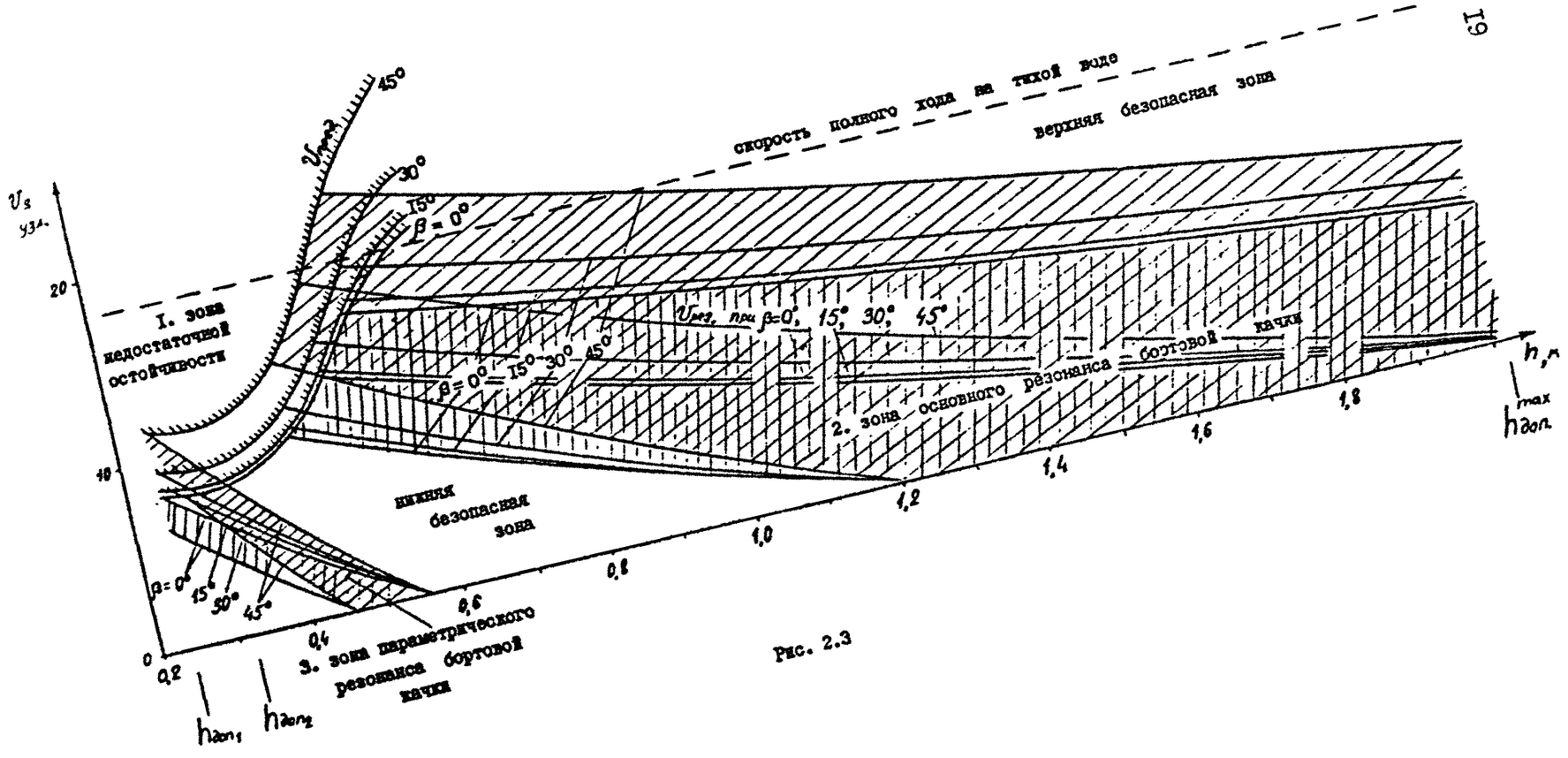


Рис. 2.3

Случай нагрузки I

Диаграмма безопасных скоростей и курсовых углов при штормовом плавании судна на попутном волнении для осадки $d_{ср} = 6{,}57$ м

