

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Новиков Денис Владимирович

Должность: Директор филиала

Федеральное агентство морского и речного транспорта  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

Дата подписания: 11.11.2024 11:00:26

Уникальный программный ключ:  
«Волжский государственный университет водного транспорта»

3357c68ce48ec4f695c95289ac7a9678e502be60

Кафедра судовождения и безопасности судоходства

М.В. Осокин

# Маневрирование и управление судном

Справочное пособие  
для студентов судоводительского факультета  
по выполнению лабораторных работ

Нижний Новгород  
Издательство ФГБОУ ВО «ВГУВТ»  
2021

**УДК 656.61.052.4**  
**075**

Рецензент – канд. техн. наук Р.С. Хвостов

**Осокин, М.В.**

Маневрирование и управление судном : справочное пособие : [по направлению подготовки 26.05.05 «Судовождение», квалификация «инженер-судоводитель»] / М.В. Осокин. – Нижний Новгород : ВГУВТ, 2021. – 44 с. – Текст : непосредственный.

Пособие предназначено для освоения подготовки к сдаче зачётов и экзаменов по дисциплине «Маневрирование и управление судном». Изложены понятия о методах расчётов, производимых в процессе крепления груза, при аварийной буксировке и посадке на мель. Анализируются теоретические основы выбора курса и скорости судна при плавании в неблагоприятных погодных условиях, а также обоснование длины вытравленной цепи при постановке на якорь. Даны варианты заданий для лабораторных работ.

Работа рекомендована к изданию кафедрой судовождения и безопасности судоходства (протокол № 10 от 23.03.2021 г.).

© ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2021

## Введение

Данное пособие призвано дать будущим судоводителям понятие о некоторых видах расчётов, производимых на практике для обеспечения безопасности плавания судна и сохранности грузов. Так, крепление груза должно обезопасить от смещения этот груз или от опрокидывания грузового места при качке, которое может привести не только к его повреждению, но и создать опасность для остойчивости и конструктивной целостности всего судна. Грамотный выбор скорости и курсового угла по отношению к волне позволяет избежать резонанса качки, который может привести к смещению груза, опрокидыванию судна, слемингу, сильным колебаниям нагрузки на главные двигатели, неблагоприятно сказывающимся на их работе, или сильному заливанию палубы. У любого судна в принципе может возникнуть потребность в аварийной буксировке или снятии его с мели. Постановка на якорь в ожидании освобождения причала, лоцманской или ледовой проводки, при ожидании улучшения погоды и в других подобных случаях является обыденной, достаточно часто выполняемой операцией. В данном пособии содержатся задания для выполнения лабораторных работ, помогающих студенту освоить методики расчётов, которые могут понадобиться судоводителю в упомянутых случаях, помогут наглядно объяснить логику выбора тех или иных действий, предпринимаемых для обеспечения безопасности плавания. В Приложениях к пособию приведены технические данные реально существующих судов и грузов, на примере которых необходимо выполнить требуемые расчёты. Результаты выполнения студентами лабораторных работ учитываются при выставлении им зачёта по дисциплине «Маневрирование и управление судном». Вопросы, рассматриваемые в данном пособии, включены в билеты Государственной итоговой аттестации, которую проходят выпускники, заканчивая обучение по специальности «Судовождение».

### 1. Крепление грузов

На груз, находящийся на судне, подвергающемся качке, действует несколько видов сил. К ним относятся: **сила тяжести**, которая с одной стороны стремится сдвинуть груз вдоль наклонной палубы при крене или дифференте судна и опрокинуть грузовое место, а с

другой – создаёт **силу трения**, препятствующую такому сдвигу, и сама препятствует опрокидыванию грузового места, а также **силы инерции**, стремящиеся сдвинуть и опрокинуть груз. Разность между суммой сил, стремящихся сдвинуть груз, и силой трения должна компенсироваться **силой натяжения крепёжных устройств** (цепных или тросовых найтовов с талрепами и такелажными скобами, крепёжных штанг, твистлоков, бриджфиттингов и иных устройств, применяемых для крепления контейнеров, специальных устройств, применяемых для крепления автомобилей и т.д.), которые одновременно должны успешно препятствовать опрокидыванию грузового места. **Расчёт прочности грузовых крепёжных устройств строится на простом принципе: суммарные нагрузки на крепёжные устройства не должны превышать разрывных усилий составных частей данных устройств, взятых с некоторым запасом.** При этом, естественно, в расчёт берётся так называемое слабое звено, т.е., та составляющая крепёжного устройства, которая имеет наименьшее из всех разрывное усилие. Промышленностью производятся составляющие крепёжных устройств (цепи, тросы, скобы, талрепы и т.д.) со стандартными характеристиками (диаметр, количество прядей и проволок в каждой пряди, из которых свит трос и т.д.), выполненных из стандартных видов материалов. Величины разрывных усилий приводятся в каталогах, содержащих технические характеристики таких стандартных тросов, цепей, талрепов, скоб и других деталей. В расчётах крепёжных устройств отдельно рассматриваются горизонтальная продольная, горизонтальная поперечная и вертикальная составляющие действующих на груз сил гравитационной и инерционной природы (силы, действующие вдоль палубы, поперёк палубы и силы, стремящиеся оторвать груз от палубы в вертикальном направлении). Практика показывает, что в подавляющем большинстве случаев крепёжные устройства, способные противостоять поперечному смещению и поперечному опрокидыванию грузового места, будучи расположены под соответствующими углами по отношению к миделю и диаметральной плоскости судна, имеют достаточный запас прочности и для того, чтобы противостоять продольному смещению и отрыву груза от палубы. Поэтому в качестве примера будем рассматривать и рассчитывать только устройства, предотвращающие поперечное смещение и опрокидывание грузового места. Для отдельного расчёта продольного крепления в случае необходимости применяются аналогичные формулы.

При теоретических вычислениях сил, действующих при качке на грузовое место в направлении поперёк судна, рассматриваются их виды, изображённые на рис. 1, а. На этом рисунке изображено действие на грузовое место силы тяжести  $P = mg$ , направленной к центру масс Земли. Если разложить вектор этой силы на направления  $P_y = P \sin \theta_{max}$  поперёк палубы и  $P_z = P \cos \theta_{max}$  перпендикулярно палубе, увидим, что составляющая  $P_y$  стремится сдвинуть груз в сторону крена и создаёт опрокидывающий грузовое место момент с плечом  $h/2$ . Составляющая  $P_z$  создаёт силу трения  $R$  и момент, препятствующий опрокидыванию грузового места с плечом  $b/2$ , см. рис. 1, б изображено действие на грузовое место силы инерции. Она приблизительно равна

$$P'_y = m \cdot \sin \theta_{max} \cdot \left( \left( \frac{2\pi}{T_\theta} \right)^2 \cdot z + \left( \frac{2\pi}{T_d} \right)^2 \cdot r_0 \right), \quad (1)$$

где  $m$  – масса грузового места, т;

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

$\theta_{max}$  – амплитуда качки, град;

$T_\theta$  – период бортовой качки, с. Его можно найти по приведённой ниже формуле (17);

$T_B$  – период вертикальной качки, с. Его можно найти по приведённой ниже формуле (18);

$z$  – возвышение центра тяжести груза над центром тяжести судна;

$r_0$  – радиус вращения центра тяжести судна на волне при вертикальной качке;

$$r_0 = \frac{h_B}{2}, \quad (2)$$

где  $h_B$  – высота волны.

Таким образом, совместное влияние поперечной составляющей силы тяжести и силы инерции можно оценить по формуле:

$$P_y^{\Pi} = m \cdot \sin \theta_{max} \cdot \left[ g + \left( \frac{2\pi}{T_\theta} \right)^2 \cdot z + \left( \frac{2\pi}{T_d} \right)^2 \cdot r_0 \right]. \quad (3)$$

Для упрощения расчётов здесь принято, что судно при бортовой качке вращается относительно продольной оси, проходящей через центр тяжести судна (на самом деле эта ось находится в плоскости действующей ватерлинии). Сам же центр тяжести судна при верти-

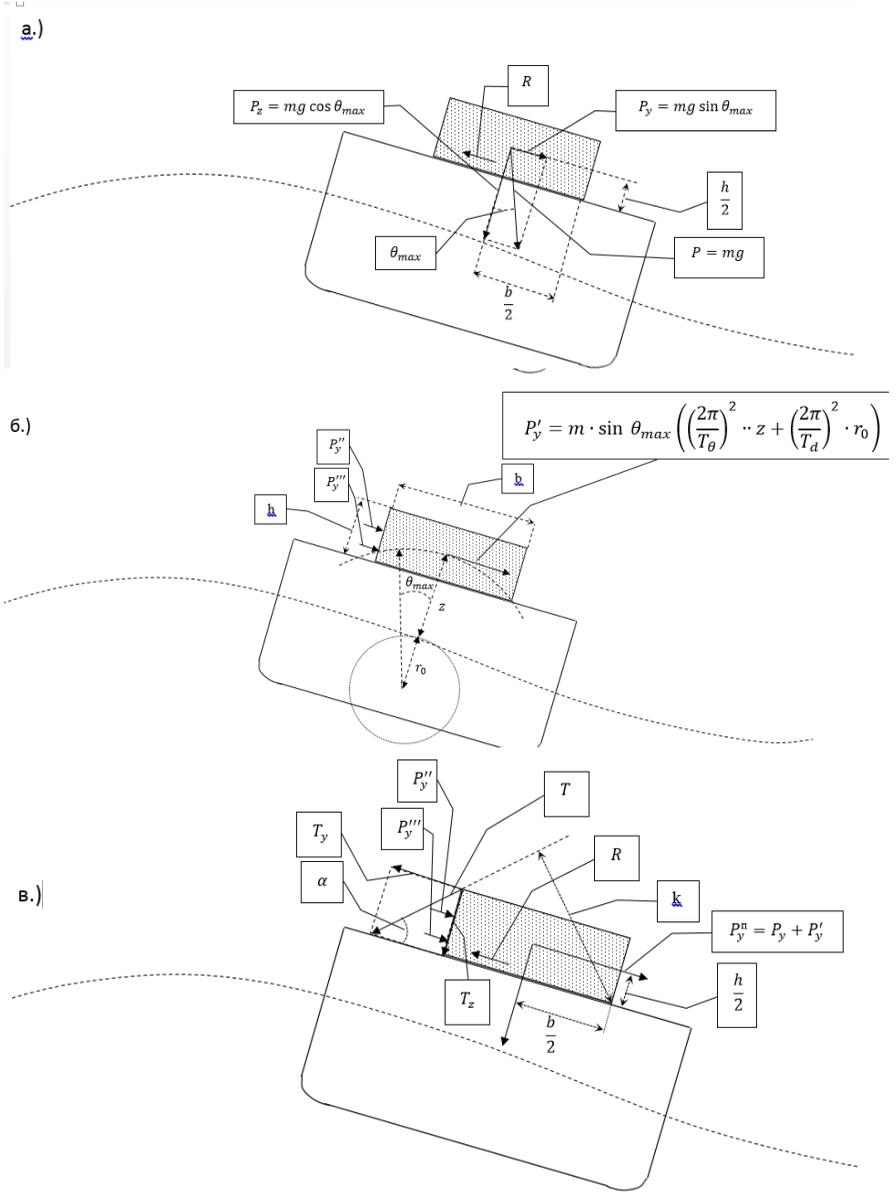


Рис. 1. Силы, действующие на грузовое место при качке, направленные поперёк судна

кальной качке вращается по окружности с радиусом, равным радиусу вращения частиц воды на поверхности профиля волны. Этот радиус принимается равным половине высоты волны.

Помимо указанных выше сил на грузовое место, перевозимое на палубе, действуют стремящиеся сдвинуть груз сила динамического давления ветра  $P_y''$  и сила, вызванная гидродинамическим ударом волны при залипании палубы  $P_y'''$ , которые можно определить по формулам (4) и (5):

$$P_y'' = 2S_y \cos^2 \theta_{max}, \quad (4)$$

где  $S_y = l \cdot h$  – боковая площадь парусности грузового места. Здесь  $l, h$  – длина и высота грузового места соответственно;

$$P_y''' = pS_y', \quad (5)$$

где  $S_y' = a \cdot l$  – площадь залипания боковой поверхности груза;

$p$  – гидродинамическое давление воды,  $\text{кН/м}^2$ , находится по графику рис. 2;

$A$  – высота залипания груза, м.

Сдвигу груза противодействует изображённая на рис. 1, в сила трения, которую находят по формуле (6):

$$R = m \cdot g \cdot k_{\text{тр}}, \quad (6)$$

где  $k_{\text{тр}}$  – коэффициент трения, составляющий при трении металла о дерево – 0,2, металла о резину – 0,3, металла о металл – 0,1, металла о мокрый металл – 0.

Одной силы трения для предотвращения сдвига груза при качке недостаточно. Разницу между суммой сил, определяемых по формулам (3), (4), (5) и силой трения, определяемой по формуле (6) необходимо компенсировать горизонтальной составляющей силы натяжения найтовов  $T_y$ , показанной на рис. 1, в. Сила натяжения найтовов  $T$  раскладывается на горизонтальную составляющую

$$T_y = T \cdot \cos \alpha \quad (7)$$

и вертикальную составляющую  $T_z$ , определяемую по формуле:

$$T_z = T \cdot \sin \alpha, \quad (8)$$

где  $\alpha$  – угол наклона найтовов к палубе.

Вертикальная составляющая силы, создаваемой найтовыми, создаёт добавочную силу трения:

$$R_1 = k_{\text{тр}} \cdot T \cdot \sin \alpha. \quad (9)$$

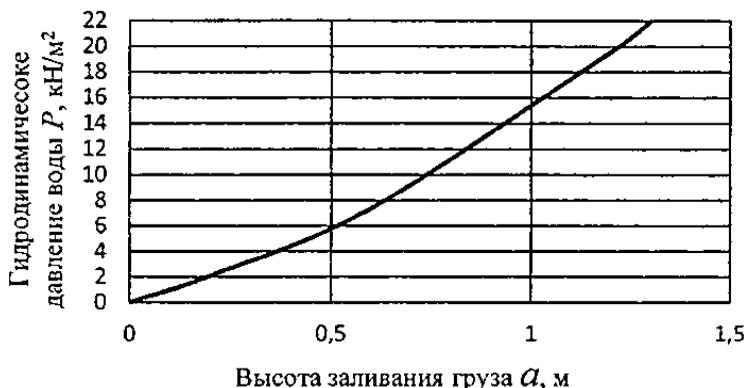


Рис. 2. Зависимость гидродинамического давления воды от высоты заливания груза

Помимо этого вертикальная составляющая силы натяжения найтовов препятствует опрокидыванию груза, создавая момент

$$M_{\text{в}} = T \cdot \sin \alpha \cdot k, \quad (10)$$

где  $k$  – плечо действия найтовов (рис. 1,  $\epsilon$ ).

**На практике расчёт держащей силы крепёжных устройств производится в соответствии с требованиями, изложенными в приложении 13 «Методы оценки эффективности устройств крепления нестандартных грузов» к документу[5].**

В этом документе рассматриваются два упрощенных метода расчёта. При использовании первого из них требуемое разрывное усилие найтовов принимается равным весу грузового места. Вторым методом заключается в следующем. Расчет внешних сил, действующих на груз в продольном, поперечном и вертикальном направлениях, производится по формуле:

$$P_{(x,y,z)} = m \cdot a_{(x,y,z)} + P_{W(x,y)} + P_{S(x,y)}, \quad (11)$$

где  $a_{(x,y,z)}$  – продольное, поперечное или вертикальное ускорение, действующее на груз, м/с<sup>2</sup>. Значения ускорений принимаются в зависимости от места расположения груза по таблице, изображённой на рис. 3;

$P_{W(x,y)}$  – продольная и поперечная сила давления ветра на груз, кН:

$$P_{W(x,y)} = 1.5 \cdot S_{(x,y)}; \quad (12)$$

$S_{(x,y)}$  – фронтальная или боковая площадь парусности грузового места соответственно ( $S_y$  находится так же, как в формуле (4));

$P_{S(x,y)}$  – продольная и поперечная сила удара волн по грузу, кН.

$$P_{S(x,y)} = p \cdot S_{з(x,y)}; \quad (13)$$

$S_{з(x,y)}$  – площадь заливания поверхности груза, перпендикулярной оси  $x$  или  $y$  соответственно.  $S_{з(x,y)}$  находится путём умножения высоты заливания на ширину или длину грузового места соответственно;

$P$  – сила удара волны принимается равной:

$p = 7,4$  кН при высоте заливания 0,6 м;

$p = 19,6$  кН при высоте заливания 1,2 м.

В диапазоне высот заливания от 0.6 до 1.2 м величина  $p$  определяется линейной интерполяцией.

Поперечное ускорение $a_y$ в $m/c^2$										Продольное ускорение $a_x$ в $m/c^2$
Верх палубы	7.1	6.9	6.8	6.7	6.7	6.8	6.9	7.1	7.4	3.8
Низ палубы	6.5	6.3	6.1	6.1	6.1	6.1	6.3	6.5	6.7	
Твиндек	5.9	5.6	5.5	5.4	5.4	5.5	5.6	5.9	6.2	2.0
Трюм	5.5	5.3	5.1	5.0	5.0	5.1	5.3	5.5	5.9	
Доля длины судна L	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.5
Вертикальное ускорение $a_z$ в $m/c^2$										
7.6 6.2 5.0 4.3 4.3 5.0 6.2 7.6 9.2										

Рис. 3. Значения ускорений, действующих на груз в зависимости от места его расположения на судне, рекомендуемые [5]

Приведенные величины поперечных и продольных ускорений включают составляющие сил тяжести и сил инерции при качке, направленные параллельно палубе. Величины вертикальных ускорений не включают составляющую статического веса грузового места.

Основные данные ускорений рассматриваются применительно к следующим условиям эксплуатации судна:

- неограниченный район плавания;
- любое время года;
- длина судна  $L$  равна 100 м;
- эксплуатационная скорость судна  $V$  равна 15 узлам;
- отношение  $B/GM \geq 13$ . ( $B$  – ширина судна,  $GM$  – метацентрическая высота). Для судов, длина которых отличается от 100 м и скорость которых отличается от 15 узлов, величины ускорений корректируются коэффициентами, приведенными в табл. 1 и 2.

Таблица 1

**Коэффициенты коррекции ускорений на длину и скорость судна**

$L/V$	50	60	70	80	90	100	120	140	160	180
9	1,20	1,09	1,00	0,92	0,85	0,79	0,70	0,63	0,57	0,53
12	1,34	1,22	1,12	1,03	0,96	0,90	0,79	0,72	0,65	0,60
15	1,49	1,36	1,24	1,15	1,07	1,00	0,89	0,80	0,73	0,68
18	1,64	1,49	1,37	1,27	1,18	1,10	0,98	0,89	0,82	0,76
21	1,78	1,62	1,49	1,38	1,29	1,21	1,08	0,98	0,90	0,83
24	1,93	1,76	1,62	1,50	1,40	1,31	1,17	1,07	0,98	0,91

Таблица 2

**Коэффициенты коррекции ускорений на соотношения ширины и метацентрической высоты судна**

$B/GM$	7	8	9	10	11	12
Верх палубы	1,56	1,40	1,27	1,19	1,11	1,05
Низ палубы	1,42	1,30	1,21	1,14	1,09	1,04
Твиндек	1,26	1,19	1,14	1,09	1,06	1,03
Трюм	1,15	1,12	1,09	1,06	1,04	1,02

Поперечные и продольные найтовы для крепления груза выбираются в соответствии с данными о разрывных усилиях, выбирае-

мыми из принятых в различных государствах стандартов на крепёжные устройства (тросы, ленты, цепи, скобы, талрепы и т.д.) или в соответствии с подобными данными, приведёнными производителями крепёжных устройств в сертификатах на свои изделия. Суммарное разрывное усилие крепёжных устройств, используемых с каждой стороны грузового места, должно быть не менее усилия, возникающего в этих крепёжных устройствах в результате воздействия качки на это грузовое место. Для обеспечения надёжности креплений найтовы подбираются с некоторым запасом, рассчитываемым при помощи специального коэффициента. При этом, как правило, каждое крепёжное устройство состоит из нескольких элементов (грузовое место имеет проушину, к которой при помощи такелажной скобы крепится трос, натягиваемый при помощи талрепа, прикрепленного к другому концу троса. Талреп в свою очередь крепится скобой к приваренной к палубе проушине). Крепёжное устройство должно: быть как можно более дешёвым, а также обеспечивать удобство работы с ним. Поэтому составляющие части такого устройства не должны быть слишком тяжёлыми, а тросы – слишком толстыми (чем толще трос, тем он тяжелее и дороже, помимо этого от толщины троса зависит, насколько легко изготовить на нём огон, в который заводится скоба). Поэтому вместо одного толстого троса с каждой стороны грузового места, как правило, заводится несколько более тонких тросов, суммарное разрывное усилие которых с учётом коэффициента запаса не менее суммарных усилий, действующих на это место в результате качки. То есть для расчёта необходимого минимального разрывного усилия составляются уравнения равновесия сил (пример приведён для найтова, удерживающего груз от поперечного смещения):

$$P_y \leq k_{\text{тр}} \cdot m \cdot g + CS \cdot f, \quad (14)$$

где  $C$  – сила натяжения найтовок.

$$CS = MSL / 1,5, \quad (15)$$

$MSL$  – аббревиатура от слов Maximum Safe Load максимальная безопасная нагрузка на крепёжное устройство, она определяется по табл. 3 в зависимости от материалов, из которых изготовлено крепёжное устройство;

$f$  – коэффициент, зависящий от угла наклона найтова к палубе  $\alpha$  и коэффициента трения  $k_{\text{тр}}$ . Он находится по табл. 4.

Таблица 3

**Определение MSL в зависимости от величины разрывного усилия**

Материал	MSL
Соединительные скобы, кольца, огоны, талрепы из мягкой стали	50% разрывного усилия
Растительный трос	33% разрывного усилия
Стальной трос (одноразового пользования)	80% разрывного усилия
Стальной трос (многократного пользования)	30% разрывного усилия
Стальная лента (одноразового пользования)	70% разрывного усилия
Цепи	50% разрывного усилия

Таблица 4

**Зависимость коэффициента  $f$  от  $k_{тр}$  и  $\alpha$**

$\alpha \backslash k_{тр}$	$-30^\circ$	$-20^\circ$	$-10^\circ$	$0^\circ$	$10^\circ$	$20^\circ$	$30^\circ$	$40^\circ$	$50^\circ$	$60^\circ$	$70^\circ$	$80^\circ$	$90^\circ$
0,3	0,72	0,84	0,93	1,00	1,04	1,04	1,02	0,96	0,87	0,76	0,62	0,47	0,30
0,1	0,82	0,91	0,97	1,00	1,00	0,97	0,92	0,83	0,72	0,59	0,44	0,27	0,10
0,0	0,87	0,94	0,98	1,00	0,98	0,94	0,87	0,77	0,64	0,50	0,34	0,17	0,00

Таким образом, необходимое минимальное разрывное усилие слабого звена найтова можно найти по формуле:

$$F_{\text{разр}} = \frac{P_y - k_{\text{тр}} \cdot m \cdot g}{f} \cdot 1,5 \cdot e. \quad (16)$$

Здесь  $e$  – коэффициент запаса, зависящий от материала, из которого изготовлено крепёжное устройство (см. табл. 3) ( $e = 2$  – для цепей, скоб, колец, талрепов;  $e = 1,25$  для стального троса одноразового использования,  $e = 3,3$  – при многократном использовании троса и т.д.).

Если с каждой стороны грузового места заводится несколько найтовов, требуемое разрывное усилие делится на их количество. С полученной величиной заходим в каталог (в качестве примера см. приложение 2) и выбираем необходимые характеристики крепёжных устройств.

В данной работе необходимо подобрать стальные тросы для крепления груза в соответствии со своим вариантом задания на заданном судне из расчёта 2 троса с каждой боковой стороны грузового места двумя указанными выше способами.

## **2. Расчёт вероятных условий возникновения резонансной качки и слеминга**

В издаваемых в последние годы международных и национальных документах, касающихся безопасности мореплавания, например [2] или [3], подчёркивается, что соблюдение обязательных критериев остойчивости судна на спокойной воде отнюдь не гарантирует безопасности плавания при неумелом управлении им на взволнованной поверхности моря. Безопасность морского судовождения в условиях неблагоприятной погоды во многом зависит от правильного выбора скорости и курсового угла судна по отношению к фронту набегающей волны. При этом под правильным выбором понимаются такие курс и скорость, при которых обеспечивается отсутствие или уменьшение резонансных явлений при качке. Резонанс бортовой качки может привести к увеличению её амплитуд до угла динамического опрокидывания судна или до такого угла крена, при котором может произойти обрыв найтовок генерального груза или начаться смещение навалочного груза. Резонанс килевой и вертикальной качки может привести к значительному увеличению её амплитуд и усилению днищевого или бортового слеминга и заливания палубы. В общем случае рассматривают два вида резонанса качки – основной и параметрический.

**Основной резонанс качки** возникает при совпадении или близости кажущегося периода волны, зависящего от скорости и курсового угла судна по отношению к волне к периоду собственных колебаний судна, зависящему от параметров его посадки и остойчивости, в частности от метацентрической высоты. Таким образом каждая подошедшая к судну волна, действуя в такт с его собственными колебаниями, добавляет ему энергии, увеличивая амплитуду качки. Аналогично раскачивают качели или иной маятник, толкая их рукой в такт с колебаниями.

**Параметрический резонанс качки** возникает при совпадении или близости периода изменения остойчивости судна на волне к кажущемуся периоду волны. Периодические уменьшения остойчивости возникают из-за изменений момента инерции действующей ватерлинии судна относительно связанной с его корпусом продольной оси при потере части длины и особенно ширины (уменьшении ординат в оконечностях корпуса) этой ватерлинии на волне. Таким образом, амплитуда колебаний при качке возрастает из-за уменьшения остойчивости судна при определённом положении корпуса относительно гребней волн. Аналогично раскачивают качели, стоя на них, и сгибающая / разгибающая ноги, т.е. меняя длину маятника в такт с колебаниями.

Периоды собственных колебаний судна оцениваются по формулам, вывод которых представлен в курсе лекций по данной дисциплине. Для бортовой качки

$$\tau_c^\theta \approx \frac{0,8 \cdot B}{\sqrt{GM}}, \quad (17)$$

где  $B$  – ширина судна, м.

Для килевой и вертикальной качки

$$\tau_c^\varphi \approx 2,68 \cdot \sqrt{D_{ср}}, \quad (18)$$

где  $D_{ср}$  – средняя осадка судна, м.

Кажущийся период волны можно найти, как отношение длины волны к скорости сближения судна и фронта волны:

$$\tau_k = \frac{\lambda}{1,25 \cdot \sqrt{\lambda} + 0,514 \cdot V_0 \cdot \cos q}, \quad (19)$$

где  $\lambda$  – длина волны, м;

$V_0$  – скорость судна относительно воды, уз.;

$q$  – курсовой угол волны, град.

На рис. 4 представлен вид амплитудно-частотной характеристики качки судна. По оси абсцисс здесь откладывается отношение кажущегося периода волны к периоду собственных колебаний судна, а по оси ординат – амплитуда качки. Из рисунка видно, что амплитуды качки резко возрастают, когда отношение кажущегося периода волны к периоду собственных колебаний судна равно единице (т.е. периоды совпадают) или отличается от этой величины не

более, чем на 30% в ту или другую сторону. То есть условие возникновения **основного резонанса качки** можно записать следующим образом:

$$0,7 \cdot \tau_c \leq \tau_k \leq 1,3 \cdot \tau_c. \quad (20)$$

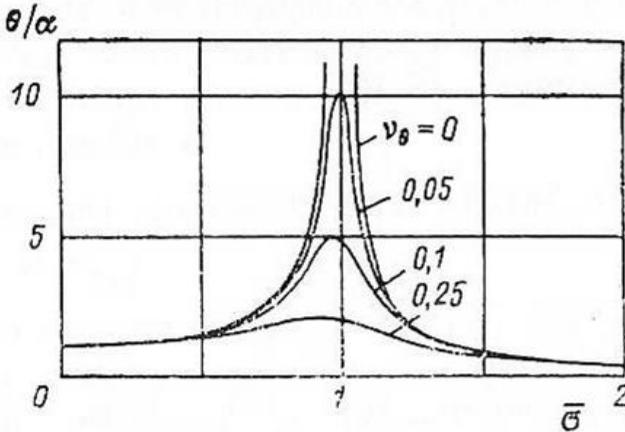


Рис. 4. Амплитудно-частотная характеристика качки судна

На основе формул (19) и (20) разработана диаграмма Ремеза (Приложение 10), наглядно показывающая соотношения скоростей судна и курсовых углов волны при различной её длине, при которых возможно возникновение основного резонанса различных видов качки. Для того чтобы ею воспользоваться, необходимо рассчитать периоды собственных колебаний судна по формулам (17) и (18). Далее нужно взять 0,7 и 1,3 от каждого периода (для чего можно воспользоваться вспомогательной шкалой над диаграммой). Выбрать кривые, соответствующие полученным значениям периодов (при необходимости интерполировать между кривыми) в верхней части диаграммы. Точки пересечения соответствующих кривых с горизонтальной линией, проведённой через соответствующее значение длины волны, дадут ширину резонансной зоны, в которую не должен попасть конец вектора скорости судна при соответствующей скорости и курсовом угле в нижней части диаграммы. Вместо длины волны можно использовать также высоту значительного волнения, которая указывается в прогнозе, высоту волны 3% обеспеченности, по которой задаются регистровые ограничения

судна в Правилах Регистра (две шкалы слева от диаграммы) или шкалу балльности волнения справа от диаграммы.

**Параметрический резонанс качки** возникает обычно при уменьшении момента инерции действующей ватерлинии и соответствующем уменьшении метацентрического радиуса, а также метацентрической высоты вследствие сужения ватерлинии в оконечностях корпуса судна на волне. При этом середина корпуса должна находиться на гребне волны, а оконечности – в соседних с этим гребнем ложбинах волн. Поскольку у большинства судов обводы корпуса в оконечностях сужаются книзу, понижение уровня воды на корпусе в этих местах обеспечивает уменьшение ординат действующей ватерлинии и, соответственно, её момента инерции относительно продольной оси. То есть параметрический резонанс качки наблюдается при длине волны, близкой к длине корпуса судна. Увеличение амплитуды качки очень сильно зависит от обводов корпуса в оконечностях (большое увеличение амплитуд наблюдается только у судов с сильным развалом бортов). Непременным условием возникновения параметрического резонанса является близость кажущегося периода волны к половине периода собственных колебаний судна. То есть судно должно совершать одно полное колебание за время прохождения двух последовательных волн, каждый раз отклоняясь на максимальный угол от вертикального положения, когда середина корпуса находится на гребне волны. Такое явление наблюдается на попутных курсовых углах. Поскольку для оценки возможности возникновения параметрического резонанса необходимы сложные расчёты с применением теоретического чертежа судна, этот вид резонанса в данной лабораторной работе не рассматривается.

Для оценки условий отсутствия слеминга применяется формула

$$\frac{L}{D_n} \leq A \frac{\lambda_{max}}{h_{max}}, \quad (21)$$

где  $L$  – длина судна, м;

$D_n$  – осадка носом, м;

$\lambda_{max}$  – длина самых больших волн, м;

$h_{max}$  – высота самых больших волн, м.

Коэффициент  $A$  находится по графику рис. 5 в зависимости от числа Фруда:

$$Fr = \frac{V_0}{\sqrt{9,81 \cdot L}}. \quad (22)$$

Таким образом для определения предельно допустимой скорости судна, при которой отсутствует слеминг, необходимо, чтобы

$$\frac{Lh_{max}}{D_n \lambda_{max}} \leq A. \quad (23)$$

При помощи найденного значения  $A$  по рис. 5 определяем максимально допустимое число Фруда, а с его помощью находим максимально допустимую скорость судна:

$$V_0 = Fr \cdot \sqrt{9,81 \cdot L}. \quad (24)$$

В данной работе необходимо, используя диаграмму Ремеза, подобрать курсовые углы и скорости судна на заданном волнении, при которых будет отсутствовать основной резонанс качки, и проверить возможность возникновения слеминга, используя формулы (21–24).

### 3. Расчёты, выполняемые при аварийной буксировке

Потребность в аварийной буксировке может возникнуть у любого судна при выходе из строя его главных двигателей, движителей или органов управления. При этом выполнение такой буксировки специализированным буксиром-спасателем (или иным судном, принадлежащим другому судовладельцу), когда неисправность на аварийном судне возникла в море, обычно считается спасательной операцией, стоимость выполнения которой рассчитывается, как определённый процент от стоимости судна, груза на его борту и фрахта, т.е. она заведомо очень велика. Поэтому обычно судовладельцы стараются при наличии малейшей возможности действовать для аварийной буксировки принадлежащие им суда, особенно, когда позволяют погодные условия, а отбуксировать аварийное судно требуется на сравнительно небольшое расстояние. При этом у судоводителя, получившего от своего судовладельца

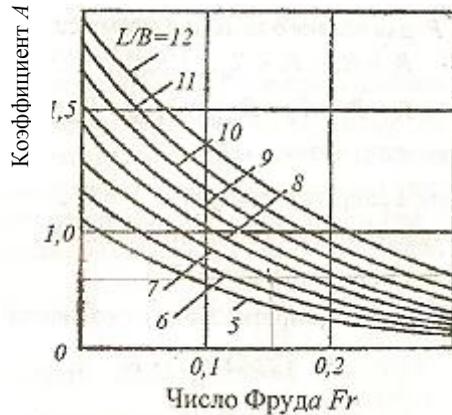


Рис. 5. Значение коэффициента  $A$

задание на выполнение аварийной буксировки, возникает необходимость выполнить ряд расчётов для того, чтобы обеспечить целостность буксирных тросов и палубных конструкций, задействованных в их креплении. Все суда длиной 100 м и более, а также танкеры независимо от размеров должны иметь на борту собственный буксирный трос, диаметр, длина и разрывное усилие которого приводятся в Правилах классификационного общества, которому поднадзорно данное судно. Буксирные тросы, а также швартовные тросы, якоря и якорь-цепи подбираются в этих правилах с помощью специальной таблицы (Приложение 1), в которую заходят с величиной, называемой «Характеристикой снабжения». Она рассчитывается по приведённой в этих же Правилах формуле:

$$N_C = \Delta^{2/3} + 2BH + 0,1 A^\circ. \quad (25)$$

Здесь  $\Delta$  – весовое водоизмещение судна при осадке по летнюю грузовую марку, т;

$H$  – высота от летней грузовой ватерлинии до верхней кромки настила палубы рубки, м;

$A^\circ$  – боковая площадь парусности судна при летней осадке, м<sup>2</sup>.

Боковые площади парусности судна в зависимости от осадки иногда приводятся в виде таблиц в судовых буклетах «Информации об остойчивости» (Приложение 5 для судов 1 и 2). Эти данные обычно используются для оценки остойчивости по критерию погоды, но в данном случае их можно использовать для расчёта характеристики снабжения, зайдя в таблицу с величиной летней осадки. В случае отсутствия в буклете такой таблицы можно найти примерную площадь парусности по чертежу судна. Для этого на виде сбоку силуэта судна проставлены размеры (см. Приложение 5 для судна 3). Чёрным цветом здесь закрашена надводная часть судна, более светлой штриховкой – подводная. Площадь парусности складывается из боковой площади надводной части корпуса (произведение длины на сумму высоты надводного борта и высоты комингса грузового трюма) и боковой площади надстройки (произведение длины надстройки на её высоту). Площадь проёмов между надстройкой и дымовой трубой, а также площадь под наклонной частью форштевня, которые в идеале нужно вычесть из полученной площади парусности, приблизительно компенсируются суммарной площадью парусности бака, лееров, мачт, антенн и т.д. На практике можно взять чертёж судна и, сняв с него размеры, вычислить пло-

падать парусности более точно, но здесь, в учебных целях, достаточно определить её, как указано выше.

### **Расчёт тяги на гаке и скорости буксировки**

Если судно (или в данном случае состав из двух судов) движется прямолинейно с определённой постоянной скоростью, то сила создаваемого гребным винтом (винтами) упора равна суммарной силе сопротивления воды и воздуха движению судна (в данном случае состава). Как известно, при увеличении скорости движения судна (состава) сопротивление движению растёт пропорционально квадрату скорости, а упор винта падает из-за того, что винт поступательно движется в воде и при этом отбрасывает назад только часть подтекающей к нему воды. Равенство упора винта буксировщика при оборотах, соответствующих полному ходу, и сопротивления движению состава наблюдается при определённой скорости движения, которая и будет искомой максимально возможной скоростью буксировки. Удобнее всего находить эту скорость при помощи построенных в одной системе координат графиков зависимости упора винта буксирующего судна и сопротивления движению состава от скорости движения (рис. 6, линии 1 и 4 соответственно). Максимальное значение упора наблюдается, когда судно стоит на месте (на швартовах) и винт отбрасывает назад максимальное количество воды. Его можно найти по эмпирической формуле:

$$T_{ш} = 0,15 \cdot N_i, \quad (26)$$

где  $N_i$  – суммарная мощность главных двигателей судна.

При скорости полного хода буксирующего судна на тихой воде упор его винта (или суммарный упор винтов, если их несколько) на этой скорости, будет равен сопротивлению движения этого судна на этой скорости без учёта влияния на него внешних факторов (ветра и волнения). Упор винта будет падать прямо пропорционально скорости, поэтому, отложив на графике упор винта на швартовах при скорости, равной нулю, а также сопротивление движению судна без учёта внешних факторов при скорости полного хода и соединив полученные точки прямой линией, получим график изменения упора винта буксировщика в зависимости от его скорости (см. рис. 6, линия 1).

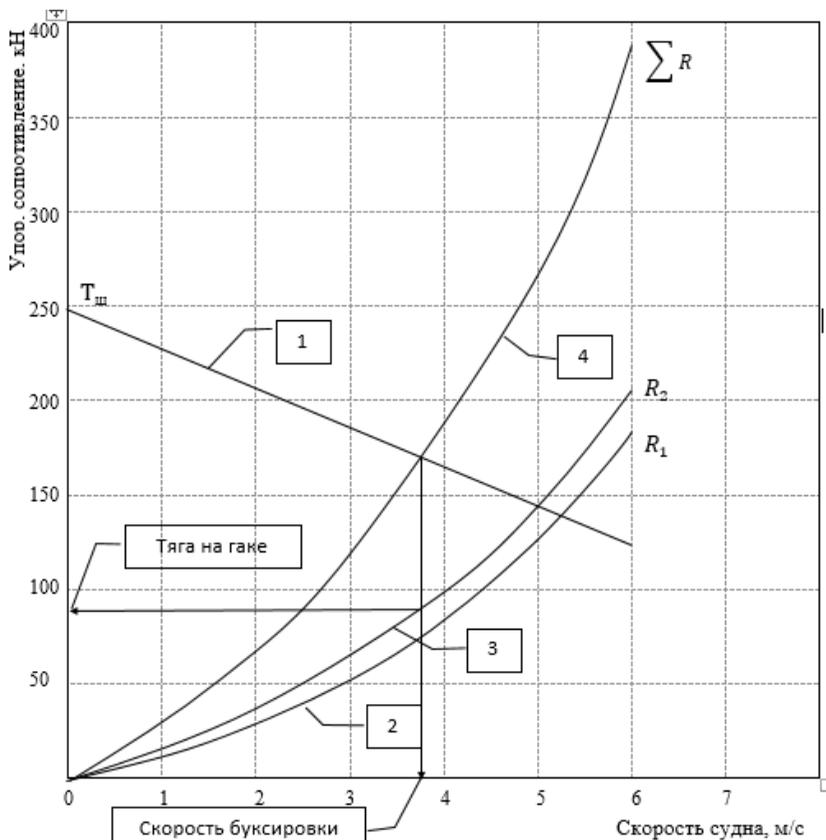


Рис. 6. Графики зависимости упора винта буксировщика и сопротивления движению судов от скорости

Полное сопротивление движению судна (см. рис. 6, линии 2 и 3 для буксировщика и буксируемого соответственно) в общем случае складывается из следующих составляющих:

$$R = R_f + R_r + R_{возд} + R_{волн} + R_{винт}, \quad (27)$$

где  $R_f$  — сопротивление трения, кН;

$R_r$  — остаточное сопротивление (из-за затрат энергии на образование волн корпусом судна), кН;

$R_{возд}$  — сопротивление воздуха, кН;

$R_{волн}$  — дополнительное сопротивление, создаваемое морским волнением, кН;

$R_{\text{винт}}$  – дополнительное сопротивление, создаваемое застопоренным гребным винтом буксируемого судна (у буксирующего судна отсутствует), кН.

Перечисленные виды сопротивления движению находятся по следующим формулам:

$$R_f = f \cdot \gamma \cdot \Omega \cdot V^{1,83}; \quad (28)$$

$$R_r = 0,09 \cdot \frac{C_B \cdot \Delta \cdot V^4}{L^2}; \quad (29)$$

$$R_{\text{возд}} = c \cdot \frac{\rho_a}{2} \cdot S_{\otimes} \cdot (V + W)^2; \quad (30)$$

$$R_{\text{волн}} = k \cdot \frac{\gamma}{2} \cdot \Omega \cdot V^2 \cdot 10^{-3}; \quad (31)$$

$$R_{\text{винт}} = 0,5 \cdot \theta \cdot d^2 \cdot V^2. \quad (32)$$

Здесь  $f$  – коэффициент трения, принимается равным 0,0014;

$\gamma$  – плотность воды, для морской воды равна 1,025 т/м<sup>3</sup>;

$V$  – скорость судна, м/с;

$W$  – скорость ветра, м/с;

$C_B$  – коэффициент полноты водоизмещения;

$S_{\otimes}$  – лобовая площадь парусности судна (проекция надводной поверхности на плоскость мидель-шпангоута), м<sup>2</sup>;

$\rho_a$  – плотность воздуха, принимается равной  $0,122 \times 10^{-3}$ ;

$k$  – балл волнения;

$D$  – диаметр винта, м;

$\theta$  – дисковое отношение винта;

$\Omega$  – площадь смоченной поверхности корпуса, м<sup>2</sup>,

$$\Omega = 1,05 \cdot L \cdot (1,7D_{\text{ср}} + C_B \cdot B).$$

Сопротивление движению буксирующего и буксируемого судов (при однотипных судах отличаются друг от друга на величину сопротивления гребного винта) рассчитываются для полного хода, а затем – для малого хода (скорость 50% от полного) и для среднего хода (скорость 75% от полного) с использованием зависимости:

$$R = R_{\text{пх}} \cdot \left( \frac{V}{V_{\text{пх}}} \right)^2, \quad (33)$$

где  $R_{\text{пх}}$  – сопротивление движению при скорости полного хода  $V_{\text{пх}}$ ;

$R$  – сопротивление движению при скорости  $V$ .

То есть для среднего хода

$$R = R_{\text{пх}} \cdot 0,56,$$

для малого хода

$$R = R_{\text{пх}} \cdot 0,25.$$

Результаты вычислений заносятся в таблицу вида:

Таблица 5

**Зависимость сопротивления движению судов от скорости**

Скорость, м/с	Сопротивление движению судна, кН		
	Буксировщика	Буксируемого	Общее
Полный ход			
Средний ход			
Малый ход			

По табл. 5 строятся графики вида, изображённого на рис. 6. Точка пересечения графика зависимости упора винта от скорости и графика зависимости общего сопротивления состава от скорости даёт нам максимально возможную скорость буксировки. Сопротивление движению буксируемого судна при этой скорости создаёт нагрузку на буксирный трос, называемую «Тяга на гаке». Это название происходит от того, что на буксирных судах, не оборудованных буксирной лебёдкой, для крепления буксирного троса обычно используется специальное поворотное устройство с гаком.