$h_{3} = 2{,}9$ м

КУВ = $180^{\circ} \pm \beta$

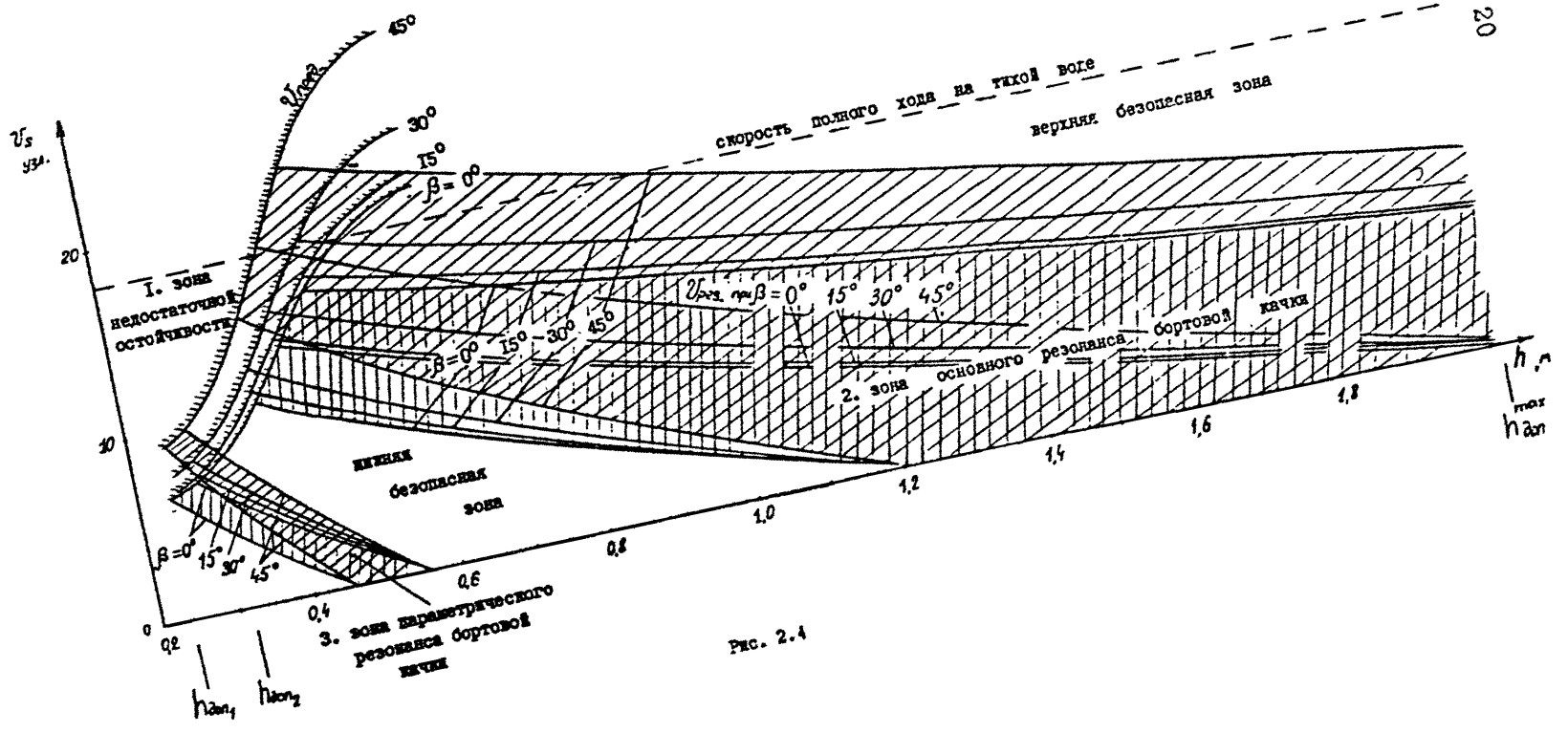


Рис. 2.4

по диаграмме типового случая загрузки, наиболее близкого к предполагаемому фактическому, при высоте волны $h_{\delta_1} = h_{3\%\,расч}$

ПРИМЕР I.

Известно: длина судна L = 96 м.

достижимая скорость хода на волнении v_s = I3–I6 уз.

предполагаемый случай загрузки соответствует средней осадке d = 6,45 м.

По графику или по формуле на рис.2.I при L = 96 м определяем значение $h_{3\%\ расч.}$ = 5,8 м.

Выбираем диаграмму на рис.2.2-2.4 для близкой осадки d = 6,57 м при $h_{\delta_1} = h_{3\%расч.}$ = 5,8 м.

На оси скоростей v_s этой диаграммы отмечаем точки v_s = I3 и I6 узл. и из них проводим две горизонтальные прямые. Отрезки этих прямых, лежащие в безопасной зоне, соответствуют предпочтительным значениям начальных МЦВ.

В данном примере такие МЦВ относятся только к верхней безопасной зоне. В зависимости от скорости они лежат, при $\beta = 0^0$ в интервале от 0,62÷0,87 м до $h_{2\,доп}^{min}$, а при $\beta = 45^0$ – от I,I7÷I,6 м до $h_{2\,доп}^{max}$. Таким образом, при $h > I,6$ м судно в условиях шторма на попутном волнении может плавать без ограничения КУВ и максимально возможных для него в этих условиях скоростей хода. С учетом возможности незначительного входа во 2-ю опасную зону, диапазон предпочтительных МЦВ может быть расширен от 0,6 м до $h_{2\,доп}^{max}$.

Если характеристики принимаемого груза не позволяют получить высокие значения МЦВ, то следует стремиться обеспечить такие их значения, при которых уменьшение скорости хода, согласно нижней безопасной зоне диаграммы, было бы минимальным. В приведенном примере предпочтительно добиваться значений МЦВ h = 0,48–0,6 м, при которых в интервале β от 0 до 45^0 максимальные допустимые скорости судна соответственно составляют 9 и I2 узл.

2.5.2. В рейсе

Если в условиях шторма необходимо изменить курс судна на попутный, предварительно следует оценить безопасность его плавания на попутном волнении. Для этого известными способами определяются высота волны 3%-ной обеспеченности $h_{3\%}$ и средняя длина

волн λ . Затем по графику или формуле, приведенными на рис.2.I, находится $h_{3\%\ расч.}$, вычисляются отношение $h_{3\%}/h_{3\%\ расч.}$ и λ/L и, соответствующая им точка, наносится на график, представленный на этом же рисунке.

Если точка находится вне границ, изображенной там области, то плавание судна при данных параметрах попутного волнения может считаться не опасным. Если внутри области, то плавание может привести к неблагоприятным явлениям, особенно в заштрихованной, опасной части, этой области, и требуется проверка его безопасности в соответствии с настоящей Инструкцией.

ПРИМЕР 2.

Судно с малой остойчивостью.