**Проверка буксирной линии на допустимое удлинение**

При движении состава из буксировщика и буксируемого судна на взволнованной поверхности моря оба судна совершают колебательные движения по круговым траекториям с радиусом, близким к половине высоты волны (рис. 7). Горизонтальная составляющая таких движений приводит к тому, что суда могут то «сходиться», то «расходиться» на расстояние, в худшем случае не превышающее высоту волны (рис. 7, б). Максимальные нагрузки на буксирный трос при его натяжении в этом случае составляют величину, равную суммарному весу обоих судов. Естественно, тросов, способных выдержать такие нагрузки, в природе не существует. Поэтому увеличение расстояния между судами  $\Delta l$  должно компенсироваться, с одной стороны, за счёт упругих деформаций (растяжения подобно пружине) троса  $\Delta l_e$ , а с другой – удлинением буксирной линии за счёт её распрямления  $\Delta l_f$  (ликвидации стрелки провисания,

обозначенной на рис. 7, а буквой  $f$ ), по-другому называемым весовой игрой. То есть:

$$\Delta l = \Delta l_e + \Delta l_f. \quad (34)$$

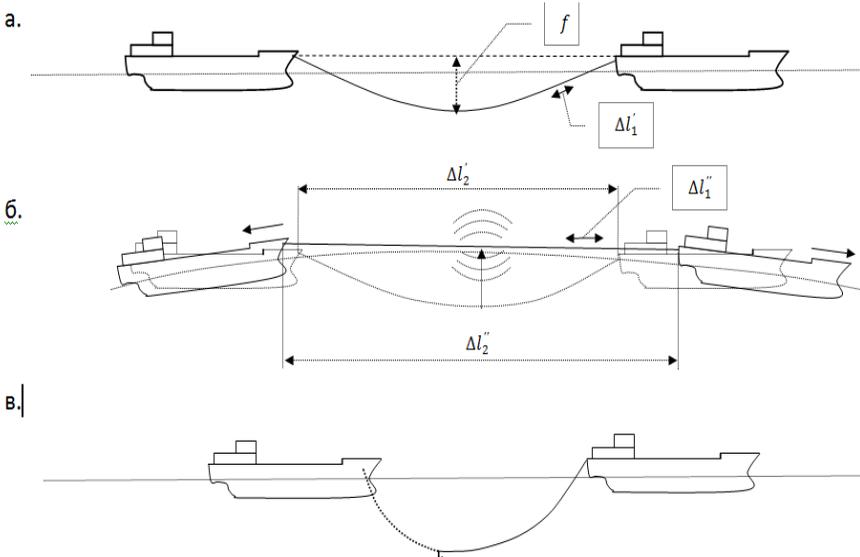


Рис. 7. Схема изменения расстояния между буксировщиком и буксируемым судном на волнении.

**Упругая деформация** троса при «расхождении» судов на волне находится, как разность его упругой деформации  $\Delta l_1''$  при усилии, равном 0,7 (или 70%) от разрывного (при превышении разрывного усилия трос растянуться больше не может и поэтому лопается) и упругой деформации  $\Delta l_1'$  при усилии, равном тяге на гаке:

$$\Delta l_e = \Delta l_1'' - \Delta l_1'. \quad (34)$$

Этот вид деформации определяется по формуле

$$\Delta l_1 = \frac{T \cdot l_T}{E \cdot F}, \quad (35)$$

где  $T$  – усилие, приложенное к тросу (тяга на гаке или разрывное усилие троса), кН;

$l_T$  – длина троса, м;

$E$  – модуль упругости (для стального троса принимается равным 7500 кН/см<sup>2</sup>);

$F$  – площадь сечения троса, см<sup>2</sup>,  $F = \frac{\pi \cdot d_T^2}{4}$ ;

$d_T$  – диаметр троса, см.

**Увеличение расстояния между судами за счёт распрямления буксирного троса** определяется по выражению

$$\Delta l_f = \Delta l'_2 - \Delta l''_2. \quad (36)$$

Здесь  $\Delta l'_2$  – разность расстояний между судами и длиной буксирного троса при его натяжении, соответствующем тяге на гаке;

$\Delta l''_2$  – разность расстояний между судами и длиной буксирного троса при его натяжении, соответствующем 0,7 от разрывного усилия.

Эта разность определяется по формуле

$$\Delta l_2 = \frac{f \cdot q \cdot l_T \cdot g}{3000 \cdot T}, \quad (37)$$

где  $q$  – масса погонного метра буксирного троса, кг/м. Она может определяться по каталогу (пример – см. табл. 6) или по формуле

$$q = 0,03 c^2; \quad (38)$$

$c$  – длина окружности троса, см.  $c = \pi \cdot d_T$ ;

$f$  – стрелка провисания троса, м, при соответствующем натяжении (тяги на гаке или 0,7 разрывного усилия), м, рассчитывается по формуле

$$f = \frac{g \cdot l_T^2 \cdot q}{8000 \cdot T}. \quad (39)$$

Таблица 6

Выписка из ГОСТ 2668–80

Диаметр каната, мм	Масса погонного метра, кг/м
24,0	2,110
25,5	2,390
27,0	2,685
28,0	2,910
30,5	3,490
32,0	3,845
33,5	4,220
37,0	5,015
39,5	5,740
42,0	6,535

Если полученное суммарное удлинение буксирной линии  $\Delta l$  за счёт упругих деформаций и ликвидации провисания троса меньше ожидаемой высоты волны, необходимо каким-то образом утяжелить буксирный трос для увеличения его провисания. Для этого проще всего использовать якорную цепь буксируемого судна, прикрепив к её концу трос при помощи скобы и затем при помощи брашпиля вытравив её на расстояние до 1/8 общей длины получившегося таким образом комбинированного буксирного троса (см. рис. 7, в). Якорное устройство судна рассчитано на удержание гружёного судна на месте якорной стоянки, то есть оно способно выдержать и усилие, соответствующее тяге на гаке. Поэтому такой способ крепления буксирного троса на буксируемом судне заодно позволяет при отсутствии специальных буксировочных кнехтов избежать более сложных (типа браги) способов его крепления за прочные судовые конструкции, а также при необходимости (например, при входе в узкость или выходе на мелководье) регулировать длину буксирной линии, подбирая или потравливая якорь-цепь при помощи брашпиля. Увеличение расстояния между судами за счёт распрямления комбинированного буксирного троса и стрелка его провисания рассчитываются по приведённым выше формулам (36), (37) и (39), в которых масса погонного метра принимается из выражения

$$q = \frac{q_{\text{ц}} \cdot l_{\text{ц}} + q_{\text{т}} \cdot l_{\text{т}}}{l_{\text{ц}} + l_{\text{т}}}. \quad (40)$$

Здесь индексы «ц» и «т» относятся к весу погонного метра цепи и троса соответственно. Вес погонного метра цепи можно определить по выражению

$$q = 0,023 \cdot d_{\text{ц}}^2, \quad (41)$$

где  $d_{\text{ц}}$  – калибр цепи **в миллиметрах**.

Увеличить стрелку провисания буксирного троса при необходимости можно также путём уменьшения скорости буксировки и снижения таким образом сопротивления буксируемого судна (тяги на гаке).

В данной работе необходимо рассчитать скорость буксировки заданным судном однотипного судна при заданных погодных условиях и проверить буксирный трос на допустимое удлинение. При необходимости добавить в него якорь-цепь.

#### 4. Оценка возможности снятия судна с мели

После посадки судна на мель в числе первоочередных мероприятий определяется наличие или отсутствие водотечности корпуса путём осмотра его отсеков, в которые имеется свободный доступ, а также контрольных промеров уровней жидкостей в отсеках, в которые такого доступа не имеется (танков, трюмов, коффердамов и т.д.). Помимо этого определяются по маркам углублений или по замеренным расстояниям до палубной линии осадки в носовой, кормовой частях корпуса и на миделе. По мере возможности при помощи ручного лота производятся промеры глубин вокруг судна и определяется характер грунта.

Оценка возможности снятия судна с мели производится путём сравнения имеющегося тягового усилия (упора винтов только самого судна или ещё и доступной дополнительной тяги, например, упора винтов буксировщиков, или тяги якорно-швартовых устройств при завезённых на глубокую воду якорях) и силы трения, препятствующей сдвигу судна с мели. При этом сила трения может быть найдена путём умножения силы реакции грунта на коэффициент трения судна о грунт:

$$F_{\text{тр}} = f_{\text{тр}} \cdot P, \quad (42)$$

где  $f_{\text{тр}}$  – коэффициент трения корпуса судна о грунт, принимается в зависимости от рода грунта по табл. 7;

$P$  – сила давления корпуса на грунт (сила реакции грунта), кН.

Таблица 7

Коэффициент трения корпуса о грунт

Вид грунта	Коэффициент $f_{\text{тр}}$
Глина жидкая, ил	0,18–0,22
Глина мягкая	0,23–0,30
Глина с песком	0,30–0,32
Песок	0,35–0,38
Галька	0,32–0,42
Каменистый грунт	0,30–0,42
Бульжник	0,42–0,50

Сила реакции грунта в общем случае равна разности сил тяжести и сил плавучести, действующих на сидящее на мель судно. Если судно находится на плаву эти силы компенсируют друг друга, то есть по величине они равны между собой. При посадке на мель судно частично выходит из воды, т.е. частично уменьшается объём вытесняемой корпусом воды (его объёмного водоизмещения) и происходит потеря части сил плавучести. Если судно при посадке на мель получает пробоину, повреждённые отсеки перестают вытеснять воду, что приводит к дополнительному уменьшению сил плавучести. Если для облегчения снятия с мели судно частично разгрузить, соответственно уменьшится и действующая на него сила реакции грунта. То есть в общем случае сила реакции грунта может быть найдена по формуле:

$$P = \Delta - \gamma \cdot V_M + \sum \gamma \cdot v_i - \sum p, \quad (43)$$

где  $V_M$  – объёмное водоизмещение судна на мели;

$v_i$  – объём  $i$ -го затопленного отсека;

$\sum p$  – суммарный вес выгруженных грузов.

Если посадка на мель произошла через небольшое время после замера осадок судна на плаву, потерянное за счёт выхода части корпуса из воды, водоизмещение судна можно найти по упрощённой формуле:

$$\Delta - \gamma \cdot V_M = 9,81 \cdot TPC \cdot dD_{cp}, \quad (44)$$

где  $TPC$  – количество тонн на сантиметр осадки, находится из таблицы гидростатических элементов буклета «Информация об остойчивости судна»;

$dD_{cp}$  – разница средних осадок судна до и после посадки на мель, м.

Средние осадки до и после посадки на мель находятся по формуле:

$$D_{cp} = \frac{D_n + 2D_m + D_k}{4}, \quad (45)$$

где  $D_n, D_m, D_k$  – средние (между правым и левым бортом) осадки на носу, миделе и корме до и после посадки на мель соответственно.

Если осадка судна между последним её замером на плаву и моментом посадки на мель значительно уменьшилась вследствие расхода запасов или требуется более точный расчёт, весовое водоизме-

чение до посадки на мель рассчитывается с помощью таблицы весовых нагрузок с учётом реально имеющихся на борту запасов, а после посадки на мель может быть взято из таблицы гидростатических элементов по средней осадке судна на мели.

Очевидно, что судно самостоятельно сойдёт с мели, если

$$F_{\text{тр}} < T_{\text{ш}}^{\text{зх}}. \quad (46)$$

Упор на швартовах при работе на задний ход можно найти по эмпирической формуле:

$$T_{\text{ш}}^{\text{зх}} = 0,8 \cdot T_{\text{ш}}. \quad (47)$$

Для определения  $T_{\text{ш}}$  см. формулу (26).

Если условие (46) не выполняется, а судно сидит на грунте только одной оконечностью корпуса (это определяется путём сравнения осадок на оконечностях и глубин у борта в районе оконечностей или попыткой протянуть под судном с кормы в нос подкильные концы), при наличии возможности приёма или перемещения груза или балласта можно попытаться изменить крен или дифферент с тем, чтобы приподнять сидящую на грунте оконечность. Изменение реакции грунта при приёме груза весом  $p$  на оконечность, противоположную сидящей на мели, рассчитывается по формуле

$$dP = -p \cdot \left[ 1 - \frac{\gamma \cdot S \cdot (x_f - x_a) \cdot (x - x_a)}{\Delta \cdot H + \gamma \cdot S \cdot (x_f - x_a)^2} \right], \quad (48)$$

где  $x_f$  – абсцисса центра тяжести ватерлинии судна. Находится из таблицы гидростатических элементов судна. В данной работе можно принять равной 0,5 м;

$x_a$  – абсцисса точки приложения равнодействующей реакции грунта. В данной работе можно принять равной  $\frac{1}{2} L$ ;

$x$  – абсцисса центра тяжести принятого груза (балласта);

$S$  – площадь действующей ватерлинии судна;

$H$  – продольная метацентрическая высота судна.

При перемещении груза или балласта он считается снимаемым с оконечности, сидящей на грунте и принимаемым на противоположную оконечность. При этом абсциссы  $x$  берутся для тех мест, где расположен центр тяжести груза до и после перемещения или центры тяжести соответствующих балластных цистерн.

Если проведённые расчёты показывают, что судно самостоятельно сойти с мели не может, то требуется дополнительная тяга, определяемая из выражения

$$F_g = F_{\text{тр}} - T_{\text{ш}}^{\text{зх}}. \quad (49)$$

Если для стягивания с мели задействовано несколько судов, величина их совместного усилия рассчитывается, как

$$F_g = n \cdot \sum T_{\text{ш}} \cdot \cos \beta, \quad (50)$$

где  $n$  – количество судов.

$\sum T_{\text{ш}}$  – суммарный упор их винтов на переднем ходу.

$\beta$  – угол между буксирными тросами.

Если снятие с мели производится рывком буксировщика, то создаваемое им дополнительное усилие принимается равным 0,8 от разрывного усилия применяемого буксирного троса. В данной работе необходимо оценить возможность самостоятельного снятия с мели заданного судна. При необходимости рассчитать потребную для этого дополнительную тягу.

## **5. Расчёт длины вытравленной цепи при постановке судна на якорь**

Длина якорной цепи, вытравливаемой при постановке судна на рейд, должна выбираться таким образом, чтобы сумма действующих на судно сил компенсировалась силой натяжения цепи. При этом определённый участок цепи при её максимальном натяжении должен лежать на грунте, обеспечивая горизонтальное положение веретена якоря с тем, чтобы лапы якоря заглублялись в грунт, препятствуя смещению судна. Таким образом, строго говоря, длина цепи зависит от глубины в месте якорной стоянки, водоизмещения судна, массы и типа (коэффициента держащей силы) якоря, массы (калибра) якорной цепи и величины воздействующих на судно внешних усилий (силы или скорости ветра, наличия и скорости течения, площади парусности надводной части судна, площади погруженной части мидель-шпангоута, наличия или отсутствия рывков при рыскании судна на якорю). Масса якоря и калибр якорной цепи подбираются, как описывалось выше, в разделе 3, при помощи характеристики снабжения с учётом водоизмещения и размеров судна, т.е. часть упомянутых выше факторов учитывается уже при проектировании судна, поэтому на практике для определения необходимой длины вытравленной цепи обычно пользуются эмпирическими формулами.

$$l_{\text{яц}} = (5-7) \cdot H_{\text{гл}}, \quad (51)$$

где  $H_{\text{гл}}$  – глубина в месте якорной стоянки, м.

По формуле (51) необходимая длина цепи определяется в метрах. Формула обычно применяется российскими судоводителями.

$$l_{\text{яц}} = \sqrt{H_{\text{гл}}}. \quad (52)$$

По формуле (52) длина цепи определяется в смычках, при том что величина  $H_{\text{гл}}$  берётся в метрах. Формула применяется чаще на иностранных судах. Обе формулы дают приблизительно одинаковые результаты.

При недостаточности длины вытравленной цепи, вычисленной изложенным выше способом, в случае усиления ветра и (или) течения судно начинает дрейфовать на якорю. В этом случае вытравливают дополнительное количество цепи до прекращения дрейфа, а при невозможности сделать это (вытравлена вся цепь, а дрейф не прекратился или, например, размеры якорной стоянки ограничены), меняют место якорной стоянки. В особо тяжёлых случаях выбирают якорь и ложатся в дрейф, дожидаясь ослабления воздействующих на судно внешних факторов. Помимо указанных выше существует множество редко применяемых на практике эмпирических формул, позволяющих вычислить необходимую длину якорной цепи, исходя из характеристик якоря и цепи, а также учитывающих воздействие на судно внешних факторов. Например, для **определения необходимой длины цепи из расчёта полного использования держащей силы якоря и участка цепи, лежащего на грунте**, может быть использована формула

$$l_{\text{яц}} = H_{\text{кл}} \cdot \sqrt{1 + \frac{2}{H_{\text{кл}}} \left( \frac{m_{\text{я}} \cdot k}{q} + a \cdot f \right)}, \quad (53)$$

где  $m_{\text{я}}$  – масса якоря, кг;

$k$  – удельная держащая сила якоря, зависящая от типа и массы якоря, в целях настоящей лабораторной работы может быть принята по табл. 8;

$q$  – вес погонного метра якорной цепи в воде, может быть рассчитан по формуле  $q = 0,018 \cdot d_{\text{ц}}^2$ , см. также формулу (41);

$a$  – длина участка цепи, лежащего на грунте (принимается равной 50 м);

$f$  – коэффициент трения цепи о грунт, зависящий от рода грунта, принимается по табл. 9;

$H_{\text{ккл}}$  – высота якорного клюза над грунтом, м, определяется по формуле

$$H_{\text{ккл}} = H_{\text{гл}} + (H_{\text{к}} - D_{\text{н}}), \quad (54)$$

где  $H_{\text{к}}$  – высота клюза над основной плоскостью судна (её можно принять равной расчётной высоте борта), м.

Таблица 8

Удельная держащая сила якоря

Масса якоря $m_{\text{я}}$ , кг	Удельная держащая сила $k$ для грунта		
	илистого	песчаного	гальки
1500	0,9–2,5 (1,7)	2,0–2,9 (2,5)	2,4–3,6 (3,0)
3000	0,9–2,4 (1,7)	1,9–2,8 (2,4)	2,3–3,6 (2,9)
5000	0,8–2,2 (1,5)	1,8–2,6 (2,2)	2,1–3,3 (2,7)

Таблица 9

Коэффициент трения якорной цепи о грунт

Грунт	Коэффициент $f$
Песок мелкий	0,35–0,38
Галька	0,38–0,42
Каменная плита	0,40–0,50
Ил	0,10–0,15
Жидкая глина	0,18–0,22
Мягкая глина	0,23–0,30
Песок с глиной	0,30–0,32

При определении длины цепи с учётом воздействия на судно внешних факторов могут применяться следующие формулы. Суммарная сила, действующая на судно, определяется как

$$\sum R = R_{\text{а}} + R_{\text{т}} + R_{\text{ин}}, \quad (55)$$

где  $R_{\text{а}}$  – сила воздействия ветра, кН;

$R_{\text{т}}$  – сила воздействия течения, кН;

$R_{\text{ин}}$  – сила воздействия рыскания и качки, кН.

$$R_{\text{а}} = 0,61 \cdot C_{\text{ха}} \cdot W^2 (A' \cdot \sin q_{\text{н}} + A'' \cos q_{\text{н}}), \quad (56)$$

где  $C_{ха} = (0,8 - 1,0) \cos q_{и}$  – коэффициент воздушного сопротивления;

$W$  – скорость ветра, м/с;

$A'$  и  $A''$  – площади проекции надводной части судна на ДП и плоскость мидель-шпангоута соответственно. Определяются, как указано в разделе 3 и по схематическим изображениям судов приложения 5;

$q_{и}$  – курсовой угол ветра;

$$R_T = 58,8 \cdot B_T \cdot V_T \cdot \sin \theta_T, \quad (57)$$

где  $B_T$  – площадь проекции подводной части корпуса на ДП, приблизительно равна 0,9 произведения расчётной длины судна на осадку, м/с;

$V_T$  – скорость течения, м/с;

$\theta_T$  – угол между направлением течения и ДП.

$$R_{ин} = 8,7 m_{я}. \quad (58)$$

Необходимую длину якорной цепи с учётом вышеуказанных факторов можно найти по формуле

$$l_{яц} = H_{кл} \cdot \sqrt{1 + \frac{2,8}{H_{кл}} \left( \frac{\sum R}{10q} + a \cdot f \right)}. \quad (59)$$

С целью обеспечения безопасности якорной стоянки вытравливают на одну смычку больше.

Минимальная безопасная глубина в месте якорной стоянки определяется как

$$H_{гл} = 1,2 \cdot D_{max} + 0,7 \cdot h_b, \quad (60)$$

где  $D_{max}$  – максимальная осадка судна;

$h_b$  – высота волны в месте якорной стоянки.

При необходимости точно вычислить радиус окружности, опиываемой кормой судна при его развороте на якорю (например, когда стоянка осуществляется на стеснённом рейде и следует ожидать смены направления ветра и (или) течения в период стоянки), можно воспользоваться следующими выражениями. Расстояние от клюза до точки начала подъёма якорной цепи с грунта определяется по формуле

$$X = \frac{\sum R}{10q} \ln \frac{l_{яц} + \sqrt{l_{яц}^2 + \left( \frac{\sum R}{10q} \right)^2}}{\frac{\sum R}{10q}}. \quad (61)$$

Длина отрезка цепи, лежащего на грунте, определяется как

$$a = l_{\text{яц}} - X. \quad (62)$$

Радиус окружности, описываемой кормой судна, можно найти, как:

$$R_{\text{к}} = X + a + L. \quad (63)$$

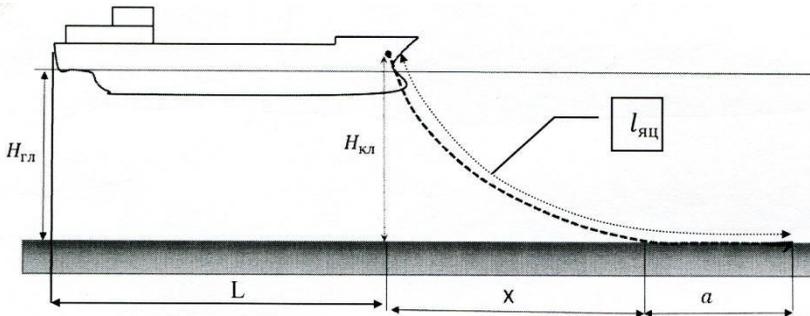


Рис. 8. Якорная стоянка

В данной работе необходимо рассчитать потребную длину якорной цепи для стоянки в заданном месте при заданном течении и погодных условиях приведёнными выше различными способами.

## Литература

1. Правила классификации и постройки морских судов. Т. 1. – СПб. : Российский морской регистр судоходства, 2008.
2. Международный кодекс остойчивости судов в неповреждённом состоянии 2008 года (Кодекс ОШС) (рез. MSC. 267 (85)) с поправками. – 3-е изд. – СПб. : ЦНИИМФ, 2016. – 242 с.
3. Выбор безопасных скоростей и курсовых углов при штормовом плавании судна на попутном волнении (РД 31.00.57.2–91). – СПб. : ЦНИИМФ, 2002. – 58 с.
4. Клементьев А.Н., Токарев П.Н., Хвостов Р.С. Маневрирование и управление судном : метод. указания к выпол. лабор. работ для студ. оч. и заоч. обуч. спец-ти 26.05.05 «Судовождение». – Нижний Новгород : ВГУВТ, 2017. – 91 с.
5. Кодекс безопасной практики размещения и крепления груза (Кодекс РКГ) (по состоянию на 01.01.2006). – URL: docs.cntd.ru/document/420378304. – Текст : электронный.

# ПРИЛОЖЕНИЯ

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

**Выбор характеристик якорных цепей, швартовных и буксирных тросов, массы якорей по характеристике снабжения согласно Правилам РМРС**

Характеристика снабжения $N_c$		Масса якоря, кг	Якорные цепи		Буксирный трос	
более	не более		Суммарная длина, м	Калибр, мм	Длина, м	Разрывное усилие, кН
500	550	1590	412,5	40	190	306
550	600	1740	440	42	190	338
600	660	1920	440	44	190	371
660	720	2100	440	46	190	406
720	780	2880	467,5	48	190	441
780	840	2460	467,5	50	190	480

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

**Выбор характеристик тросов для буксировки судна и крепления груза по разрывному усилию**

Характеристики тросов по ГОСТ 7665–80

ЛК 6×24÷7 ОС (шестипрядный, по 24 проволоки в пряди, с 7 органическими сердечниками)		ЛК 6×30÷7 ОС (шестипрядный, по 30 проволоки в пряди, с 7 органическими сердечниками)	
Диаметр, мм	Разрывное усилие, кН	Диаметр, мм	Разрывное усилие, кН
17	93,40	19	116,00
19	115,00	22	144,00
20,5	139,00	24	174,00
22,5	165,50	26	207,00
24,5	194,50	28	243,50
26	226,00	30	282,50
28	258,00	32	323,00
30	294,50	35	368,50
32	333,00	37	416,50
33,5	372,50	39	466,00
37,5	461,00	43	576,00
41	558,00	47	697,00
45	663,50	52	829,50

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Задания по вариантам

Номер варианта	Судно. Приложения 4, 5	Груз. Приложение 6	Якорная стоянка приложение 9	Условия якорной стоянки приложение 7	Повреждённый отсек. Приложение 8
1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3
4	1	4	4	4	4
5	2	5	1	5	5
6	3	6	2	6	6
7	1	7	3	1	6
8	2	8	4	2	5
9	3	1	1	3	4
10	1	2	2	4	3
11	2	3	3	5	2
12	3	4	4	6	1
13	1	5	1	1	6
14	2	6	2	2	5
15	3	7	3	3	4
16	1	8	1	4	3
17	2	1	2	5	2
18	3	2	3	6	1
19	1	3	4	1	2
20	2	4	1	2	3
21	3	5	2	3	4
22	1	6	3	4	5
23	2	7	4	5	6
24	3	8	1	6	1
25	1	8	2	1	2
26	2	7	3	2	3
27	3	6	4	3	4
28	1	5	1	4	5
29	2	4	2	5	6
30	3	3	3	6	4
31	1	2	4	6	5
32	2	1	1	5	6
33	1	2	3	4	5
34	2	3	4	5	6
35	3	2	1	4	4

Технические характеристики судов

Данные судов	Номера судов		
	1	2	3
Длина габаритная LOA, м	90	89,7	90
Длина расчётная L, м	85	85	85
Ширина В	15,2	13,6	15,2
Расчётная высота борта, м	6,6	7,2	6,6
Поперечная метацентрическая высота GM, м	1,3	0,44	1,0
Осадка носом / на миделе / кормой на плаву, м	5,19 / 5,25 / 5,31	5,7 / 5,7 / 5,7	5,1 / 5,1 / 5,1
Осадка носом / на миделе / кормой на мели, м	5,05 / 5,15 / 5,25	5,5 / 5,6 / 5,7	4,8 / 4,85 / 4,9
Аппликаата центра тяжести, м	5,19	5,33	5,55
Диаметр винта, м	2,6	2,8	2,6
ТРС, т/см	12,5	10,91	12,4
Амплитуда качки $\theta_{max}$ , град	12	15	12
Высота волны $h_b$ , м (для расчёта крепление груза)	3	4	3
Эксплуатационная скорость V, уз	11	12	12
Длина волны $\lambda$ , м	90	100	90
Весовое водоизмещение $\Delta$ , т	5900	5460	5529
Мощность ГД $N_i$ кВт	1850	2400	1800
Площадь действ. ВЛ, S, м <sup>2</sup>	1250	1090	1240
Продольная метацентрическая высота H, м	200	220	250
Абсцисса ЦТ действ. ВЛ $x_f$ , м	-3,8	0,25	-3,7

Схематические изображения судов

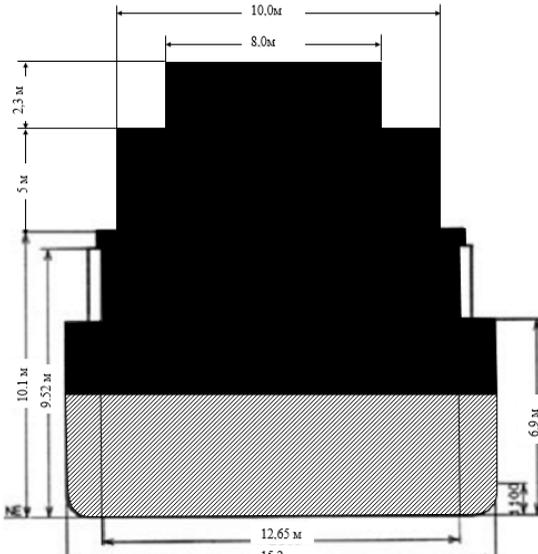
Судно 1



CALCULATION OF WINDMOMENT  
BSM Yardno.689

SILHOUET Without Deck Cargo

Draft m	Displacement kg	Moment kgm	Lever m	Area m <sup>2</sup>
4.800	5339197	165031	0.031	540.57
4.900	5463511	162576	0.030	531.75
5.000	5587949	160130	0.029	522.97
5.100	5712532	157692	0.028	514.22
5.200	5837274	155257	0.027	505.49
5.300	5962241	152819	0.026	496.75
5.400	6087425	150378	0.025	488.00
5.500	6212825	147935	0.024	479.25
5.600	6338437	145488	0.023	470.49
5.700	6464256	143039	0.022	461.72
5.800	6590279	140587	0.021	452.95
5.900	6716511	138133	0.021	444.17

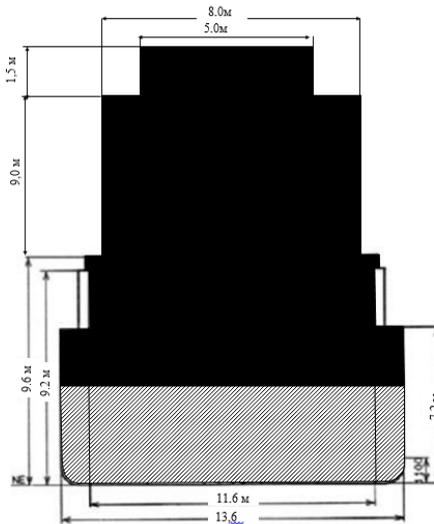


# Судно 2

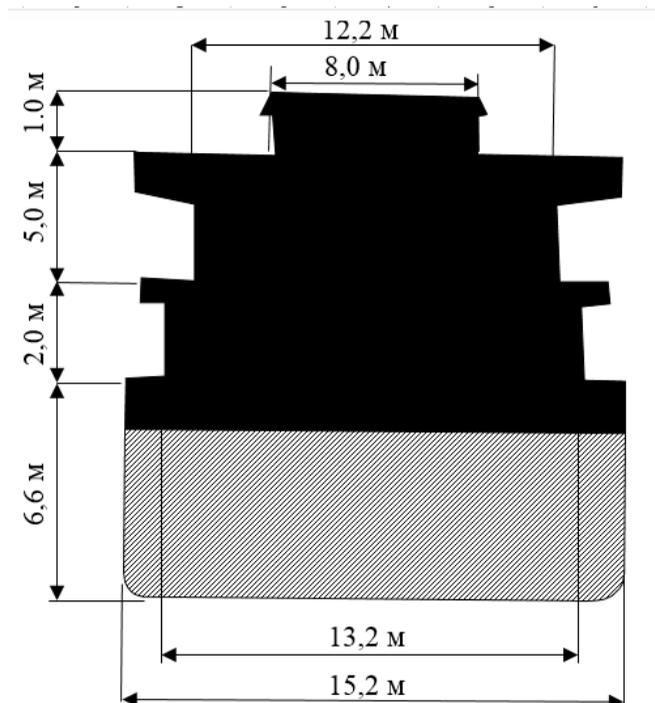
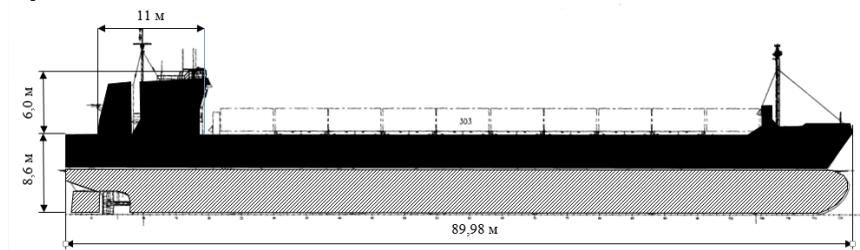


**CALCULATION OF WINDMOMENT**  
**B.S.M. Yardno. 581/582/583**  
**Without deckcargo**

Draft	Section 1	Moment	Lever	Area
3.400	239566	239566	0.077	702.89
3.500	237052	237052	0.074	694.45
3.600	234538	234538	0.071	686.02
3.700	232017	232017	0.068	677.57
3.800	229503	229503	0.066	669.15
3.900	226998	226998	0.063	660.77
4.000	224489	224489	0.061	652.39
4.100	221960	221960	0.059	643.94
4.200	219417	219417	0.056	635.45
4.300	216863	216863	0.054	626.93
4.400	214293	214293	0.052	618.35
4.500	211719	211719	0.050	609.75
4.600	209143	209143	0.049	601.15
4.700	206566	206566	0.047	592.54
4.800	203986	203986	0.045	583.92
4.900	201404	201404	0.044	575.29
5.000	198821	198821	0.042	566.65



### Судно 3



ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Характеристики грузов

Данные о грузовом месте	Номера вариантов грузов							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Длина, м	3	4	4	6	12	4	6	10
Ширина, м	2	2	2,5	2	3	2	2	2
Высота, м	2	2	2	2	3	3	1	3
Вес, тонн	6	10	14	25	35	8	12	20
Расположение	Непосредственно на палубе (крышках трюма) вблизи миделя							
Высота точки крепления найтова над палубой, м	2	2	1	2	3	3	1	3
Расстояние между точками крепления найтовов на грузовом месте, м	2	2	1,5	2	3	2	2	2
Расстояние между точками крепления найтовов на палубе, м	4	3	3	4	5	4	3	6
Вид сепарации	Дерево	Дерево	Резина	Дерево	Дерево	Дерево	Дерево	Дерево
Высота заливания, м	0	0	0,2	0,5	0	0,3	0,2	0,5

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

Условия якорной стоянки

Условия якорной стоянки	Номер варианта					
	1	2	3	4	5	6
Скорость ветра, м/с	8	10	12	5	6	10
Высота волны, м	1	1,5	1,5	1	0,5	1
Скорость течения, м/с	1	1,5	0,5	1	2	0,5

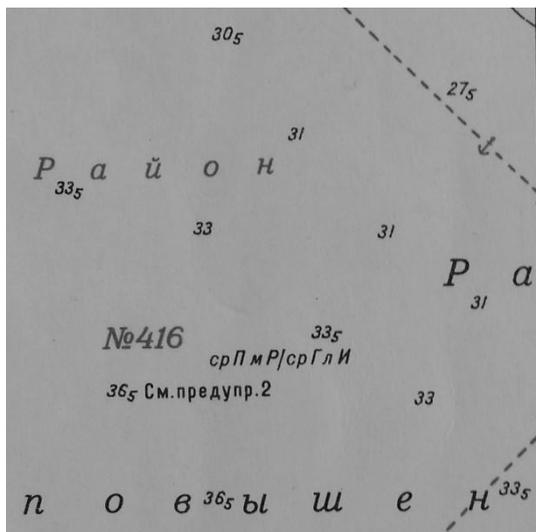
ПРИЛОЖЕНИЕ 8

Характеристики повреждённого отсека

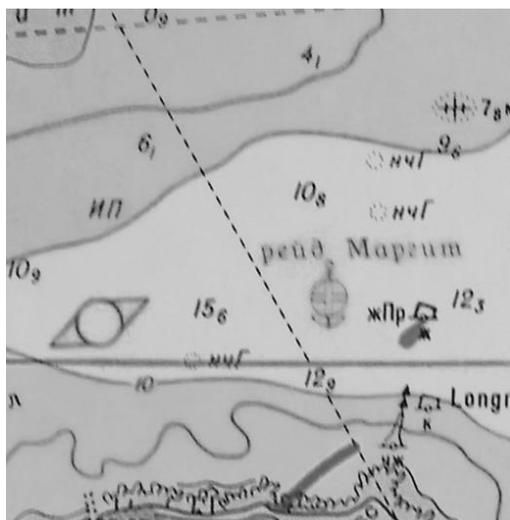
Характеристики отсека	Номер варианта					
	1	2	3	4	5	6
Объём, м <sup>3</sup>	91	95,3	82	184	98,6	182
Абсцисса центра тяжести, м	42	41	40,7	38	40	35,7

Глубины и характер грунта на якорной стоянке

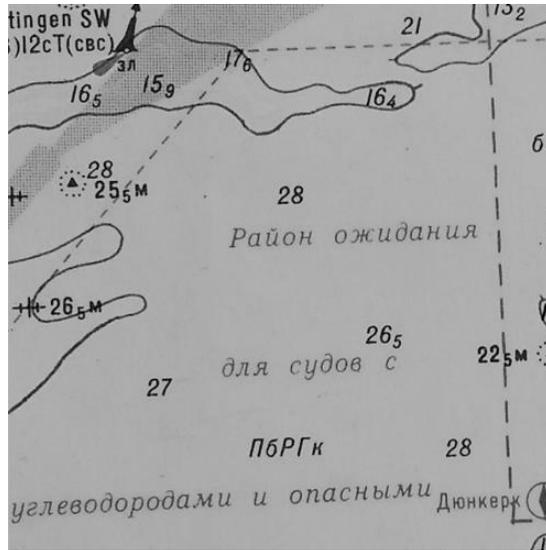
Вариант 1



Вариант 2



### Вариант 3



### Вариант 4

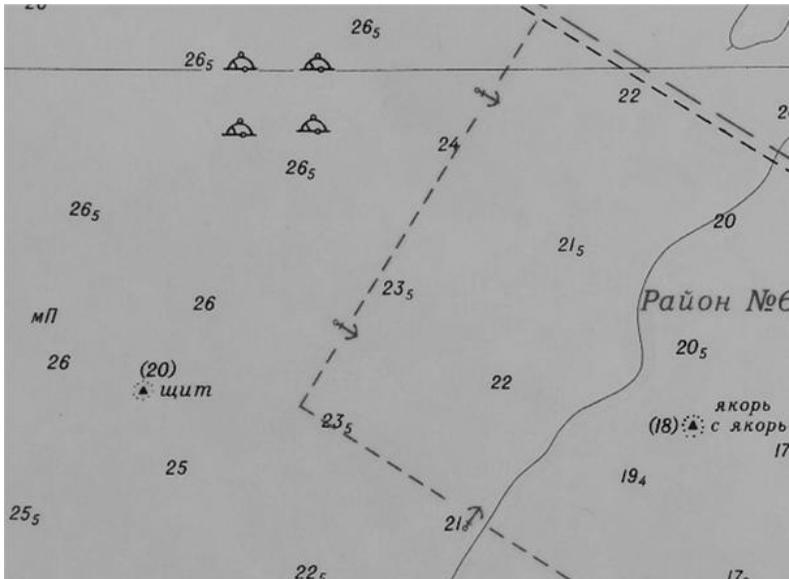
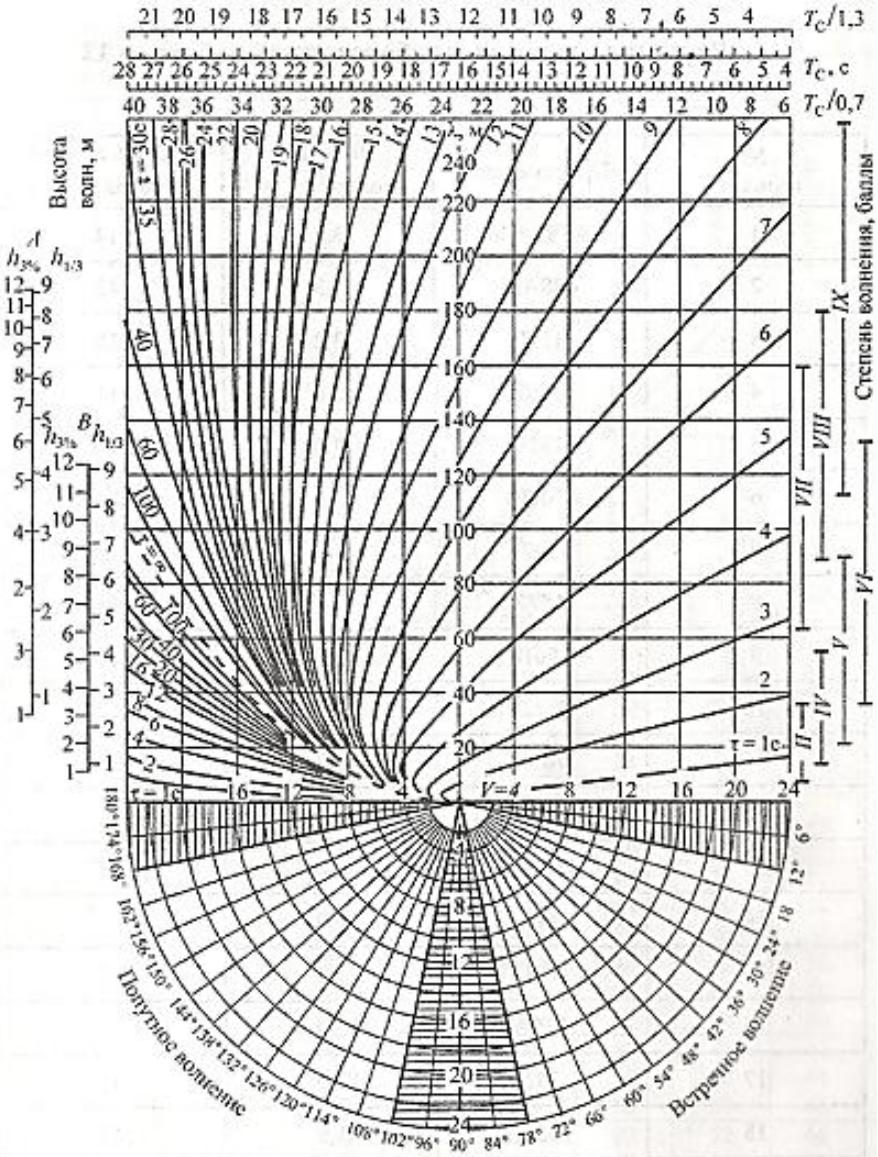


Диаграмма Ремеза



## Оглавление

Введение.....	3
1. Крепление грузов.....	3
2. Расчёт вероятных условий возникновения резонанса качки и слеминга.....	13
3. Расчёты, выполняемые при аварийной буксировке.....	17
4. Оценка возможности снятия судна с мели.....	26
5. Расчёт длины вытравленной цепи при постановке судна на якорь.....	29
<i>Литература</i> .....	33
Приложения.....	34
(1, 2 – 34; 3 – 35; 4 – 36; 5 – 37–39; 6, 7, 8 – 40; 9 – 41–42; 10 – 43)	

---

*Михаил Викторович Осокин*

### **Маневрирование и управление судном**

Справочное пособие

Ведущий редактор *Н.С. Алёшина*

Вёрстка *М.Е. Савиновой*

Подписано в печать 31.05.2021.

Формат бумаги 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Гарнитура «Таймс».

Ризография. Усл. печ. л. 2,75. Тираж 80 экз. Заказ 083.

---

Издательско-полиграфический комплекс ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

603951, Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

## Тесты МиУС (3 курс)

1. Что происходит с одновинтовым судном с винтом правого вращения при движении передним ходом?

1. Корма судна отклоняется вправо.
2. Корма судна отклоняется влево.
3. Судно устойчиво держится на курсе.
4. Судно отклоняется в произвольную сторону.