Известно: длина судна L = 96 м.
начальная МЦВ с учетом поправки на свободные поверхности h = 0,45 м.
средняя осадка d = 6,45 м.
скорость до предполагаемого изменения курса на попутный v_s = I5 узл.
высота фактического волнения $h_{3\%}$ = 4,8 м.
длина волн λ = 70 м.

По графику или по формуле на рис.2.I при L = 96 м определяем значение $h_{3\%\ расч.}$ = 5,8 м.

Вычисляем значение $h_{3\%}/h_{3\%\ расч.}$ = 0,83, λ/L = 0,73 и отмечаем соответствующую им точку А на рис.2.I. Точка находится внутри области как неблагоприятных, так и опасных для данного судна соотношений параметров попутного волнения. Проверка безопасности его плавания по диаграммам необходима.

Из всех типовых случаев нагрузки выбираем диаграммы на рис.2.2-2.4, построенные для близкой к фактической осадке d = 6,57 м.

При данной h = 0,45 м плавание судна возможно только в нижней безопасной зоне. Учитывая то, что с течением времени высоты фактических волн могут изменяться и что они могут значительно отличаться от $h_{6_{I,2,3}}$, при которых рассчитаны диаграммы, для быстрой и наглядной оценки безопасности плавания судна рекомендуется построить вспомогательный график, приведенный на рис.2.5. Для

Вспомогательный график для быстрого определения V_s и КУВ при высотах фактических волн $h_{3\%факт.}$, отличающихся от $h_{6\,1,2,3}$.

h = 0,45 м

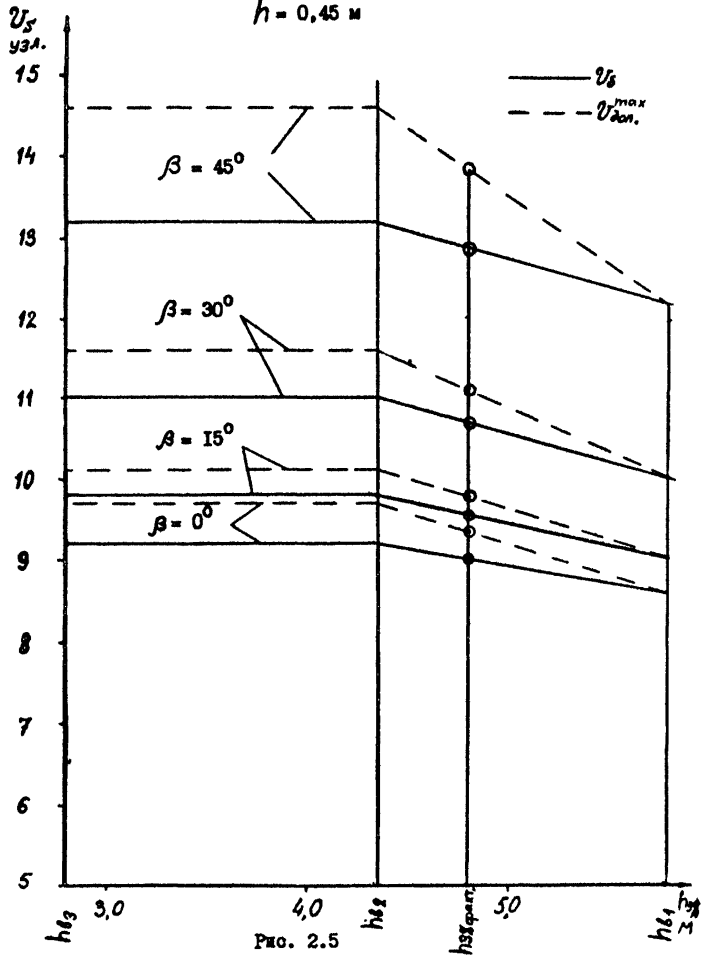


Рис. 2.5

этого с каждой из трех диаграмм при h = 0,45 м и β = 0, I5, 30 и 45° снимаются значения безопасных скоростей $v_б$ (соответствующих границам нижней безопасной зоны) и максимально допускаемых скоростей $v_{доп}^{max}$ (для тех судов, у которых $h_{3\%}$ и характеристики груза удовлетворяют требованиям п.2.4).

В нашем примере они принимают значения, представленные в табл.2.I.

Таблица 2.I

Значения скоростей $v_б$ и $v_{доп}^{max}$

$h_{в\,I,2,3}$, м		2,9		4,35		5,8	
$v_б$, узл.		безоп.	доп.	безоп.	доп.	безоп.	доп.
β, град.	0	9,2	9,7	9,2	9,7	8,6	8,6
	I5	9,8	I0,I	9,8	I0,I	9,0	9,0
	30	II,0	II,6	II,0	II,6	I0,0	I0,0
	45	I3,2	I4,8	I3,2	I4,8	I2,2	I2,2

Построенный по ним график позволяет с помощью линейной интерполяции легко определить $v_б$ и $v_{доп}^{max}$ для любой высоты фактической волны от $h_{в1}$ до $h_{в3}$ и β = 0, I0, I5 и 45°.

В нашем примере, при $h_{3\%}$ = 4,8 м эти скорости должны быть меньше, приведенных в табл.2.2.

Таблица 2.2

Значение скоростей $v_б$ и $v_{доп}^{max}$

β, град.	$v_б$, узл.	$v_{доп}^{max}$, узл.
0	9,2	9,7
I5	9,8	I0,I
30	II,0	II,6
45	I3,2	I4,8

Из табл.2.2 видно, что капитану перед изменением курса на попутный следует сбавить скорость, например на. КУВ $\varphi = 180^{\circ}$ – менее 9,2-9,7 узл.

Если фактическая осадка ($d_{факт.}$) судна значительно отличается от типовой, то следует выбрать два типовых случая загрузки с осадками больше (d_1) и меньше (d_2) фактической, выполнить для них при фактической МЦВ описанные выше действия и, путем линейной интерполяции между осадками d_1 и d_2 определить сочетание безопасных скоростей и КУВ. Схема такой интерполяции не отличается от показанной на рис.2.5, если горизонтальную ось сделать осью осадок, осадку d_1 отложить вместо $h_{б1}$, d_2 – вместо $h_{б2}$, а $d_{факт}$ – вместо $h_{3\%факт}$.

ПРИМЕР 3.

Судно с высокой остойчивостью.

Известно: все то же, что и в ПРИМЕРЕ 2, но начальная МЦВ с учетом поправки на свободные поверхности h = 1,3 м.

В этом случае плавание судна на попутном волнении возможно только в верхней безопасной зоне диаграмм и лимитирующими факторами являются амплитуды и ускорения при основном резонансе бортовой качки.

Характеристики груза и высота $h_{3\%}$ фактического волнения удовлетворяют требованиям п.2.4. Поэтому незначительный заход во 2-ю опасную зону данного судна допустим. По любой из диаграмм на рис.2.2-2.4 определяем безопасные и минимально допустимые скорости хода. В зависимости от КУВ они должны быть большими, чем, предоставленные в табл.2.3.

Таблица 2.3

Значения $v_б$ и $v_{зон}^{min}$

β, град.	$v_б$, узл.	$v_{зон}^{min}$, узл.
0	10,6	7,6
15	11,0	8,0
30	12,2	8,6
45	15,0	9,9

Если фактическая осадка судна значительно отличается от типовой, то, как и в ПРИМЕРЕ 2, необходимо выбор безопасных скоростей и КУВ произвести линейной интерполяцией между двумя близкими типовыми случаями.

3. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ДИАГРАММ БЕЗОПАСНЫХ СКОРОСТЕЙ И КУРСОВЫХ УГЛОВ ПРИ ШТОРМОВОМ ПЛАВАНИИ СУДНА НА ПОПУТНОМ ВОЛНЕНИИ

3.I. Расчет зоны недостаточной остойчивости

3.I.I. Ограничения. Область применения

Расчет в каждом конкретном случае типовой нагрузки производится для ряда значений начальных МЦВ (h) судна на тихой воде, в диапазоне от минимально ($h_{доп}$) до максимально ($h_{доп}^{max}$) допускаемых по Правилам Регистра СССР, при трех значениях высот волн $h_{в1} = h_{3\%расч}$, $h_{в2} = 0,75\, h_{3\%расч}$ и $h_{в3} = 0,5\, h_{3\%расч}$.

Шаг изменения МЦВ выбирается таким, чтобы получить плавные кривые предельно допускаемых в отношении достаточной остойчивости судна окоростей $v_{пред}$.

Расчет прекращается при таком значении МЦВ, при котором $v_{пред}$ для КУВ $\varphi = 180^{\circ}$ ($\beta = 0^{\circ}$) окажется больше максимальной скорости полного хода судна на тихой воде v_{max}.

3.I.2. Параметры расчетной волны

За расчетную принята правильная регулярная волна, имеющая длину λ, равную длине судна L между перпендикулярами, и высоту $h_{3\%расч}$, равную вычисляемой по формуле $h_{3\%} = 0,22\lambda^{0,715}$, высоте 3%-ной обеспеченности нерегулярного волнения. Таким образом

$$h_{3\%расч} = 0,22\, L^{0,715}, \text{ м} \qquad (3.1)$$

$C = 1,25\sqrt{L}$ – скорость волны, м/с;

$$v_к = \frac{L}{c - v\cos\beta} \qquad (3.2)$$

– кажущийся период волны, с;

v – скорость судна, м/с;

β – угол между направлением распространения волны и скоростью судна. Положителен по часовой стрелке (рис.3.I).

3.I.3. Нормативы обеспечения остойчивости при штормовом плавании судна на попутном волнении

Остойчивость судна считается достаточной, если, при скорости хода v за кажущийся период $\tau_к$ расчетной попутной волны, время $t_{(-)}$, в течение которого плечи его остойчивости в диапазоне углов крена от I0 до 40^0 падают ниже нормированного критического значения $l_{кр}$, не превышает четверти его собственного периода бортовой качки на тихой воде τ_c.

Это условие выполнится, если будет удовлетворен основной критерий:

$$\frac{4 k_\tau \tau_к}{\tau_c} < 1,0 \quad ; \tag{3.3}$$

где: $k_\tau = \frac{t_{(-)}}{\tau_к}$ – безразмерный расчетный коэффициент;

$$\tau_c = \frac{a B}{\sqrt{h}} \quad , \tag{3.4}$$

– собственный период бортовой качки судна на тихой воде, с;

$$a = 0,7487 + 0,0456 \frac{B}{d} - 0,00864 \left(\frac{L}{I0}\right) \tag{3.5}$$

– безразмерный коэффициент (по согласованию с Регистром СССР для некоторых типов судов могут приниматься другие его значения);

B и d – соответственно, ширина и осадка судна на миделе, м;

h – начальная МЦВ судна на тихой воде, м.

Если для данного судна при скорости полного хода на тихой воде и значениях МЦВ и h_4, соответствующих п.3.I.I., критерий 3.3 удовлетворяется, то его остойчивость на попутном волнении считается обеспеченной, дальнейший расчет по п.3.I. не производится, а выполняется только расчет опасных зон основного и параметрического резонансов бортовой качки по п.3.2.