2. Что происходит с одновинтовым судном с винтом левого вращения при движении задним ходом?

1. Нос судна отклоняется вправо.
2. Нос судна отклоняется влево.
3. Судно устойчиво держится на курсе.
4. Судно отклоняется в произвольную сторону.

3. Что происходит с одновинтовым судном с винтом правого вращения при движении задним ходом?

1. Корма судна отклоняется вправо.
2. Корма судна отклоняется влево.
3. Судно устойчиво держится на курсе.
4. Судно отклоняется в произвольную сторону.

4. Что происходит с одновинтовым судном с винтом левого вращения при движении передним ходом?

1. Нос судна отклоняется вправо.
2. Нос судна отклоняется влево.
3. Судно устойчиво держится на курсе.
4. Судно отклоняется в произвольную сторону.

5. При плавании судна на мелководье при неизменном режиме работы главного двигателя:

1. Рыскливость судна уменьшается.
2. Тормозной путь увеличивается.
3. Диаметр циркуляции уменьшается.
4. Скорость судна уменьшается.
5. Проседание корпуса уменьшается.

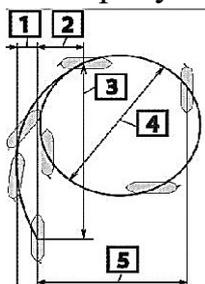
6. При плавании судна на мелководье при неизменном режиме работы главного двигателя:

1. Рыскливость судна уменьшается.
2. Тормозной путь увеличивается.
3. Диаметр циркуляции увеличивается.
4. Скорость судна увеличивается.
5. Проседание корпуса уменьшается.

7. При плавании на мелководье при неизменном режиме работы главного двигателя при выполнении циркуляции:

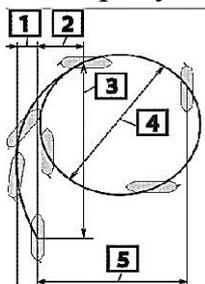
1. Диаметр циркуляции уменьшается.
2. Угол дрейфа увеличивается.
3. Угловая скорость уменьшается.
4. Скорость судна увеличивается.
5. Проседание корпуса уменьшается.

8. Какой элемент циркуляции указан на рисунке под цифрой 2?



1. Выдвиг.
2. Прямое смещение.
3. Обратное смещение.
4. Диаметр установившейся циркуляции.
5. Тактический диаметр циркуляции.

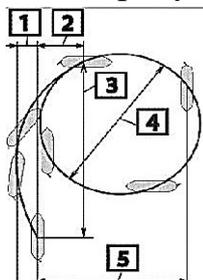
9. Какой элемент циркуляции указан на рисунке под цифрой 4?



1. Выдвиг.
2. Прямое смещение.

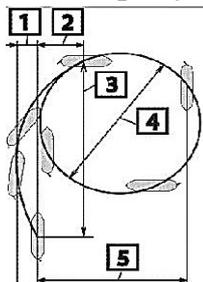
3. Обратное смещение.
4. Диаметр установившейся циркуляции.
5. Тактический диаметр циркуляции.

10. Какой элемент циркуляции указан на рисунке под цифрой 1?



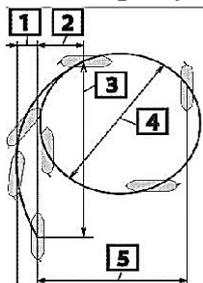
1. Выдвиг.
2. Прямое смещение.
3. Обратное смещение.
4. Диаметр установившейся циркуляции.
5. Тактический диаметр циркуляции.

11. Какой элемент циркуляции указан на рисунке под цифрой 3?



1. Выдвиг.
2. Прямое смещение.
3. Обратное смещение.
4. Диаметр установившейся циркуляции.
5. Тактический диаметр циркуляции.

12. Какой элемент циркуляции указан на рисунке под цифрой 5?



1. Выдвиг.

2. Прямое смещение.
3. Обратное смещение.
4. Диаметр установившейся циркуляции.
5. Тактический диаметр циркуляции.

13.Какая величина зависит от значения скорости судна перед началом выполнения маневра «циркуляция»?

1. Выдвиг.
2. Прямое смещение.
3. Обратное смещение.
4. Диаметр установившейся циркуляции.
5. Тактический диаметр циркуляции.

14.Какая величина не зависит от значения скорости судна перед началом выполнения маневра «циркуляция»?

1. Выдвиг.
2. Прямое смещение.
3. Обратное смещение.
4. Диаметр установившейся циркуляции.
5. Тактический диаметр циркуляции.

15.Как изменяется угол дрейфа по длине судна при выполнении циркуляции?

1. Не изменяется.
2. Увеличивается в носовую часть.
3. Увеличивается в кормовую часть.
4. Уменьшается в кормовую часть.
5. Наибольший по центру масс.

16.Как изменяется угловая скорость по длине судна при выполнении циркуляции?

1. Не изменяется.
2. Увеличивается в носовую часть.
3. Увеличивается в кормовую часть.
4. Уменьшается в кормовую часть.
5. Максимальная по центру масс.

17. «Полюс поворота» при криволинейном движении судна. Это точка в которой..?

1. Линейная скорость равна нулю.
2. Угловая скорость равна нулю.
3. Радиус равен нулю.
4. Угол дрейфа равен нулю.

18. Где располагается «полюс поворота» при криволинейном движении судна?

1. В носовой части судна.
2. В кормовой части судна.
3. В центре масс судна.
4. На диаметральной плоскости судна или ее продолжении.

19. Укажите, как изменяется величина угловой скорости судна в процессе циркуляции.

1. С момента перекладки рулевого органа до изменения курса на  $\sim 60^\circ$  растет затем начинает уменьшаться и при изменении курса на  $\sim 100^\circ - 130^\circ$  становится постоянной.
2. С момента перекладки рулевого органа до изменения курса на  $\sim 30^\circ - 50^\circ$  падает, затем при отклонении на  $\sim 100^\circ - 130^\circ$  растет и становится постоянной.
3. В течение всего времени циркуляции остается постоянной.

20. На сколько периодов делится циркуляция судна?

1. Два.
2. Три.
3. Четыре.
4. Пять.

21. От каких сил зависит радиус циркуляции судна?

1. Гидродинамических, приложенных к корпусу судна.
2. Центробежных.
3. Рулевых.

22. С какого момента наступает период установившейся циркуляции судна?

1. Когда сумма сил, действующих на судно равна нулю.
2. Когда сумма моментов, действующих на судно равна нулю.
3. Когда сумма сил и моментов, действующих на судно равна нулю.

23. Какой критерий принят при нормировании поворотливости судна Российским Классификационным Обществом?

1. Выдвиг в длинах корпуса судна.

- 2.Тактический диаметр циркуляции в длинах корпуса судна.
- 3.Диаметр установившейся циркуляции в длинах корпуса судна.
- 4.Прямое смещение в длинах корпуса судна.

24.Судно удовлетворяет нормам поворотливости Российского Классификационного Общества если?

- 1.Диаметр установившейся циркуляции меньше четырех длин корпуса судна.
- 2.Диаметр установившейся циркуляции меньше трех длин корпуса судна.
- 3.Диаметр установившейся циркуляции меньше двух длин корпуса судна.
- 4.Диаметр установившейся циркуляции меньше одной длины корпуса судна.

25.Какой критерий принят при нормировании поворотливости судна согласно Резолюции ИМО А 751 (18)?

- 1.Выдвиг в длинах корпуса судна.
- 2.Тактический диаметр циркуляции в длинах корпуса судна.
- 3.Диаметр установившейся циркуляции в длинах корпуса судна.
- 4.Прямое смещение в длинах корпуса судна.

26.Судно удовлетворяет нормам поворотливости Резолюции ИМО А 751 (18) если?

- 1.Тактический диаметр циркуляции меньше 5,0 длин корпуса судна.
2. Тактический диаметр циркуляции меньше 4,5 длин корпуса судна.
- 3.Диаметр установившейся циркуляции меньше 4,0 длин корпуса судна.
- 4.Диаметр установившейся циркуляции меньше 3,5 длин корпуса судна.

27. Судно, имеющее крен на правый борт во время движения при положении руля «прямо», стремится уклониться?

1. Вправо.
2. Влево.
3. Будет устойчиво на курсе.

28.Как влияет дифферент судна на нос на маневренные качества судна?

1. Ухудшается устойчивость на курсе.
2. Увеличивается диаметр циркуляции.
3. Уменьшается угол дрейфа на циркуляции.
4. Уменьшается угловая скорость поворота.

29.Как влияет дифферент судна на нос на маневренные качества судна?

1. Улучшается устойчивость на курсе.
2. Уменьшается диаметр циркуляции.
3. Уменьшается угол дрейфа на циркуляции.

4. Уменьшается угловая скорость поворота.

30. Как влияет дифферент судна на корму судна на маневренные качества ?

1. Улучшается устойчивость на курсе.
2. Уменьшается диаметр циркуляции.
3. Уменьшается угол дрейфа на циркуляции.
4. Уменьшается угловая скорость поворота.

31. Как влияет дифферент судна на корму судна на маневренные качества ?

1. Ухудшается устойчивость на курсе.
2. Увеличивается диаметр циркуляции.
3. Увеличивается угол дрейфа на циркуляции.
4. Увеличивается угловая скорость поворота.

32. Укажите виды информации о маневренных характеристиках, рекомендуемых Резолюцией ИМО А.601 (15).

1. Лоцманская карточка; таблица маневренных характеристик; формуляр маневренных характеристик.
2. Планшет маневренных элементов, чек-листы, формуляр маневренных характеристик
3. Стенд маневренных характеристик; лоцманская карточка; тех. паспорт судна.
4. Формуляр маневренных характеристик; лоцманская карточка; маневренный планшет.

33. Какая информация содержится в Таблице маневренных характеристик судна?

1. Схемы и таблицы циркуляции, данные по инерционным характеристикам судна в грузу и в балласте, маневр «человек за бортом», необозреваемые зоны и др.
2. Схемы и таблицы циркуляции, максимальный шаг винта, максимальная грузоподъемность, грузовая шкала и др.
3. Главные размерения судна, осадка в грузу и в балласте, максимальная контейнеровместимость скорость маневренного хода и др.
4. Маневр «Человек за бортом», таблицы соответствия скорости судна оборотам движителя, количество спасательных кругов и др.

34. Какая информация содержится в формуляре маневренных характеристик судна?

1. Информация, приведенная в таблице маневренных характеристик, о влиянии ветра на управляемость судна и другая информация о маневрах в различных условиях, полная информация о судне.

2. Инерционные характеристики и поворотливость на глубокой воде и на мелководье, количество якорных смычек, вместимость балластных цистерн.
  3. Информация, приведенная в таблице маневренных характеристик, и другая информация, касательно ходкости и грузовместимости судна
  4. Количество рулей, винтов, подруливающих устройств, бортовых килей.
35. Основными характеристиками управляемости судна являются?
1. Устойчивость на курсе и поворотливость.
  2. Скорость хода и реакция на переключку рулевого органа.
  3. Трудно выделить основные свойства, которыми характеризуется управляемость судна.
  4. Основное свойство управляемости судна – поворотливость.
36. Какая информация содержится в лоцманской карточке?
1. Информация о состоянии судна в период проводки в части загрузки, двигателях и движителях, рулевого и подруливающих устройств, габаритах судна, осадка носом и кормой.
  2. Информация о состоянии судна в период проводки в части загрузки, количество контейнеров на борту, грузоподъемность стрел и кранов, наличие спойлеров.
  3. Информация о составе экипажа, наличие дипломированных специалистов на борту, год постройки судна.
37. При каких соотношениях Н/Т влияние глубины на управляемость и скорость начинает оказывать влияние?
1. Менее 20.
  2. Менее 10.
  3. Менее 6.
  4. Менее 4.
38. Какие факторы влияют на величину просадки судна на «мелководье»?
1. Скорость судна.
  2. Соотношение габаритов судна и пути.
  3. Отношение глубины к осадке.
  4. Все указанные факторы.
39. Укажите основные признаки мелководья
1. Скорость судна падает.
  2. За кормой появляются отчетливо выраженные поперечные волны.
  3. Судно становится более рыскливым и слабее реагирует на переключку рулевого органа.
  4. Все указанные факторы.

40. Положение «центра парусности» по длине судна зависит от..?
1. Площади парусности надводной части судна.
  2. Осадки судна.
  3. Расположения надстроек по длине судна.
  4. Скорости судна.
  5. Площади подводной части судна.
41. На какой борт переключается рулевой орган судна приводящегося к ветру, что бы двигаться прямолинейно?
1. Наветренный.
  2. Подветренный.
  3. Перекладка ненужна.
42. От чего зависит угол ветрового дрейфа судна ?
1. Скорости ветра.
  2. Площади парусности.
  3. Направления ветра.
  4. Скорости судна.
  5. Соотношения скорости ветра к скорости судна.
43. От чего зависит угол ветрового дрейфа судна ?
1. Скорости ветра.
  2. Площади парусности.
  3. Направления ветра.
  4. Площади подводной части судна.
  5. Соотношения площади подводной части судна и подводной.
44. В качестве критерия для оценки управляемости судна при ветре принимается величина наибольшей выдерживаемой скорости ветра, при которой судно способно двигаться в заданном направлении, при этом угол дрейфа не должен превышать?
1. 10 град.
  2. 15 град.
  3. 20 град.
  4. 25 град.
  5. 30 град.
45. Какие виды маневров характеризуют инерционные качества судна?
1. Выдвиг.
  2. Разбег.
  3. Выбег.
  4. Разгон.
  5. Торможение.

46. От чего зависят инерционные характеристики судна?

1. Скорости.
2. Водоизмещения.
3. Массы.
4. Полезной тяги движителя.
5. Сопротивления воды движению судна.

47. Какой маневр нормируется регламентирующими документами?

1. Выдвиг.
2. Разбег.
3. Выбег.
4. Разгон.
5. Торможение.

48. Судно считается удовлетворяющим нормам Резолюции ИМО А 751 (18) если путь торможения не превышает.. ?

1. 6 длин корпуса судна.
2. 8 длин корпуса судна.
3. 10 длин корпуса судна.
4. 13 длин корпуса судна.
5. 15 длин корпуса судна.

49. Судно считается удовлетворяющим нормам Российского Классификационного Общества, если путь торможения не превышает.. ?

1. 6 длин корпуса судна.
2. 8 длин корпуса судна.
3. 10 длин корпуса судна.
4. 13 длин корпуса судна.
5. Зависит от объемного водоизмещения и длины судна.

50. Судно считается удовлетворяющим нормам Морского Регистра Судоходства, если путь торможения не превышает.. ?

1. 6 длин корпуса судна.
2. 8 длин корпуса судна.
3. 10 длин корпуса судна.
4. 13 длин корпуса судна.
5. 15 длин корпуса судна.

51. Какое из судов, оборудованных двумя винтами, обладают несколько лучшей управляемостью?

1. Винтами внутреннего вращения.

2. Винтами наружного вращения.
3. Нет различия.

52. От чего зависит боковая составляющая сила на руле при прочих равных условиях?

1. Длины пера руля.
2. Высоты пера руля.
3. Относительного удлинения руля.
4. Площади пера руля.

53. От чего зависит боковая составляющая сила на руле при прочих равных условиях?

1. Длины пера руля.
2. Высоты пера руля.
3. Скорости натекающего потока.
4. Площади пера руля.

54. От чего зависит боковая составляющая сила на руле при прочих равных условиях?

1. Длины пера руля.
2. Высоты пера руля.
3. Угла атаки руля.
4. Площади пера руля.

55. От чего зависит боковая составляющая силы на поворотной насадке при прочих равных условиях?

1. Длины насадки.
2. Диаметра насадки.
3. Относительного удлинения насадки.
4. Площади насадки.

56. От чего зависит боковая составляющая силы на поворотной насадке при прочих равных условиях?

1. Длины насадки.
2. Диаметра насадки.
3. Площади насадки
4. Скорости выброса потока от работы движителя.

57. От чего зависит боковая составляющая силы на поворотной насадке при прочих равных условиях?

1. От угла перекладки насадки.
2. Диаметра насадки.
3. Площади насадки.

4. Скорости натекания потока.

58. С какой основной целью на двухвинтовых судах, оборудованных поворотными насадками, в диаметральной плоскости устанавливается руль?

1. Для улучшения управляемости.
2. Для уменьшения рыскливости
3. Для улучшения поворотливости при движении задним ходом.
4. Для улучшения управляемости при движении по инерции.

59. Когда проявляется основное преимущество насадок с отдельным управлением по сравнению с синхронной переключкой двухвинтовых судов?

1. При действии ветра.
2. При движении прямым курсом.
3. При выполнении поворотов.
4. При выполнении маневров в стесненных условиях в режиме работы винтов «враздрай».

#### Ключ к тестам по МиСУ (3 курс)

Вопрос – Ответ

1. – 2; 2. - 1; 3. - 1; 4.- 2; 5. – 4; 6.- 3; 7.- 3; 8.- 2; 9.- 4; 10.- 3;  
 11.- 1; 12.- 5; 13.- 1; 14.- 4; 15.- 3; 16.-1; 17.- 4; 18.-4; 19.- 1; 20.- 2;  
 21.- 3; 22.- 3; 23.-3; 24.- 3; 25.-1и2; 26.-1; 27.- 2; 28.-1; 29.-2; 30.- 1;  
 31.- 2; 32.- 1; 33.-1; 34.- 1; 35.-1; 36.-1; 37.- 4; 38.-4; 39.-4; 40.- 3;  
 41.- 2; 42.- 5; 43.- 5; 44.-3; 45.-3,4и5; 46.- 3,4и5; 47.-5; 48.-5; 49.-5; 50.-1;  
 51.- 2; 52.- 3; 53.-3; 54.-3; 55.-3; 56.-4; 57.-1; 58.-4; 59.-4.

Федеральное агентство морского и речного транспорта  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Волжский государственный университет водного транспорта»

Кафедра судовождения и безопасности судоходства

# Маневрирование и управление судном

Методические указания  
к выполнению курсовой работы по дисциплине «Маневрирование  
и управление судном» (специальность 260505 «Судовождение»)

Составители: А.Н. Клементьев, П.Н. Токарев, Р.С. Хвостов

Нижний Новгород  
Издательство ФГБОУ ВО «ВГУВТ»  
2016

**УДК 656.6.052**  
**К 48**

Маневрирование и управление судном: метод. указания к выпол. курс. работы по дисциплине «Маневрирование и управление судном» для студентов-судоводителей оч. и заоч. обучения специальности 260505 / сост. А.Н. Клементьев, П.Н.Токарев, Р.С. Хвостов. – Н.Новгород:Изд-во ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2016.–36с.

Изложен материал по составлению информации о маневренных элементах судна. Представлены методики определения элементов поворотливости судна и его инерционных характеристик на глубокой воде и мелководье. Показаны требования к оформлению курсовой работы, целью которой является закрепление теоретических знаний в области маневренности судна и их применение на практике.

*Для студентов специальности 260505 «Судовождение» очного и заочного обучения.*

Работа рекомендована к изданию кафедрой судовождения и безопасности судоходства (протокол № 1 от 12.10.2016г.).

© ФГБОУ ВО «ВГУВТ»,2016

## 1. Основные обозначения

$c_{21} \div c_{32}$	– гидродинамические коэффициенты корпуса судна;
$S_p$	– площадь руля;
$\beta_H$	– коэффициент расширения насадки;
$F_B$	– площадь диска винта;
$\psi$	– коэффициент попутного потока;
$V$	– объемное водоизмещение судна;
$v_0$	– скорость движения судна;
$v_{p1}$	– скорость попутного потока обтекания руля;
$\sigma_p, \sigma_H$	– коэффициент нагрузки открытого винта и винта в насадке по упору;
$r_v$	– коэффициент влияния корпуса и винта на скорость потока, обтекающего руль;
$\chi$	– коэффициент, учитывающий изменение аксиальной скорости от удаленности рассматриваемого сечения от винта;
$k_p; \bar{k}_p, k_H; \bar{k}_H$	– коэффициенты гидродинамических сил, действующих на рули и поворотные насадки;
$S_0$	– площадь погруженной части диаметрального батокса;
$v_{ан}$	– аксиальная скорость комплекса «винт-насадка»;
$\beta_{ц}$	– угол дрейфа по центру масс (ЦМ) судна на циркуляции;
$\alpha_p$	– угол перекладки рулевого органа;
$\omega$	– угловая скорость судна на циркуляции;
$v$	– линейная скорость на циркуляции;
$R$	– радиус циркуляции судна;
$\beta_k$	– угол дрейфа судна по кормовой оконечности;
ИК	– истинный курс судна;
$\bar{c}_{21} \div \bar{c}_{32}$	– коэффициенты гидродинамических сил, дейст-

	вующих на корпус судна на мелководье;
$k_{11}$	– коэффициент присоединенных масс;
$\lambda_{11B}$	– присоединенная масса застопоренных винтов;
$R_B$	– сопротивление застопоренных винтов;
$P_{B\text{ шв}}$	– упор винта на швартовых;
$k_p; k_M$	– коэффициенты упора и момента винта;
$t_{\text{раз}}; t_T; t_B$	– время разгона, активного торможения и выбега судна;
$S_{\text{раз}}; S_T; S_B$	– путь разгона, активного торможения и выбега судна;
$v_M$	– скорость судна на мелководье;
$F_M$	– вспомогательный коэффициент.

## 2. Общие положения

Составление информации о маневренных элементах судна вытекают из положения действующего «Наставления по штурманской службе на судах речного флота» [1], которое вменяет в обязанности капитана требовать от командного состава (судоводителя) знания маневренных элементов своего судна и умения использовать их при маневрировании.

В соответствии с Резолюцией А.601(15) Международной морской организации (ИМО) информация о маневренных характеристиках судна, представленная в виде оперативных таблиц и графиков, должна находиться на ходовом мостике.

Из всей информации о маневренных элементах судна необходимо иметь достаточно подробную информацию о ходкости, поворотливости, инерции, особенностях маневрирования на глубокой воде и мелководье и т.д.