Положение судна относительно волны при движении на попутном волнении

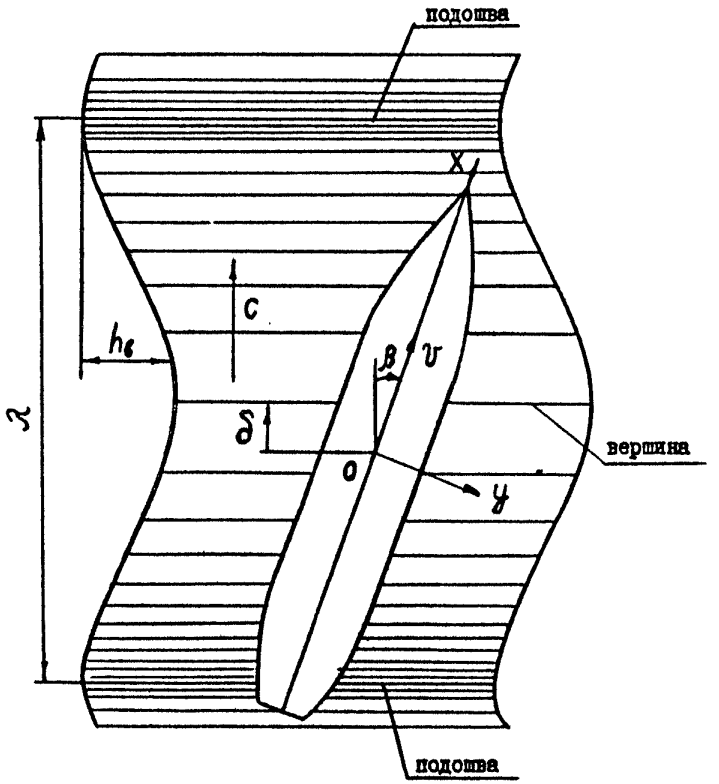


Рис. 3.I.

Из основного критерия получены выражения для определения предельных безопасных скоростей судна. Возможны два случая, когда волна обгоняет судно:

$$v_{пред} < (1{,}25\sqrt{L} - \frac{4k_\tau L}{\tau_c})/0{,}514\cos\beta, \text{ узл.} \quad (3.6)$$

и когда судно обгоняет волну

$$v_{пред} > (1{,}25\sqrt{L} + \frac{4k_\tau L}{\tau_c})/0{,}514\cos\beta, \text{ узл.} \quad (3.7)$$

Для большинства транспортных судов второй случай не имеет практического значения, поскольку скорости их полного хода обычно меньше скорости расчетной волны.

Значения скоростей $v_{пред}$, полученные при различных h и β, устанавливают границы первой опасной зоны - недостаточной остойчивости.

3.I.4. Нормируемое значение критического плеча остойчивости $l_{кр}$.

Критическое плечо остойчивости $l_{кр}$ в зависимости от типа судна выбирается наибольшим из следующих значений:

$$0{,}I \text{ м}; \quad 0{,}6l_w; \; l_ц; \; l_q, \quad (3.8)$$

где: l_w - плечо кренящего момента от давления бокового ветра, определяемого по Правилам Регистра СССР, как для неограниченного района плавания, м;

0,6 - коэффициент, учитывающий изменение ветровой нагрузки на судно из-за возможного отклонения на 30-40° направления ветра от направления движения судна;

$l_ц$ - плечо момента, кренящего судно на циркуляции, м;

l_q - плечо кренящего момента от смещения груза, м.

Значения l_w, $l_ц$ и l_q определяются по Правилам Регистра СССР только для тех судов, для которых в части IУ предусмотрена проверка остойчивости, соответственно, по критерию погоды, крену на циркуляции и крену от смещения груза.

3.I.5. Методика определения коэффициента k_τ.

В общем случае движения судна на попутном волнении коэффициент $k_\tau = \frac{t_{(-)}}{\tau_к}$ показывает, какую долю от кажущегося периода волны $\tau_к$ судно, имеющее крен θ, при скорости хода v, курсовом

угле $\varphi = 180^0 \pm \beta$ и параметрах волны $h_в$, λ и C, будет иметь плечи остойчивости l_θ ниже, чем $l_{кр}$. Он зависит от следующих факторов:

$$k_\tau = f(\text{тип судна}, d, x_g, z_g, \theta, \beta, h_в/\lambda, \lambda/L).$$

Время $t_{(-)}$ и коэффициент k_τ имеют максимальные значения при $\varphi = 180^0$ ($\beta = 0$). С целью упрощения методики расчета и обеспечения некоторого запаса остойчивости, коэффициент k_τ определяется при $\beta = 0^0$, а зависимость $\tau_к$ от β в критерии 3.3 учитывается по полной формуле 3.2.

Расчет коэффициента k_τ выполняется в следующем порядке:

I) При $\beta = 0$ для не менее 6 фазовых смещений δ (рис.3.2) вершины волны относительно миделя рассчитываются плечи "мгновенных" диаграмм статической остойчивости (ДСО) свободно плавающего судна (с учетом свободного дифферента и осадки). Расчет производится при учете только гидростатических сил в волне.

Методика и программа расчета на ЭВМ должны иметь допуск Регистра СССР.

2) С полученных для каждого δ "мгновенных" ДСО снимаются значения плеч остойчивости l_{10}, l_{20}, l_{30}, l_{40} и для каждого угла крена строятся графики l_θ от δ, как показано на рис.3.3.

3) Через точку, соответствующую значению $l_{кр}$, проводится горизонтальная прямая (рис.3.3). В масштабе графика измеряются значения $t'_{(-)10}$, $t'_{(-)20}$, $t'_{(-)30}$, $t'_{(-)40}$ и рассчитывается среднее за кажущийся период значение

$$t'_{(-)} = (t'_{(-)10} + t'_{(-)20} + t'_{(-)30} + t'_{(-)40})/4 \quad . \qquad (3.9)$$

4) На оси δ измеряется длина отрезка от $-L/2$ до $L/2$, соответствующая в масштабе графика кажущемуся периоду волны $\tau'_к$.

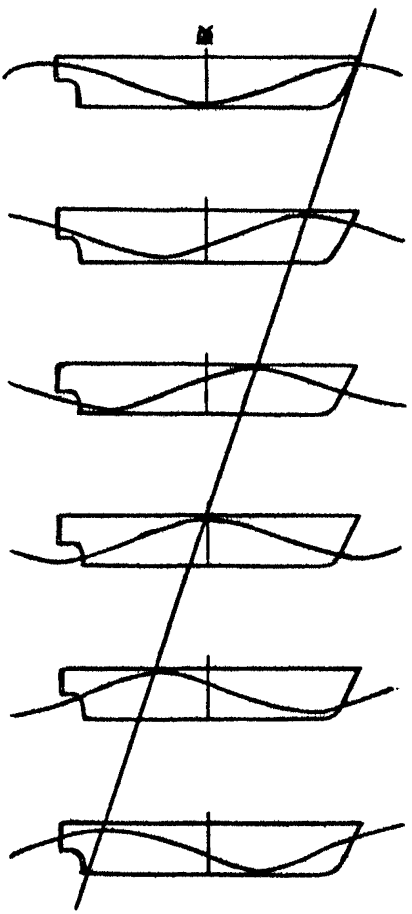
5) Коэффициент k_τ определяется из очевидного равенства отношений:

$$k_\tau = t'_{(-)}/\tau'_к = t_{(-)}/\tau_к \qquad (3.10)$$

3.I.6. Расчет предельно допускаемых скоростей и построение границ зоны недостаточной остойчивости

Расчет k_τ и $\vartheta_{пред}$ может быть выполнен в табличной форме. Пример такого расчета для трех высот волн $h_{в1} = 5{,}8$ м, $h_{в2} = 4{,}35$ м и $h_{в3} = 2{,}9$ м при $\beta = 10$, 15, 30 и 45^0 представлен в таблицах

Фазы смещения вершины волны относительно миделя



$\delta = L/2$
подошва на миделе

$\delta = L/3$

$\delta = L/6$

$\delta = 0$
вершина на миделе

$\delta = -L/6$

$\delta = -L/3$

Рис. 3.2

Иллюстрация к способу определения коэффициента $k_г$

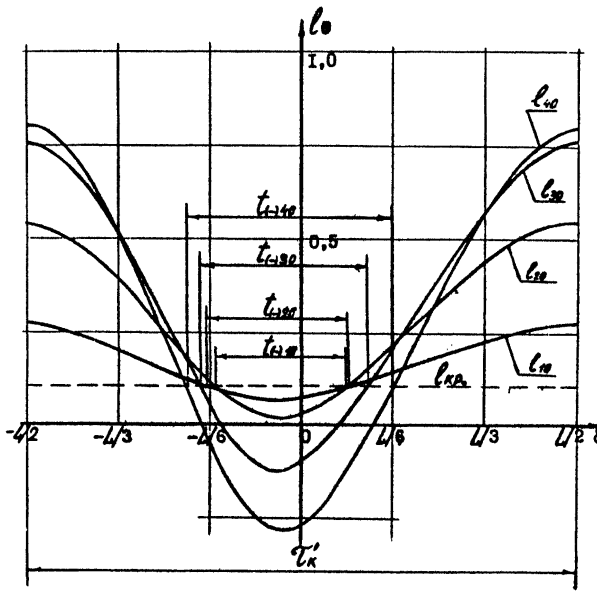


Рис. 3.3

3.I, 3.2 и 3.3. Он соответствует приведенным в разделе 2.5 примерам и является расчетом зон недостаточной остойчивости на диаграммах, представленных на рис.2.2, 2.3, 2.4. Построение границ этих зон понятно из этих же рисунков.
(Расчет скоростей $v_{прец}$ в таблицах 3.I-3.3 выполнялся для судна, имеющего скорость полного хода на тихой воде I3,5 уз. Полученные $v_{прец}$ нанесены на рис.2.2-2.4. Эти рисунки носят иллюстративный характер. Поэтому, для большей наглядности примеров п.2.5, на них пунктиром нанесена скорость полного хода I8 уз., а не I3,5 уз.)

3.2. Расчет зон основного и параметрического резонансов бортовой качки

3.2.I. Ограничения. Область применения

Условия возникновения бортовой качки судна в режимах ее основного и параметрического резонансов определяются соотношением периодов $\tau_к$ и $\tau_с$, которые при постоянном КУВ содержат только два независимых параметра λ и h .

В данных расчетах принята постоянная, наиболее опасная в отношении безопасности плавания судна на попутном волнении, длина волны $\lambda = L$. Поэтому расчет резонансных зон бортовой качки можно выполнить один раз для широкого диапазона значений h , от минимально $h_{зап}$ до максимально $h_{зап}^{max}$ возможных значений из всех типовых случаев нагрузки. Тогда полученные опасные зоны можно будет считать универсальными для данного судна и применять их при любых случаях нагрузки.
В целях сокращения объема документации и удобства ее использования, рекомендуется Диаграммы для всех трех высот волн $h_{б1,2,3}$ размещать на одном листе. При этом для $h_{б1}$ они должны быть построены во всем диапазоне МЦВ, а при $h_{б2}$ и $h_{б3}$ - могут быть оборваны при значении МЦВ, где кривая $v_{прец}(\beta=0)$ пересекается с пунктирной прямой скорости полного хода на тихой воде.