Результатами решения данной задачи являются таблицы и схемы циркуляции судна, таблицы и графики инерционных характеристик.

При выполнении расчетов рекомендуется использовать навыки, полученные студентами в процессе изучения и выполнения лабора-

торных работ по дисциплине «Маневрирование и управление судном».

Курсовая работа состоит из расчетно-пояснительной записки на листах формата А4, куда выносятся результаты расчетов в виде таблиц, графиков, схем [1]. Расчетно-пояснительная записка курсовой работы должна оформляться согласно требований, изложенных в разделе 4.

### **3. Составление информации о маневренных элементах судна**

#### **3.1. Определение элементов поворотливости судна на глубокой воде**

Для расчета элементов необходимо знать главные размерения, коэффициент полноты, массу судна, скорость на прямом курсе при номинальном режиме энергетической установки –  $v_0$ , сопротивление воды движению судна –  $R_0$  при скорости  $v_0$ . Кроме того, необходимо знать тип рулевого органа и размеры рулей (насадок). Все эти данные по серийным судам можно взять в работе [10].

Определение кинематических и геометрических параметров циркуляции, необходимых для построения ее схемы, осуществляется по методике, изложенной в учебниках [2, 3].

**3.1.1.** Рассчитываются гидродинамические коэффициенты корпуса судна по формулам [2] для грузовых судов:

$$\left. \begin{aligned}
 c_{21} &= 3,14 (T/L); \\
 c_{22} &= 0,020 + 0,37 (1 - \bar{\sigma}_k) - 12 (1 - \bar{\sigma}_k)^2; \\
 c_{23} &= 0,020(B/T)^2 - 0,24(B/T) + 13,0(T/L) + 0,024(L/T); \\
 c_{24} &= 0,12 + 1,2 (1 - \bar{\sigma}_k); \\
 c_{31} &= [5,8(T/L) + 0,084](1,25 - \bar{\sigma}_k); \\
 c_{32} &= -[15,0(B/T) - 37,5]^{-1}.
 \end{aligned} \right\} (1)$$

Для пассажирских судов и толкаемых составов гидродинамические коэффициенты определяются по следующим формулам [2]:

$$\left. \begin{aligned}
 c_{21} &= 3,14 (T/L)(0,63/\bar{\varphi})^{5/2} (L/6B)^{1/3} - 0,032; \\
 c_{22} &= -2k_1 \delta (B/L); \\
 c_{23} &= 1,35 (T/B)^{1/2} (0,63/\bar{\varphi})^{3/2} - 0,029; \\
 c_{24} &= 0; \\
 c_{31} &= 1,67 (T/L) - 0,56\bar{\varphi} + 0,43; \\
 c_{32} &= -[0,44(T/L) + 0,0375],
 \end{aligned} \right\} (2)$$

где  $\bar{\varphi} = \delta / \beta_{\otimes}$  – коэффициент продольной остроты судна;

$\delta$  – коэффициент полноты водоизмещения;

$\beta_{\otimes}$  – коэффициент полноты мидель-шпангоута;

$L, B, T$  – соответственно расчетные длина, ширина и осадка судна, м;

$\bar{\sigma}_k$  – коэффициент полноты диаметрального батокса, расположенного в корму ( $\bar{\sigma}_k = 0,88-0,96$ );

$k_1$  – коэффициент присоединенных масс, определяемый по формуле [2]:

$$k_1 = \frac{2T}{L} \left[ 0,18 + 2,88 \left( \frac{B}{L} \right)^2 \right] (0,624 + 0,72\delta). \quad (3)$$

**3.1.2.** Определяются параметры движительно-рулевого комплекса (ДРК). Для судов, оснащенных рулями, размеры пера руля определяются из его площади, м<sup>2</sup>:

$$\sum S_p = \mu \cdot L \cdot T, \quad S_p = \frac{\sum S_p}{Z}, \quad (4)$$

где  $\mu$  – коэффициент, принимаемый при определении площади пера руля;  $\mu = 0,020 - 0,070$  для пассажирских и грузовых самоходных судов. Из двух величин для расчета следует выбрать наименьшую, т.е.  $\mu = 0,020$ ;

$\sum S_p$  – общая площадь рулей, м<sup>2</sup>;

$L, T$  – соответственно расчётные длина и осадка судна, м;

$Z$  – число рулей.

Высота пера руля  $h_p$  принимается больше диаметра винта  $D_B$  :

$$h_p = (1,2 \div 1,3) D_B, \quad (5)$$

и должна удовлетворять условию

$$h_p \leq 0,8 T. \quad (6)$$

Выбираем форму пера руля, близкую к прямоугольной, при этом высота пера руля, м, должна быть больше длины пера руля, м:  $h_p \geq l_{cp}$ , т.е.

$$l_{cp} = \frac{S_p}{h_p}. \quad (7)$$

Относительное удлинение руля определяется по выражению:

$$\bar{\lambda}_p = \frac{h_p}{l_{cp}} = \frac{h_p^2}{S_p}. \quad (8)$$

**3.1.3.** Поворотные насадки. Для расчета параметров ДРК («винт-насадка») необходимо знать длину насадки  $l_H$  и коэффициент её расширения  $\beta_H$  :

$$\left. \begin{aligned} l_{\text{H}} &= (0,8 \div 0,9)D_{\text{B}}; \\ \bar{l}_{\text{H}} &= l_{\text{H}}/D_{\text{B}} = 0,8 \div 0,9. \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Величину  $\beta_{\text{H}}$  принимаем в пределах:

$$\beta_{\text{H}} = 1,0 \div 1,15. \quad (10)$$

Площадь диска винта,  $\text{м}^2$ , будет равна

$$F_{\text{B}} = \frac{\pi D_{\text{B}}^2}{4}. \quad (11)$$

**3.1.4.** Расчет кинематических параметров циркуляции судов, оснащенных рулями, производится по формулам [2].

Скорость потока обтекания руля,  $\text{м/с}$ , с учетом попутного потока

$$v_{\text{pl}} = v_0(1 - \psi), \quad (12)$$

где  $v_0$  – скорость движения судна,  $\text{м/с}$ ;

$\psi$  – коэффициент попутного потока.

Коэффициент попутного потока

$$\psi = 0,11 + \frac{0,16}{x} \delta^x \sqrt{\frac{\sqrt[3]{V}}{D_{\text{B}}}}, \quad (13)$$

где  $\delta$  – коэффициент полноты водоизмещения;

$V$  – объемное водоизмещение судна,  $\text{м}^3$ ;

$D_{\text{B}}$  – диаметр винта,  $\text{м}$ ;

$x$  – коэффициент ( $x=1$  – для винтов в ДП и  $x=2$  – для бортовых винтов).

Коэффициент нагрузки винта по упору определяется по формуле

$$\sigma_{\text{p}} = \frac{P_{\text{B}}}{\rho/2 \cdot z_{\text{B}} \cdot F_{\text{B}} \cdot v_{\text{pl}}^2}, \quad (14)$$

где  $\rho$  – плотность пресной воды,  $1 \text{ т/м}^3$ ;

$v_{\text{pl}}$  – скорость подтекания воды к винту определяется по формуле (12),  $\text{м/с}$ ;

$z_{\text{B}}$  – количество винтов, ед;

$F_B$  – площадь диска винта определяется по формуле (11), м<sup>2</sup>;

$P_B$  – упор винта, кН[2]:

$$\left. \begin{aligned} P_B &= P_e / (1 - t_3); \\ P_e &= R_0. \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

где  $t_3$  – коэффициент засасывания ( $t_3 = 0,15 \div 0,25$ );

$P_e$  – полезная тяга винтов при движении со скоростью  $v_0$ , кН;

$R_0$  – общее сопротивление движению корпуса судна при скорости  $v_0$ , кН.

Коэффициент влияния корпуса и винта на скорость потока, обтекающего руль, определяется следующим образом:

$$r_v = (1 - \psi) \left[ 1 + \chi (1 - 0,0125 \sigma_p) (\sqrt{1 + \sigma_p} - 1) \right], \quad (16)$$

где  $\chi$  – коэффициент, учитывающий изменение аксиальной скорости в зависимости от удаленности рассматриваемого сечения от винта, который определяется по формуле[4]:

$$\chi = \frac{1}{2} \left[ 1 + \frac{2\chi_B}{D_B} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \left( \frac{2\chi_B}{D_B} \right)^2}} \right], \quad (17)$$

где  $\chi_B$  – коэффициент, учитывающий расстояние от плоскости диска винта до центра давления на рули,  $\chi_B = 0,94$ ;

$D_B$  – диаметр винта, м.

Коэффициент гидродинамических сил, действующих на рули, определяется по формуле

$$k_p = \mu_p S_p r_v^2 z_p; \quad \bar{k}_p = \frac{k_p}{S_0}, \quad (18)$$

где  $\mu_p$  – градиент коэффициента подъемной силы руля, определяемый по формуле

$$\mu_p = \frac{2\pi}{1 + \left( \frac{2,2}{\lambda_p} \right)^{2/3}} ; \quad (19)$$

$S_p$  – площадь руля, м<sup>2</sup>;

$r_v$  – коэффициент влияния корпуса и винта на скорость потока;

$z_p$  – количество рулей, ед.;

$S_0$  – площадь погруженной части диаметрального батокса, м<sup>2</sup>;

$$S_0 = \sigma_d LT ; \quad (20)$$

$\sigma_d$  – коэффициент полноты диаметрального батокса.

**3.1.5.** Расчет кинематических параметров циркуляции судов, оснащенных комплексом «винт – поворотная насадка», производится по формулам [2].

Коэффициент нагрузки комплекса по упору

$$\sigma_H = \frac{P_K}{\rho/2 \cdot z_B \cdot F_B \cdot v_{pH}^2} , \quad (21)$$

где  $P_K$  – упор комплекса «винт – поворотная насадка» определяется по формулам (15), кН.

$$v_{pH} = v_0(1 - c_f \psi) , \text{ м/с}, \quad (22)$$

$\psi$  – коэффициент попутного потока определяется по формуле (13);

$c_f = 0,6$  – для винтов, расположенных по бортам судна;

$c_f = 0,7$  – в диаметральной плоскости судна.

Аксиальная скорость комплекса «винт-насадка»

$$v_{aH} = \frac{v_{pH}}{2} (1 - 0,0125 \sigma_k) \left[ \sqrt{1 + \left( \frac{2\sigma_k}{\beta_H} \right)^2} - 1 \right] , \quad (23)$$

где  $\beta_H$  – коэффициент расширения насадки, по формуле (10).

Величина градиента коэффициента подъемной силы насадки, определяется, следующим образом:

$$\left. \begin{aligned} \mu'_H &= \frac{12,0\bar{l}_H}{1+1,56\bar{l}_H}; \\ \mu_H &= \mu'_H + 2\beta_H \left[ 1 + \left( \frac{v_{aH}}{v_e} \right) \right]^2; \\ \chi_H &= \chi_K \frac{\mu'_H + 2\beta_H \left[ 1 + \left( \frac{v_{aH}}{v_e} \right) \right]}{\mu'_H + 2\beta_H \left[ 1 + \left( \frac{v_{aH}}{v_e} \right) \right]^2}; \\ S_H &= F_B. \end{aligned} \right\} \quad (24)$$

где  $\chi_K$  – коэффициент взаимодействия с корпусом судна,  $\chi_K = 0,95$ ;

$v_e = \varphi_K v_0$  – скорость подтекания воды к комплексу «винт-насадка»,  $\varphi_K = 0,95$ ;

$\bar{l}_H$  – относительное удлинение насадки, определяется по формуле (9).

$$k_H = \mu_H S_H \varphi_K^2 z_B, \quad (25)$$

где  $z_B$  – число винтов в поворотной насадке.

$$\bar{k}_H = \frac{k_H}{S_0}. \quad (26)$$

где  $S_0$  – площадь погруженной части диаметрального батокса, определяемая по формуле (20),  $m^2$ .

**3.1.6.** Определение коэффициентов  $A_{1-12}$  для рулей производится по следующим формулам:

$$\left. \begin{aligned}
 A_1 &= c_{23}; \\
 A_2 &= c_{21} + \left( \frac{\bar{k}_p}{r_v} \right); \\
 A_3 &= c_{22} - m_1 + \left( \frac{\bar{k}_p \bar{l}_k}{r_v} \right); \\
 A_4 &= c_{24}; \\
 A_5 &= -\bar{k}_p; \\
 A_6 &= c_{31} - \left( \frac{\bar{k}_p \bar{l}_k}{r_v} \right); \\
 A_7 &= -c_{32} + \left( \frac{\bar{k}_p \bar{l}_k^2}{r_v} \right); \\
 A_8 &= \bar{k}_p \bar{l}_k; \\
 A_9 &= A_1 + \left( \frac{A_4 A_6}{A_7} \right); \\
 A_{10} &= A_2 + \left( \frac{A_3 A_6}{A_7} \right); \\
 A_{11} &= \frac{A_4 A_8}{A_7}; \\
 A_{12} &= A_5 + \left( \frac{A_3 A_8}{A_7} \right).
 \end{aligned} \right\} \quad (27)$$

Коэффициент  $m_1$  определяется по формуле [2]:

$$m_1 = \frac{2V}{S_0 L}. \quad (28)$$

где  $V$  – объемное водоизмещение судна,  $\text{м}^3$ ;

$S_0$  – площадь погруженной части диаметрального батокса,  
определяется по формуле (20),  $\text{м}^2$ ;

$L$  – расчетная длина судна,  $\text{м}$ ;

$\bar{l}_k$  – относительное отстояние ДРК от центра масс (ЦМ) судна,

определяется по формуле

$$\bar{l}_k = \frac{l_k}{L} = 0,47.$$

**3.1.7.** Определение коэффициентов  $A_{1-12}$  для комплекса «винт – поворотная насадка» производится по следующим формулам:

$$\left. \begin{aligned} A_1 &= c_{23}; \\ A_2 &= c_{21} + \chi_H \bar{k}_H; \\ A_3 &= c_{22} - m_1 + \chi_H \bar{k}_H \bar{l}_k; \\ A_4 &= c_{24}; \\ A_5 &= -\bar{k}_H; \\ A_6 &= c_{31} - \chi_H \bar{k}_H \bar{l}_k; \\ A_7 &= -c_{32} + \chi_H \bar{k}_H \bar{l}_k; \\ A_8 &= \bar{k}_H \bar{l}_k; \\ A_9 &= A_1 + \left( \frac{A_4 A_6}{A_7} \right); \\ A_{10} &= A_2 + \left( \frac{A_3 A_6}{A_7} \right); \\ A_{11} &= \frac{A_4 A_8}{A_7}; \\ A_{12} &= A_5 + \left( \frac{A_3 A_8}{A_7} \right). \end{aligned} \right\} \quad (29)$$

**3.1.8.** Угол дрейфа по центру масс (ЦМ) судна, град., в установившийся период циркуляции  $\beta_{Ц}$  определяется по формуле [2]:

$$\beta_{Ц} = \frac{-(A_{10} + A_{11} \alpha_p) + \sqrt{(A_{10} + A_{11} \alpha_p)^2 - 4 A_9 A_{12} \alpha_p}}{2 A_9}. \quad (30)$$

**3.1.9.** Безразмерная угловая скорость на циркуляции  $\bar{\omega}$  определяется по формуле [2]:

$$\bar{\omega} = \frac{(A_6\beta_{\text{ц}} + A_8\alpha_{\text{р}})}{A_7}. \quad (31)$$

**3.1.10.** Безразмерная линейная скорость на циркуляции  $\bar{v}$  определяется по формуле[2]:

$$\bar{v} = \frac{1}{\left(\sqrt[3]{1 + 2,7\bar{\omega}^2}\right)^2}. \quad (32)$$

**3.1.11.** Относительный радиус циркуляции  $\bar{R}$  определяется по формуле[2]:

$$\bar{R} = \frac{A_7}{(A_6\beta_{\text{ц}} + A_8\alpha_{\text{р}})} = \frac{1}{\bar{\omega}} = \frac{R}{L}. \quad (33)$$

**3.1.12.** Угол дрейфа, град., по кормовой оконечности судна или состава  $\beta_{\text{к}}$  определяется по формуле[2]:

$$\beta_{\text{к}} = \arctg\left(\text{tg}\beta_{\text{ц}} + \frac{l_{\text{к}}}{R\cos\beta_{\text{ц}}}\right). \quad (34)$$

Здесь  $l_{\text{к}}$  – отстояние ДРК от центра масс судна,  $l_{\text{к}} = \bar{l}_{\text{к}}L$ , м.

Расчет кинематических и геометрических параметров установившейся циркуляции производится при углах перекладки рулевых органов  $\alpha_{\text{р(н)}} = 5; 15; 25; 35$  град.

Результаты расчетов параметров циркуляции приводятся в табличной форме (Табл. 1).

Таблица 1

**Параметры элементов установившейся циркуляции**

Параметры	Угол перекладки рулевых органов $\alpha_{\text{р(н)}}$ , град			
	5	15	25	35
1. Угол дрейфа по ЦМ $\beta_{\text{ц}}$ , град				
3. Безразмерная угловая скорость $\bar{\omega}$				
3. Безразмерная линейная скорость $\bar{v}$				
4. Угол дрейфа по корме $\beta_{\text{к}}$ , град				
5. Относительный радиус циркуляции $\bar{R}$				

По результатам расчета (см. табл.1) строится диаграмма управляемости судна по следующим параметрам:  $\beta_{Ц}; \beta_{К}; \bar{\omega}; \bar{v}; \bar{R} = f(\alpha_{p(н)})$ .

**3.1.13.** Расчет кинематических параметров в маневренный и эволюционный периоды циркуляции необходимо произвести для углов перекладки рулевых органов для  $15^\circ$  и  $35^\circ$ , которые вносятся в виде графиков согласно «Наставлениям по штурманской службе на судах речного флота»[1]. При построении схем и таблиц циркуляции требуется показать несколько положений и определить время поворота судна на каждые  $10^\circ$  при изменении начального курса в диапазоне  $0-90^\circ$ , т.е. в маневренный и эволюционный периоды циркуляции.

Расчет параметров судна на циркуляции в маневренный и эволюционный периоды определяется по следующим формулам [4]:

$$\left. \begin{aligned} \bar{\omega}_{Ц} &= \Phi \bar{\omega}; \\ \bar{v}_{Ц} &= 1 - (1 - \bar{v}) \Psi. \end{aligned} \right\} \quad (35)$$

Безразмерные коэффициенты  $\Phi$  и  $\Psi$  являются функциями безразмерного времени  $\bar{t}$ , которое определяется по формуле [3]:

$$\bar{t} = t \frac{v_0}{L}. \quad (36)$$

где  $t$  – время в диапазоне 10–120 с;

$L$  – длина судна, м;

$v_0$  – скорость полного хода, м/с.

$$\left. \begin{aligned} \Phi &= \text{th}^{1,39}(0,67\bar{t}) - 0,28e^{-2,3\bar{t}}; \\ \Psi &= \text{th}^{3,25}(0,43\bar{t}). \end{aligned} \right\} \quad (37)$$

или в развернутом виде:

$$\left. \begin{aligned} \Phi &= \left( \frac{e^{0,67\bar{t}} - e^{-0,67\bar{t}}}{e^{0,67\bar{t}} + e^{-0,67\bar{t}}} \right)^{1,39} - 0,28e^{-2,3\bar{t}}; \\ \Psi &= \left( \frac{e^{0,43\bar{t}} - e^{-0,43\bar{t}}}{e^{0,43\bar{t}} + e^{-0,43\bar{t}}} \right)^{3,25} \end{aligned} \right\} \quad (38)$$

По приведенным формулам необходимо выполнить расчет  $\bar{\omega}_{Ц}$  и  $\bar{v}_{Ц}$  для нескольких значений  $\bar{t}$  в диапазоне 10–120 с.

Переход от безразмерных величин к размерным производится по формулам:

$$\left. \begin{aligned} \omega &= \bar{\omega}_{Ц} \frac{v_0}{L} 57,3 \text{ град/с}; \\ v &= v_0 \bar{v}_{Ц} \text{ м/с.} \end{aligned} \right\} \quad (39)$$

Результаты расчетов представить в виде графиков;  $\omega, v = f(t)$  при углах перекладки рулей (насадок)  $15^\circ$  и  $35^\circ$  (Рис.1). На этом графике следует нанести зависимость  $\Delta ИК = f(t)$ , определив величину  $\Delta ИК$  для тех же значений по выражению

$$\Delta ИК = \omega \Delta t \text{ град.} \quad (40)$$

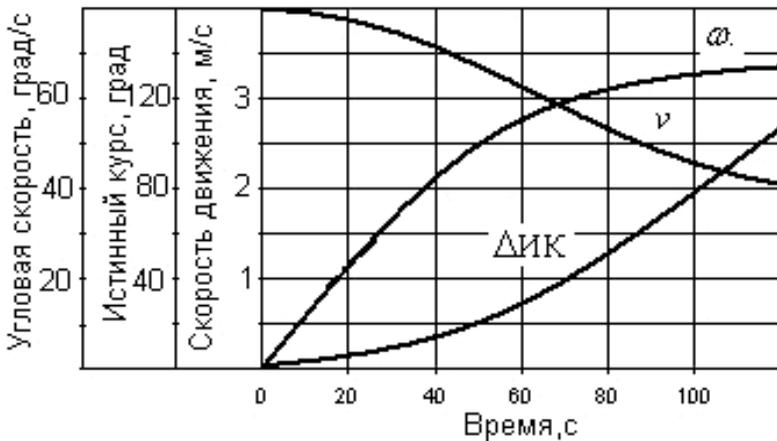


Рис.1. Зависимости  $\omega, v, \Delta ИК = f(t)$  при перекладке рулей (насадок)

**3.1.14.** Построение схемы циркуляции осуществляется следующим образом:

1) находятся геометрические параметры  $D = 2\bar{R}L$ ;  $l_1 = 1,2D$ ;  $l_2 = 0,3D$ ;  $l_3 = 0,05D$  (см. рекомендации, изложенные на стр.41 учебника [2]);

2) в выбранном масштабе на стандартном листе бумаги изображается окружность радиусом  $R$ , на которую наносятся положения судна при  $\Delta ИК = 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ, 360^\circ$ . Расположением точки центра массы судна на окружности находят, откладывая влево, дуги окружности, равные углу дрейфа  $\beta_{ц}$  от вертикальной (для  $\Delta ИК = 90^\circ, 270^\circ$ ) и горизонтальной (для  $\Delta ИК = 180^\circ, 360^\circ$ ) осей окружности. Судно на схеме изображается в выбранном масштабе в виде следа ватерлинии с заданными расчетными размерениями;

3) проводят окружности, касательные к внутреннему и внешнему бортам судна;

4) влево от точки центра масс судна при  $\Delta ИК = 90^\circ$  на продольной оси судна или её продолжении откладывается величина  $l_2$ , через полученную точку проводится вертикальная линия, по которой вниз откладывается отрезок  $l_1$ . Конечная точка отрезка характеризует положение центра массы судна в момент начала маневра  $\Delta ИК = 0^\circ$ . Здесь в масштабе изображается ватерлиния судна;

5) с учетом величины  $l_3$  проводится траектория центра масс судна, носовой и кормовой оконечностей при изменении истинного курса от  $0^\circ$  до  $90^\circ$ . При этом следует обеспечить плавное сопряжение траекторий с соответствующими окружностями;

6) на полученных траекториях наносится положение судна при  $\Delta ИК = 30^\circ$  и  $60^\circ$ . При этом затраченное на поворот время и пройденный судном путь определяются с использованием данных, представленных на графиках (рис. 1, 2);

7) изображенная в описанной последовательности схема циркуляции дополняется цифровыми надписями для заданного судна (см. рис. 2).

Зависимости  $\Delta ИК = f(t)$  (см. рис.1, 2) являются исходной информацией для заполнения верхней части табл.2. В диапазоне зна-

чений  $\Delta ИК=90^{\circ}-360^{\circ}$  время поворота судна определяется по известному выражению для угловой скорости  $\omega$ .

Согласно «Наставления по штурманской службе» [1] в дополнение к схеме циркуляции составляется таблица циркуляции (см. табл. 2) на глубокой воде и мелководье (образец).

Расчеты элементов, построение схемы и заполнение таблиц циркуляции производится для углов перекладки рулевых органов  $15^{\circ}$  и  $35^{\circ}$  двух состояний судна в грузу на глубокой воде и мелководье.

Заключительная часть раздела должна содержать оценку поворотливости заданного судна, влияние на нее степени загрузки, поведения судна в начальный период поворота.

Таблица 2

Таблица циркуляции на глубокой воде

$\Delta ИК, град.$	$t_{\alpha}, с, при \alpha_p = 35^{\circ}$	$t_{\alpha}, с, при \alpha_p = 15^{\circ}$
10	16	24
20	24	36
30	31	48
40	39	60
50	46	72
60	54	84
70	61	96
80	69	108
90	76	120
120	99	156
150	121	192
180	144	228
270	211	336
360	278	444
$D_{ц}, м / кб$	200/1,1	280/1,5
$v_0, км/ч / уз$	18,5/10,0	18,5/10,0
$v, км/ч / уз$	9,8/5,3	11,5/6,2
$\omega, град/мин$	76	50

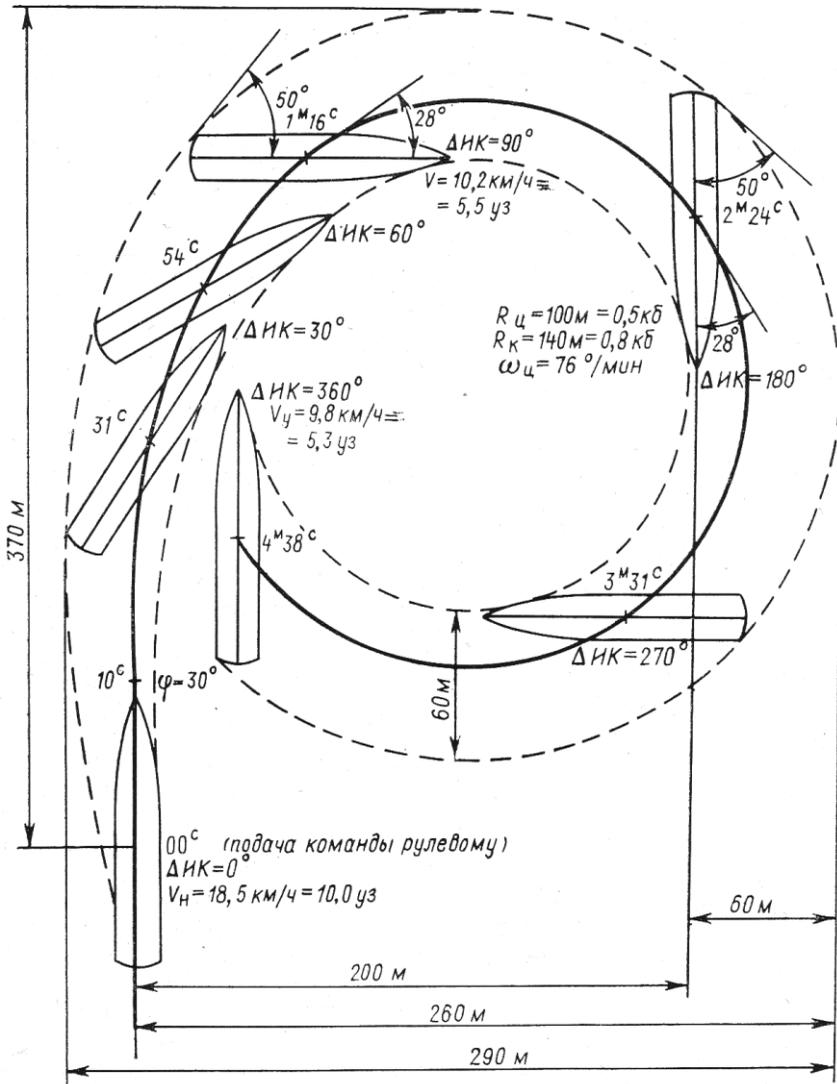


Рис.2. Схема циркуляции судна

### 3.2. Определение элементов поворотливости судна на мелководье

**3.2.1.** Расчет гидродинамических характеристик корпуса судна на мелководье. Влияние ограниченной глубины  $H/T \leq 1,2$  на управляемость судна связана, прежде всего, с изменением коэффициентов корпусных усилий, которые определяются по формуле [6]:

$$\left. \begin{aligned} c_{21} &= c_{21\infty} \cdot \bar{c}_{21}; \\ c_{22} &= c_{22\infty} \cdot \bar{c}_{22}; \\ c_{23} &= c_{23\infty} \cdot \bar{c}_{23}; \\ c_{24} &= c_{24\infty} \cdot \bar{c}_{24}; \\ c_{31} &= c_{31\infty} \cdot \bar{c}_{31}; \\ c_{32} &= c_{32\infty} \cdot \bar{c}_{32}, \end{aligned} \right\} \quad (41)$$

где  $c_{21\infty} \div c_{32\infty}$  – коэффициенты гидродинамических сил, действующих на корпус судна на глубокой воде, которые определяются по формулам (1,2);

$\bar{c}_{21} \div \bar{c}_{32}$  – коэффициенты, учитывающие влияние мелководья, которые рассчитываются по формулам [6]:

$$\left. \begin{aligned} \bar{c}_{21} &= 1 + \left( 2,38 - 11 \frac{T}{L} \right) \left( \frac{T}{H} \right)^3; \\ \bar{c}_{22} &= 1 + \left[ 280 (\bar{\sigma}_k - 0,88)^2 - 1 \right] \left( \frac{T}{H} \right)^2; \\ \bar{c}_{23} &= 1 + 3,4 \left( \frac{T}{H} \right)^{2,25}; \\ \bar{c}_{24} &= 1 + (65 \bar{\sigma}_k - 38) \left( \frac{T}{H} \right)^3; \end{aligned} \right\} \quad (42)$$

$$\left. \begin{aligned} \bar{c}_{31} &= 1 + \left[ 0,55 + 58,1 (1 - \bar{\sigma}_k) - 203(1 - \bar{\sigma}_k)^2 \right] \left( \frac{T}{H} \right)^2; \\ \bar{c}_{32} &= 1 + 0,0181 \left( \frac{B}{T} - 1,2 \right)^3 \frac{T}{H} + 1,17 \left[ 1 + 0,214 \left( \frac{B}{T} - 3,4 \right)^2 \right] \left( \frac{T}{H} \right)^3. \end{aligned} \right\} \quad (42)$$

Дальнейшие расчеты параметров циркуляции производятся в той же последовательности, указанной в п. 3.1, как для судна на глубокой воде с углом перекладки рулевых органов  $15^\circ$  и  $35^\circ$ , и при выполнении требований «Наставлений по штурманской службе на судах речного флота» [1].

### 3.3. Определение инерционных характеристик судна на глубокой воде

**3.3.1. Общие положения.** С понятием инерционных характеристик судна связано выполнение следующих маневров: разгона, выбега и торможения.

**Разгон** – процесс достижения судном установившейся скорости движения при соответствующем режиме работы движителей.

**Выбег** (движение по инерции) – процесс гашения поступательной скорости движения при выключенных движителях.

**Торможение** – процесс остановки судна посредством реверса движителей и в режим «Полный задний ход».

Задачей настоящего раздела курсовой работы является количественная оценка указанных маневров и представление результатов в форме, предусмотренной «Наставлениями по штурманской службе на судах речного флота» [1]. При этом принимаются следующие режимы движения судна: полный ход  $n = n_0$ , средний ход  $n_{ср} = 0,7n_0$ , малый ход  $n_M = 0,5n_0$ . Здесь  $n_0$  – номинальное значение частоты вращения.

**3.3.2.** Вычисление вспомогательных величин. Зависимость между скоростью движения судна и частотой вращения винта рекомендуется определять по приближенной формуле, предложенной В.Г.Павленко[6]:

$$v = v_0 \left( \frac{n}{n_0} \right)^{0,9} \text{ м/с,} \quad (43)$$

расчеты по которой выполняются в соответствии с методами, предложенными Н.Ф. Соларевым [2, 3], С.И. Деминым [5] и В.Г. Павленко[6], в следующем порядке.

Присоединенная масса застопоренных винтов

$$\lambda_{1в} = \bar{\lambda}_в (1-\psi)^2 \rho \cdot D_в^2. \quad (44)$$

Коэффициент попутного потока  $\Psi$  определяется по формуле (13).

Соппротивление застопоренных винтов, кН, при скорости  $v_0$

$$R_{в0} = \sigma_x \frac{\rho \pi D_в^2 v_0^2 (1-\psi)^2}{8}. \quad (45)$$

Значения коэффициентов  $\sigma_x$  и  $\bar{\lambda}_в$  выбираются из табл. 3.

Таблица 3

Величины коэффициентов  $\sigma_x$  и  $\bar{\lambda}_в$

Вид движителя	$\sigma_x$	$\bar{\lambda}_в$
Открытый винт:		
застопоренный	0,43	0,048
свободно вращающийся	0,06	0,007
Комплекс винт-насадка:		
застопоренный	0,88	0,065
свободно вращающийся	0,18	0,014

Масса судна, т ,составляет  $m = \rho V$  .

Коэффициент присоединенных масс по формуле [6] равен

$$K_{11} = \frac{5,91 \left(\frac{B}{L}\right)^2 + 7,76 \left(\frac{B}{L}\right) - 0,269}{48,4 - 6,89 \left(\frac{B}{T}\right) + 1,47 \left(\frac{B}{T}\right)^2 - 0,0475 \left(\frac{B}{T}\right)^3}. \quad (46)$$

Упор винтов, кН, на швартовых:

$$P_{\text{ВШВ}} = 9,74 \frac{k_p N_p}{k_M n_0 D_B}. \quad (47)$$

где  $k_p, k_M$  – соответственно коэффициент упора и коэффициент момента, определяемые по графику (рис. 3) в зависимости от шагового отношения  $H_B / D_B$ ;

$N_p$  – мощность, подводимая к винтам,  $N_p = 0,95 N_e$  ( $N_e$  – общая мощность СЭУ), кВт;

$n_0$  – номинальная частота вращения двигателей, об./мин.

Коэффициент  $k_p$  снимается отдельно для переднего и заднего хода и соответственно этому определяется  $P_{\text{ВШВ}}^{\text{ПХ}}$  и  $P_{\text{ВШВ}}^{\text{ЗХ}}$ .

Вспомогательные коэффициенты:

$$\left. \begin{aligned} a_1 &= \frac{R_0}{m(1+K_{11}) v_0^2}, \frac{1}{M}; \quad b_1 = \frac{\bar{P}_{\text{ВШВ}}^{\text{ПХ}} - R_0}{m(1+K_{11}) v_0}, \frac{1}{C}; \\ c_1 &= \sqrt{\frac{\bar{P}_{\text{ВШВ}}^{\text{ПХ}}}{R_0}} \times v_0, \text{ м/с}; \quad c_2 = \sqrt{\frac{\bar{P}_{\text{ВШВ}}^{\text{ЗХ}}}{R_0}} \times v_0, \text{ м/с}; \\ a_2 &= \frac{z_B R_{B0} + R_0}{(m(1+K_{11}) + \lambda_{11B}) v_0^2}, \frac{1}{M}. \end{aligned} \right\} \quad (48)$$

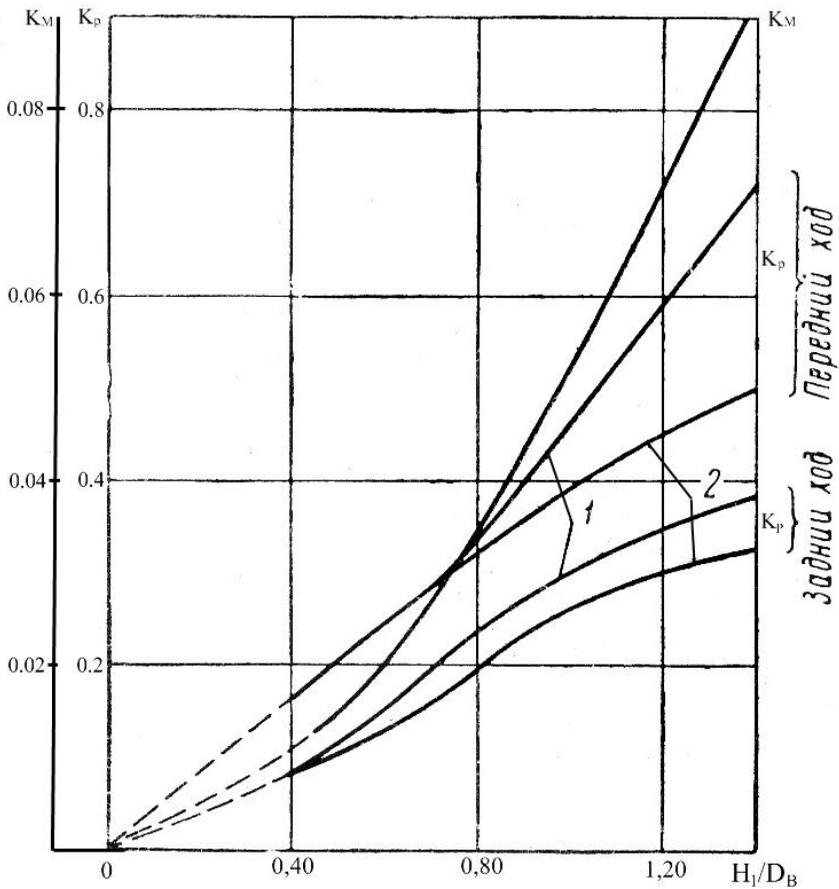


Рис.3. Зависимость коэффициентов упора  $k_p$  и момента  $k_M$  винта на швартовых от шагового отношения  $H_1/D_B$  :  
 1 – винт в насадке; 2 – винт без насадки

**3.3.3.** Расчет разгона судна. Скорость судна в процессе разгона, м/с, определяется по формуле

$$v = c_1 \operatorname{th} \left( a_1 c_1 t + \frac{b_1}{2a_1 c_1} \right) - \frac{b_1}{2a_1}, \quad (49)$$

или в развернутом виде:

$$v = c_1 \frac{e^{(a_1 c_1 t + b_1/2a_1 c_1)} - e^{-(a_1 c_1 t + b_1/2a_1 c_1)}}{e^{(a_1 c_1 t + b_1/2a_1 c_1)} + e^{-(a_1 c_1 t + b_1/2a_1 c_1)}} - \frac{b_1}{2a_1}. \quad (50)$$

Путь разгона, м, в зависимости от времени:

$$S = \frac{1}{a_1} \ln \operatorname{ch} \left( a_1 c_1 t + \frac{b_1}{2a_1 c_1} \right) - \frac{b_1 t}{2a_1}, \quad (51)$$

или в развернутом виде:

$$S = \frac{1}{a_1} \ln \frac{e^{(a_1 c_1 t + b_1/2a_1 c_1)} - e^{-(a_1 c_1 t + b_1/2a_1 c_1)}}{2} - \frac{b_1 t}{2a_1}. \quad (52)$$

Полные величины времени, с, и пути разгона, м:

$$t_{\text{раз}} = \frac{1,83 - \frac{b_1}{2a_1 c_1}}{a_1 c_1}; \quad (53)$$

$$S_{\text{раз}} = \frac{1,15}{a_1} - \frac{b_1 t_{\text{раз}}}{2a_1}. \quad (54)$$

По формулам (53) и (54) для заданного судна определяются величины  $t_{\text{раз}}$  и  $S_{\text{раз}}$ , после чего в диапазоне с интервалом в 60 с по формулам (49) и (51) определяются текущие значения  $v$  и  $S$ . Результаты расчетов оформляются в виде графиков зависимостей  $v, S = f(t)$ .

**3.3.4. Расчет торможения судна.** Процесс экстренного торможения судна состоит из двух периодов:

первый – от подачи команды до начала работы движителей на задний ход;

второй – от начала работы движителей на задний ход до полной остановки судна.

В соответствии с требованиями Российского Речного Регистра (РРР) продолжительность первого периода принимается равной  $t_{Т1} = 25$  с.

Скорость в конце первого периода активного торможения, м/с

$$v_{Т1} = \frac{v_0}{1 + a_1 v_0 t_{Т1}}, \quad (55)$$

путь, проходимый судном за время первого периода, м

$$S_{Т1} = \frac{1}{a_1} \ln (1 + a_1 v_0 t_{Т1}). \quad (56)$$

Изменение скорости судна, м/с, во втором периоде активного торможения

$$v = c_2 \operatorname{tg} \left( \operatorname{arctg} \left( \frac{v_{Т1}}{c_2} \right) - a_1 c_2 t \right), \quad (57)$$

изменение проходимого судном пути, м, во втором периоде активного торможения

$$S = \frac{1}{a_1} \ln \frac{\cos(\varepsilon_2 - a_1 c_2 t)}{\cos \varepsilon_2}, \quad (58)$$

где

$$\varepsilon_2 = \operatorname{arctg} \left( \frac{v_{Т1}}{c_2} \right). \quad (59)$$

Продолжительность, с, второго периода торможения

$$t_{Т2} = \frac{1}{a_1 c_2} \operatorname{arctg} \left( \frac{v_{Т1}}{c_2} \right), \quad (60)$$

путь, проходимый судном, м, во втором периоде,

$$S_{T2} = \frac{1}{2a_1} \ln \left( 1 + \left( \frac{v_{T1}}{c_2} \right)^2 \right), \quad (61)$$

Суммарное время активного торможения

$$t_T = t_{T1} + t_{T2}. \quad (62)$$

Общая длина проходимого судном пути:

$$S_T = S_{T1} + S_{T2}. \quad (63)$$

По приведенным формулам определяются величины  $S_T$  и  $t_T$ , затем по выражениям (57) и (61) с интервалом 30 с рассчитываются текущие значения параметров  $S$  и  $v$ .

По материалам расчетов строятся графические зависимости  $v, S = f(t)$  для всего маневра активного торможения. При этом началам зависимостей для второго периода будет соответствовать точка графика  $v_{T1}$  и  $S_{T1}$  при  $t_T = 25$  с.

**3.3.5.** Расчет свободного торможения (выбега) судна. Первые периоды активного и свободного торможения (периоды остановки винтов) одинаковы, параметры:  $t_{T1} = t_{B1} = 25$ ,  $v_{T1} = v_{B1}$ ,  $S_{T1} = S_{B1}$ .

Изменение скорости судна, м/с, и проходимого судном пути, м, во втором периоде выбега оценивается по формулам

$$\left. \begin{aligned} v_B &= \frac{v_0}{1 + a_2 v_0 t}, \\ S_B &= \frac{1}{a_2} \ln(1 + a_2 v_0 t). \end{aligned} \right\} \quad (64)$$

Конечные значения времени, с, и проходимого судном пути, м, во втором периоде свободного торможения выражаются уравнениями

$$\left. \begin{aligned} t_{B2} &= \frac{1}{a_2} \left( \frac{1}{v_{B2}} - \frac{1}{v_0} \right), \\ S_{B2} &= \frac{1}{a_2} \ln \left( 1 + a_2 v_0 t_{B2} \right). \end{aligned} \right\} \quad (65)$$

Общее время, с, и путь, м, свободного торможения имеют вид

$$\left. \begin{aligned} t_B &= t_{B1} + t_{B2}, \\ S_B &= S_{B1} + S_{B2}. \end{aligned} \right\} \quad (66)$$

По аналогии с разгоном и активным торможением необходимо по формуле (65) с интервалом времени 200 с рассчитать текущие значения скорости  $v$  и пути  $S$  во втором периоде выбега и по результатам расчетов построить графические зависимости  $v, S = f(t)$ .