3.2.2. Основной резонанс бортовой качки

Условию возникновения основного резонанса соответствует равенство

$$\tau_к = \tau_с \qquad (3.II)$$

Таблица 3.I

Расчет скоростей $v_{пред}$ зоны недостаточной остойчивости при высоте волны $h_{в1}$ = 5,8 м

№ расчетного варианта	I				2				3				4				5				6			
Δ, т	6680,7																							
d, м	6,57																							
z_g, м	5,96				5,87				5,77				5,67				5,57				5,47			
h, м	0,248				0,338				0,438				0,538				0,638				0,738			
θ, град	I0	20	30	40	I0	20	30	40	I0	20	30	40	I0	20	30	40	I0	20	30	40	I0	20	30	40
$t'_{(-)\theta}$, мм	76,0	55,0	47,5	45,0	68,0	49,0	4I,5	37,5	6I,5	4I,0	33,5	30,0	56	32	22	I9	46	2I	0	0	38	0	0	0
$t'_{(-)}$, мм	56,88				49,00				4I,50				32,25				I6,75				9,50			
$\tau'_к$, мм	I20				I20				I20				I20				I20				I20			
k_τ	0,466				0,408				0,346				0,269				0,I40				0,079			
C, м/с	I2,24																							
τ_c, с	22,49				I9,26				I6,92				I5,27				I4,02				I3,04			
β, град	0	I5	30	45	0	I5	30	45	0	I5	30	45	0	I5	30	45	0	I5	30	45	0	I5	30	45
$v_{пред}$, м/с	4,29	4,44	4,95	6,07	4,II	4,25	4,75	5,8I	4,39	4,54	5,07	6,2I	5,49	5,68	6,34	7,76	8,42	8,72	9,73	II,9I	9,9I	I0,26	II,45	I4,02
$v_{пред}$, узл.	8,3	8,6	9,6	II,8	8,0	8,3	9,2	II,3	8,5	8,8	9,8	I2,0	I0,7	II,0	I2,3	I5,I	I6,4	I6,9	I8,9	23,I	I9,3	I9,9	22,2	27,2

Таблица 3.2

Расчет скоростей $v_{пред}$ зоны недостаточной остойчивости при высоте волны $h_{в2}$ = 4,35 м

№ расчетного варианта	1				2				3				4				5			
Δ, т	6680,7																			
d, м	6,57																			
z_g, м	5,97				5,87				5,77				5,67				5,57			
h, м	0,238				0,338				0,438				0,538				0,638			
θ, град	10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40
$t'_{(-)\theta}$, мм	87	55	46	41,5	77	47,5	37	33	65	38,5	24	19,5	55	26	0	0	43	0	0	0
$t'_{(-)}$, мм	57,4				48,6				36,8				20,3				10,8			
$\tau'_к$, мм	120				120				120				120				120			
k_τ	0,478				0,405				0,307				0,169				0,090			
c, м/с	12,24																			
τ_c, с	22,96				19,26				16,92				15,27				14,02			
β, град	0	15	30	45	0	15	30	45	0	15	30	45	0	15	30	45	0	15	30	45
$v_{пред}$, м/с	4,25	4,40	4,91	6,01	4,17	4,32	4,82	5,90	5,29	5,47	6,11	7,48	7,99	8,27	9,23	11,30	9,76	10,13	11,30	13,83
$v_{пред}$, узл.	8,2	8,5	9,5	11,7	8,1	8,4	9,4	11,5	10,3	10,6	11,9	14,5	15,5	16,1	17,9	21,9	19,0	19,7	21,9	26,9

Таблица 3.3

Расчет скоростей $v_{прсд}$ зоны недостаточной остойчивости при высоте волны $h6_3$ = 2,9 м

№ расчетного варианта		I				2				3				4				5			
Δ	т	6680,7																			
d	м	6,57																			
z_g	м	5,96				5,87				5,77				5,67				5,57			
h	м	0,248				0,338				0,438				0,538				0,638			
θ	град.	I0	20	30	40	I0	20	30	40	I0	20	30	40	I0	20	30	40	I0	20	30	40
$t'_{(-)\theta}$	мм	I20	54	42	34	95	45	27	I7	74	30	0	0	54	0	0	0	35	0	0	0
$t'_{(-)}$	мм	62,5				46,0				26,0				I3,5				8,8			
$\tau'_{к}$	мм	I20				I20				I20				I20				I20			
k_τ		0,52I				0,383				0,2I7				0,II3				0,073			
c	м/с	I2,24																			
τ_c	с	22,49				I9,26				I6,92				I5,27				I4,02			
β	град.	0	I5	30	45	0	I5	30	45	0	I5	30	45	0	I5	30	45	0	I5	30	45
$v_{прсд}$	м/с	3,35	3,47	3,87	4,74	4,60	4,77	5,32	6,5I	7,33	7,59	8,46	I0,37	9,42	9,75	I0,87	I3,32	I0,24	I0,60	II,82	I4,48
$v_{прсд}$	узл.	6,5	6,7	7,5	9,2	8,9	9,3	I0,3	I2,6	I4,2	I4,7	I6,4	20,I	I8,3	I8,9	2I,I	25,9	I9,9	20,6	23,0	28,I

из которого получено выражение для расчета резонансной скорости судна, при которой амплитуды его бортовой качки будут максимально возможными в этих условиях плавания:

$$v_{рез} = (1{,}25\sqrt{L} - \frac{L}{\tau_c}) / 0{,}514\cos\beta, \text{ уз.} \qquad (3.12)$$

Кривые, соответствующие $v_{рез}$, нанесены при различных β на диаграммах (рис.2.2, 2.3, 2.4) штрих-пунктирными линиями.

3.2.3. Границы околорезонансной зоны основного резонанса бортовой качки

За опасные режимы бортовой качки судна вблизи ее основного резонанса приняты такие, при которых кажущийся период лежит в пределах

$$\frac{\tau_c}{1{,}3} \le \tau_к \le \frac{\tau_c}{0{,}7} \qquad (3.13)$$

Из 3.13 получены выражения для расчета нижней границы скоростей околорезонансной зоны:

$$v_з = (1{,}25\sqrt{L} - \frac{1{,}3L}{\tau_c}) / 0{,}514\cos\beta, \text{ уз.} \qquad (3.14)$$

и ее верхней границы:

$$v_з = (1{,}25\sqrt{L} - \frac{0{,}7L}{\tau_c}) / 0{,}514\cos\beta, \text{ уз.} \qquad (3.15)$$

Эти границы нанесены на диаграммах (рис.2.2, 2.3, 2.4) при различных β сплошными линиями.

3.2.4. Параметрический резонанс бортовой качки

Условию возникновения параметрического резонанса бортовой качки судна соответствует равенство

$$\tau_к = \tau_c / 2 \quad , \qquad (3.16)$$

а опасным режимам бортовой качки вблизи этого резонанса - условие

$$\frac{\tau_c}{2{,}1} \le \tau_к \le \frac{\tau_c}{1{,}9} \qquad (3.17)$$

Учитывая то обстоятельство, что околорезонансная зона качки судна в этом случае весьма узка, расчет выполняется только для скоростей, ограничивающих эту зону сверху:

$$v_{в} = (1{,}25\sqrt{L} - \frac{1{,}9L}{\tau_e}) / 0{,}514\cos\beta, \text{ узл.} \qquad (3.18)$$

и снизу:

$$v_{н} = (1{,}25\sqrt{L} - \frac{2{,}1L}{\tau_e}) / 0{,}514\cos\beta, \text{ узл} \qquad (3.19)$$

На диаграммах (рис.2.2, 2.3, 2.4) при различных β были нанесены, имеющие наибольшее практическое значение, только верхние границы скоростей. Нижние границы, указывающие максимальную ширину зоны опасной качки в режиме параметрического резонанса, нанесены лишь для $\beta = 0$.

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Экономический эффект от применения настоящего РД может быть определен в процессе разработки с учетом его требований ТИ для конкретной серии судов.

Экономический эффект рассчитывается как результат сокращения убытков от оплаты спасательных работ или от гибели судна данного типа.

Для приближенного расчета экономической эффективности может быть принят норматив 2,5 рубля на каждую тонну полного водоизмещения всех судов серии данного типа. Этот норматив введен как среднее по флоту (как результат пересчета по строительной стоимости, исходя из экономической эффективности применения РД на сухогрузных судах).

При этом не учитывалось, что применение РД позволит капитану до выхода в рейс так загрузить судно, чтобы его остойчивость

на попутном волнении была обеспечена и не было необходимости снижать скорость хода или изменять выгодный курс судна. Т.е. не учитывалось повышение провозоспособности судна.

Зав.отделом стандартизации и управления качеством — 25.04.88. — А.П.Вольваченко

Зав.отделом 21, к.т.н. — 22.04.88 — Б.Н.Захаров

Руководитель темы и ответственный исполнитель к.т.н. — 15.04.88. — А.И.Богданов

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	I0
2. ИНСТРУКЦИЯ ПО ОЦЕНКЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПЛАВАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ДИАГРАММ БЕЗОПАСНЫХ СКОРОСТЕЙ И КУРСОВЫХ УГЛОВ ПРИ ШТОРМОВОМ ПЛАВАНИИ СУДНА НА ПОПУТНОМ ВОЛНЕНИИ . . .	I0
2.I. Введение	I0
2.2. Основные признаки изменения поведения судна на попутном волнении, свидетельствующие о его недостаточной безопасности	II
2.3. Рекомендации по обеспечению безопасности плавания на попутном волнении	I2
2.4. Диаграммы безопасных скоростей и курсовых углов при штормовом плавании судна на попутном волнении	I3
2.5. Порядок работы с диаграммами. Выбор оптимальной остойчивости. Определение безопасных скоростей и курсовых углов	I7
3. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ДИАГРАММ БЕЗОПАСНЫХ СКОРОСТЕЙ И КУРСОВЫХ УГЛОВ ПРИ ШТОРМОВОМ ПЛАВАНИИ СУДНА НА ПОПУТНОМ ВОЛНЕНИИ	26
3.I. Расчет зоны недостаточной остойчивости	26
3.2. Расчет зон основного и параметрического резонансов бортовой качки	33
4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ	38

gost.e-ecolog.ru

Подписано в печать 07 09.88. Формат 60x84/16. Печать офсетная. Усл печ.л. 2,32
Усл. кр.-отт. 2,32. Уч.-изд.л. 1,59. Тираж 250. Заказ 7661. Изд. № 789/8-н.

Типография В/О "Мортехинформреклама", 113114, Москва, Коженическая ул., д. 19