Описанные выше расчеты характеристик активного и свободного торможения выполняются для трех начальных режимов движения (полный ход, средний ход и малый ход) с сохранением полного заднего хода во втором периоде активного торможения ( $P_{\text{ВШВ}}^{\text{ЗХ}} = \text{const}$ ). При этом длительность первого периода торможения в каждом из начальных режимов, с, рекомендуется определять по приближенному выражению:

$$t_{T1} = t_{B1} = 25 \left( \frac{n}{n_0} \right)^2, \quad (67)$$

а в формуле (64) вместо  $v_0$  следует подставлять начальную скорость  $v_{B2}$  равную  $0,1v_0$

В конце раздела строится обобщенный график инерционных характеристик судна (Рис.4.) и делаются выводы о величине инерционных характеристик и влиянии на них режимов движения судна, а также дается сравнение длины пути активного торможения с нормативом, определяемым по следующим формулам:

1. Для судов, поднадзорных Российскому Речному Регистру,

$$S_T = 30,7 \sqrt[3]{\delta \cdot L \cdot B \cdot T} + 1,28L. \quad (68)$$

2. Для судов, поднадзорных Российскому Морскому Регистру Судоходства,

$$S_T \leq 6L. \quad (69)$$

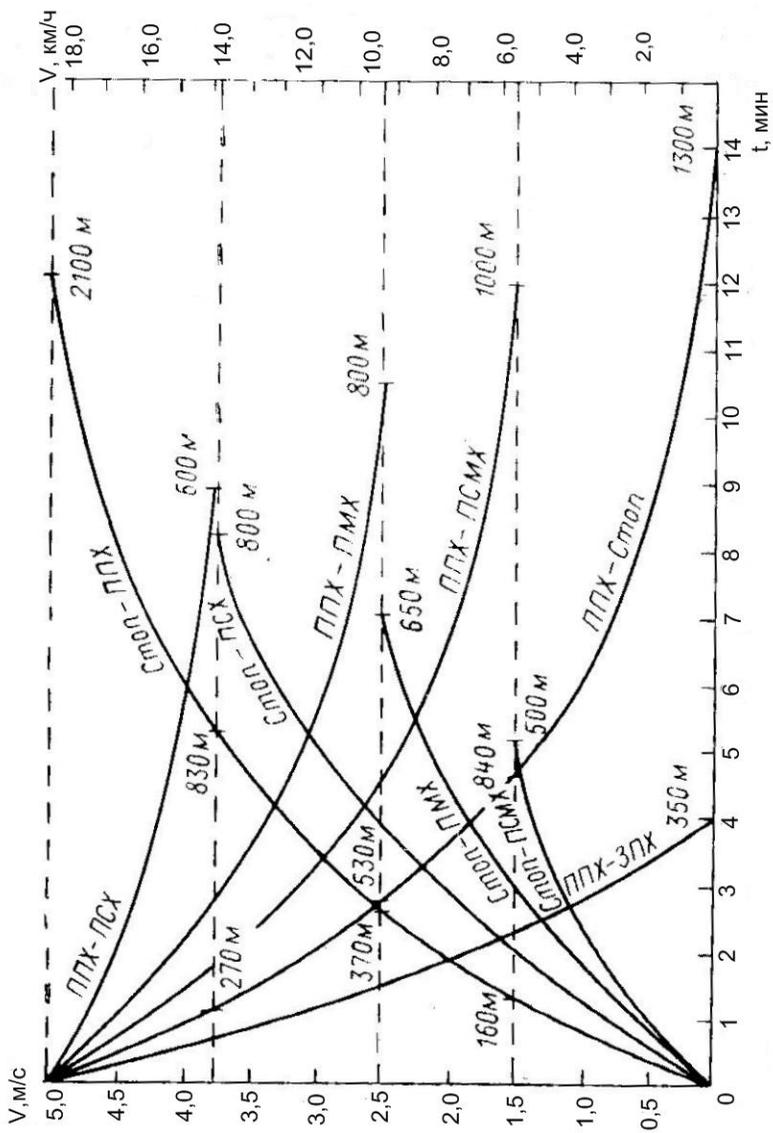


Рис.4. Обобщенный график инерционных характеристик судна

### 3.4. Расчет инерционных характеристик судна (торможение) на мелководье

При расчетах следует внести коррективы, учитывающие падение скорости на мелководье. С этой целью используют вспомогательный коэффициент  $F_M$  [10]:

$$v_M = \bar{v}_M \cdot v_{\text{зад}}, \text{ м}; \quad (70)$$

$$\bar{v}_M = \sqrt{\sqrt{\left(\frac{0,5}{F_M}\right)^2 + \frac{1}{F_M}} - \frac{0,5}{F_M}}; \quad (71)$$

$$F_M = 5 \left[ \left( \frac{T}{H} \right) \frac{v_{\text{зад}}}{\sqrt{gH}} \right]^2, \quad (72)$$

где  $H$  – глубина фарватера, м;

$g$  – ускорение свободного падения ( $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ ).

Дальнейшие расчеты инерционных характеристик судна приводятся в последовательности, указанной в пункте 3.3.4, как и для судна на глубокой воде.

## 4. Состав и оформление курсовой работы

Расчетно-пояснительная записка курсовой работы должна включать: титульный лист, задание на курсовую работу, содержание, введение, разделы пояснительной записки в соответствии с настоящими методическими указаниями, заключение, список использованной литературы. Во введении излагаются цель и задачи курсовой работы, порядок их решения. Заключение содержит основные результаты и выводы, полученные в курсовой работе.

В содержании последовательно перечисляются заголовки разделов, подразделов, с указанием номеров страниц, на которых помещены заголовки.

Пояснительная записка выполняется рукописным или компьютерным способом на одной стороне листа белой бумаги формата А4 (297 × 210 мм) без рамки.

Поля должны оставляться по всем четырем сторонам листа: левое – 30 мм, правое – не менее 10 мм, верхнее и нижнее – не менее 20 мм.

Текст пояснительной записки разделяют на разделы, подразделы и пункты. Разделы и подразделы обязательно должны иметь заголовок. Наименование разделов должно быть кратким и записываться в виде заголовков прописными буквами вертикальным шрифтом. Наименования подразделов записываются в виде заголовков строчными буквами. Переносы слов в заголовках не допускаются.

Расстояние между заголовком и последующим текстом должно быть равно 10 мм. Расстояние между последней строкой текста и последующим заголовком должно быть равно 15 мм. Не допускается подчёркивать заголовки разделов и подразделов, а также выполнять их цветными.

Нумерация страниц пояснительной записки должна быть сквозной. Первой страницей является титульный лист, второй – задание на проектирование и т.д. Номер страницы проставляется арабскими цифрами в правом верхнем углу листа без точек или тире. На титульном листе номер не ставится.

В формулах в качестве символов следует применять обозначения, установленные соответствующими стандартами.

После формулы помещают перечень всех принятых в ней символов, с расшифровкой значения и указанием размерности. Значение каждого символа дают с новой строки, в последовательности, приведенной в формуле. Первая строка расшифровки должна начинаться со слова «где», без двоеточия после него.

После записи формулы в символах после знака равенства записывается в той же последовательности формула в числовых величинах и затем приводится окончательный результат.

Промежуточные расчеты не приводятся.

Формулы нумеруются арабскими цифрами. Порядок нумерации сквозной в пределах пояснительной записки. Номер ставится с правой стороны листа на уровне формулы, в круглых скобках.

Ссылка в тексте на порядковый номер формулы дается в скобках, например, «... в формуле (24)...».

Номер источника, откуда взята формула, указывается в квадратных скобках.

Иллюстрации выполняются на листах формата А4. Все иллюстрации нумеруются арабскими цифрами в пределах пояснительной записки (например, рис. 1, рис. 2 и т.д.).

Иллюстрации должны иметь тематическое название, а при необходимости и пояснительные данные, соответствующие содержанию иллюстрации и расположенные под рисунком. Иллюстрации располагаются по тексту пояснительной записки (как можно ближе к соответствующим частям текста).

Графики оформляют или на миллиметровой бумаге или компьютерным способом. График строится внутри прямоугольника, две стороны которого служат осями координат. Нанесение масштабных цифр по осям координат обязательно для любого графика. Цифры ставятся вне контура. Координатные стрелки не наносятся.

Надписи, обозначающие величины, отложенные по осям, располагаются строкой, параллельной оси. Цифровой материал оформляют в виде таблиц. Каждая таблица должна иметь тематический заголовок, раскрывающий ее содержание.

Все таблицы должны быть пронумерованы арабскими цифрами в пределах пояснительной записки. Над правым верхним углом над тематическим заголовком помещают надпись «Таблица...» с указанием ее по рядкового номера.

При переносе таблицы на другой лист заголовок таблицы повторяют и над ней указывают: «Продолжение табл. ....».

Таблицу помещают в тексте сразу за первым упоминанием о ней. Допускается помещать таблицы по порядку номеров в конце текста соответствующего раздела.

Заголовки таблиц указываются в единственном числе. Диагональное деление головки таблицы не допускается. Высота строк таблицы должна быть не менее 8 мм. Горизонтальные линии строк проводить не следует. Графу «№ п/п» в таблицу не включают.

Числовые величины в одной графе должны иметь одинаковое количество десятичных знаков.

Ставить кавычки вместо повторяющихся цифр, математических и других символов не допускается.

## Библиографический список

1. **Наставление по штурманской службе на судах речного флота РФ.** – Л.: Транспорт, 1987. – 147с.

2. **Управление судами и составами** : учебник для ин-товводн.тр-та / Н.Ф. Соларев [и др.] ; доп. Управлением кадров и учеб. заведений Минречфлота РСФСР для ин-товводн.тр-та. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1983. – 296 с.

3. **Соларев, Н.Ф.** Безопасность маневрирования судов и составов / Н.Ф. Соларев. – М.: Транспорт, 1980. – 215 с.

4. **Рыжов, Л.М.** Маневренность речных судов и составов : учеб. пособие для слушателей курсов повышения квалификации. ч.3 : Натурные испытания / Л.М. Рыжов, Н.Ф. Соларев ; ГИИВТ. – Горький Волго-Вят. кн. изд-во, 1970. – 90с.

5. **Ходкость и управляемость судов:** учеб. для вузов / под ред. В.Г. Павленко. – М.: Транспорт, 1991. – 387 с.

6. **Снопков, В.И.** Управление судном: учеб. для вузов / В.И. Снопков. – 3-е изд. перераб. и доп. – СПб.: АНО НПО «Профессионал», 2004. – 536 с.

7. **Павленко, В.Г.** Элементы теории судовождения на внутренних водных путях. Инерционные качества речных судов и составов: учеб. пособие для судовод. спец. ин-товводн.тр-та / В.Г. Павленко ; доп. Управлением кадров и учеб. заведений Минречфлота РСФСР для ин-товводн.тр-та. – М.: Транспорт, 1971. – 144 с.

8. **Павленко В.Г.** Маневренные качества речных судов : Управляемость судов и составов: учеб. пособие для судовод. спец. ин-товводн.тр-та / В.Г. Павленко ; доп. Управлением кадров и учеб. заведений Минречфлота РСФСР для ин-товводн.тр-та. – М.: Транспорт, 1979. – 183 с.: ил.

9. Оформление дипломных работ по специальности «Судовождение»: метод. указания для студ. оч. и заоч. обуч. / сост.: А.Н. Клементьев, В.И. Тихонов, П.Н. Токарев. – Н. Новгород: Изд-во ФГОУ ВПО «ВГАВТ», 2010. – 28с.

10. **Управление судами и безопасность плавания:** метод. указ. к вып. лабор. работ для студ. очн. и заоч. обучения по спец. 2402 А.Н. Клементьев [и др.]. – Н. Новгород : ВГАВТ, 2002. – 56с. – б/ц.

## Оглавление

	с
1. Основные обозначения.....	3
2. Общие положения.....	4
3. Составление информации о маневренных элементах судна...	5
3.1. Определение элементов поворотливости судна на глубокой воде.....	5
3.2. Определение элементов поворотливости судна на мелководье.....	20
3.3. Определение инерционных характеристик судна на глубокой воде.....	22
3.4. Определение инерционных характеристик судна (торможение) на мелководье.....	30
4. Состав и оформление курсовой работы.....	30
<i>Библиографический список.....</i>	<i>33</i>

*Клементьев Александр Николаевич  
Токарев Павел Николаевич  
Хвостов Роман Сергеевич*

## **Маневрирование и управление судном**

Методические указания

Редактор *Н.С. Алёшина*  
Компьютерная вёрстка *М.Е. Савинова*  
Корректор *Д.В. Богданов*

Подписано в печать.  
Формат бумаги 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Гарнитура «Таймс».  
Ризография. Усл. печ. л. 1,93. Уч.-изд. л. 1,94.  
Тираж экз. Заказ

---

Издательско-полиграфический комплекс ФГБОУ ВО «ВГУВТ»  
603950, Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5а



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Волжский государственный  
университет водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Адрес: г. Н.Новгород, 603950,  
ул. Нестерова, 5а

Кафедра «Судовождения и безопасности  
судоходства»

5 семестр 3 курса 2024/2025 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1**

по дисциплине: *Маневрирование и  
управление судном*

1. Основные параметры криволинейного движения судна.
2. Внешние признаки выхода судна на мелководный участок.

**Зав. кафедрой**

**Р.С. Хвостов**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Волжский государственный  
университет водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Адрес: г. Н.Новгород, 603950,  
ул. Нестерова, 5а

Кафедра «Судовождения и безопасности  
судоходства»

5 семестр 3 курса 2024/2025 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 2**

по дисциплине: *Маневрирование и  
управление судном*

1. Силы и моменты, действующие на судно при криволинейном движении.
2. Причины приращения осадки судна на мелководье.

**Зав. кафедрой**

**Р.С. Хвостов**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Волжский государственный  
университет водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Адрес: г. Н.Новгород, 603950,  
ул. Нестерова, 5а

Кафедра «Судовождения и безопасности  
судоходства»

5 семестр 3 курса 2024/2025 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 3**

по дисциплине: *Маневрирование и  
управление судном*

1. Изменение угла дрейфа и радиуса циркуляции по длине судна. Полнос поворота.
2. Влияние мелководья на движущееся судно.

**Зав. кафедрой**

**Р.С. Хвостов**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Волжский государственный  
университет водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Адрес: г. Н.Новгород, 603950,  
ул. Нестерова, 5а

Кафедра «Судовождения и безопасности  
судоходства»

5 семестр 3 курса 2024/2025 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 4**

по дисциплине: *Маневрирование и  
управление судном*

1. Гидродинамические силы и моменты, возникающие на корпусе судна.
2. Влияние ветра на параметры движения судна.

**Зав. кафедрой**

**Р.С. Хвостов**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Волжский государственный  
университет водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

Адрес: г. Н.Новгород, 603950,  
ул. Нестерова, 5а

**Кафедра «Судовождения и безопасности  
судоходства»**

**5 семестр 3 курса 2024/2025 учебного года**

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 5**

**по дисциплине: *Маневрирование и  
управление судном***

1. Силы и моменты, создаваемые движительно – рулевым комплексом судна.
2. Допустимые значения угла ветрового дрейфа и потребного угла перекладки рулевых органов для удержания судна на заданном курсе.

**Зав. кафедрой**

**Р.С. Хвостов**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Волжский государственный  
университет водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

Адрес: г. Н.Новгород, 603950,  
ул. Нестерова, 5а

**Кафедра «Судовождения и безопасности  
судоходства»**

**5 семестр 3 курса 2024/2025 учебного года**

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 6**

**по дисциплине: *Маневрирование и  
управление судном***

1. Схематизация и общая математическая модель криволинейного движения судна.
2. Измерение скорости и направления кажущегося ветра на судне.

**Зав. кафедрой**

**Р.С. Хвостов**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Волжский государственный  
университет водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Адрес: г. Н.Новгород, 603950,  
ул. Нестерова, 5а

Кафедра «Судовождения и безопасности  
судоходства»

5 семестр 3 курса 2024/2025 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 7**

по дисциплине: *Маневрирование и  
управление судном*

1. Силы, возникающие на изолированном судовом руле.
2. Положение поворотных насадок с раздельным управлением для осуществления движения судна лагом в режиме работы движителей «враздрай»?

**Зав. кафедрой**

**Р.С. Хвостов**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Волжский государственный  
университет водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Адрес: г. Н.Новгород, 603950,  
ул. Нестерова, 5а

Кафедра «Судовождения и безопасности  
судоходства»

5 семестр 3 курса 2024/2025 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 8**

по дисциплине: *Маневрирование и  
управление судном*

1. Влияние корпуса судна и работающих движителей на силы, возникающие на судовых рулях.
2. Преимущества двухвинтовых судов по сравнению с одновинтовыми.

**Зав. кафедрой**

**Р.С. Хвостов**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Волжский государственный  
университет водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Адрес: г. Н.Новгород, 603950,  
ул. Нестерова, 5а

Кафедра «Судовождения и безопасности  
судоходства»

5 семестр 3 курса 2024/2025 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 9**

по дисциплине: *Маневрирование и  
управление судном*

1. Силы, возникающие на комплексе «винт – поворотная насадка».
2. Особенности управления трехвинтовыми судами.

**Зав. кафедрой**

**Р.С. Хвостов**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Волжский государственный  
университет водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Адрес: г. Н.Новгород, 603950,  
ул. Нестерова, 5а

Кафедра «Судовождения и безопасности  
судоходства»

5 семестр 3 курса 2024/2025 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 10**

по дисциплине: *Маневрирование и  
управление судном*

1. Циркуляция судна, ее элементы и периоды.
2. Положение поворотных насадок с отдельным управлением для достижения максимальной угловой скорости поворота судна при работе движителей «враздрай»?

**Зав. кафедрой**

**Р.С. Хвостов**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Волжский государственный  
университет водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Адрес: г. Н.Новгород, 603950,  
ул. Нестерова, 5а

Кафедра «Судовождения и безопасности  
судоходства»

5 семестр 3 курса 2024/2025 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 11**

по дисциплине: *Маневрирование и  
управление судном*

1. Изменение кинематических параметров циркуляционного движения и действующих на судно сил по периодам циркуляции.
2. Преимущество винта с регулируемым шагом по сравнению с винтом фиксированного шага.

**Зав. кафедрой**

**Р.С. Хвостов**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Волжский государственный  
университет водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Адрес: г. Н.Новгород, 603950,  
ул. Нестерова, 5а

Кафедра «Судовождения и безопасности  
судоходства»

5 семестр 3 курса 2024/2025 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 12**

по дисциплине: *Маневрирование и  
управление судном*

1. Диаграмма управляемости судна и ее анализ.
2. Определение величины пути торможения на мерной миле.

**Зав. кафедрой**

**Р.С. Хвостов**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Волжский государственный  
университет водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Адрес: г. Н.Новгород, 603950,  
ул. Нестерова, 5а

Кафедра «Судовождения и безопасности  
судоходства»

5 семестр 3 курса 2024/2025 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 13**

по дисциплине: *Маневрирование и  
управление судном*

1. Понятие о теоретической и эксплуатационной устойчивости судна на курсе и их оценка.
2. Определение диаметра циркуляции судна на мерной линии.

**Зав. кафедрой**

**Р.С. Хвостов**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Волжский государственный  
университет водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Адрес: г. Н.Новгород, 603950,  
ул. Нестерова, 5а

Кафедра «Судовождения и безопасности  
судоходства»

5 семестр 3 курса 2024/2025 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 14**

по дисциплине: *Маневрирование и  
управление судном*

1. Крен судна на циркуляции и его учет в судовождении.
2. Определение диаметра циркуляции судна с помощью РЛС.

**Зав. кафедрой**

**Р.С. Хвостов**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Волжский государственный  
университет водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Адрес: г. Н.Новгород, 603950,  
ул. Нестерова, 5а

Кафедра «Судовождения и безопасности  
судоходства»

5 семестр 3 курса 2024/2025 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 15**

по дисциплине: *Маневрирование и  
управление судном*

1. Учет влияния внешних факторов на элементы циркуляции.
2. Определение теоретической и эксплуатационной устойчивости судна.

**Зав. кафедрой**

**Р.С. Хвостов**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Волжский государственный  
университет водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Адрес: г. Н.Новгород, 603950,  
ул. Нестерова, 5а

Кафедра «Судовождения и безопасности  
судоходства»

5 семестр 3 курса 2024/2025 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 16**

по дисциплине: *Маневрирование и  
управление судном*

1. Определение радиуса циркуляции в судовых условиях.
2. Влияние осадки судна на элементы циркуляции.

**Зав. кафедрой**

**Р.С. Хвостов**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Волжский государственный  
университет водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Адрес: г. Н.Новгород, 603950,  
ул. Нестерова, 5а

Кафедра «Судовождения и безопасности  
судоходства»

5 семестр 3 курса 2024/2025 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 17**

по дисциплине: *Маневрирование и  
управление судном*

1. Особенности управления судами с поворотными насадками.  
Раздельное управление поворотными насадками.

2. Влияние крена судна на поворотливость и устойчивость на курсе.

**Зав. кафедрой**

**Р.С. Хвостов**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Волжский государственный  
университет водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Адрес: г. Н.Новгород, 603950,  
ул. Нестерова, 5а

Кафедра «Судовождения и безопасности  
судоходства»

5 семестр 3 курса 2024/2025 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 18**

по дисциплине: *Маневрирование и  
управление судном*

1. Понятие об инерционных характеристиках судна и методы их  
определения.

2. Определение диаметра циркуляции с помощью РЛС.

**Зав. кафедрой**

**Р.С. Хвостов**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Волжский государственный  
университет водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Адрес: г. Н.Новгород, 603950,  
ул. Нестерова, 5а

Кафедра «Судовождения и безопасности  
судоходства»

5 семестр 3 курса 2024/2025 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 19**

по дисциплине: *Маневрирование и  
управление судном*

1. Торможение судна под действием движителей. Расчет характеристик торможения.
2. Влияние дифферента на корму на управляемость судна.

**Зав. кафедрой**

**Р.С. Хвостов**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Волжский государственный  
университет водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Адрес: г. Н.Новгород, 603950,  
ул. Нестерова, 5а

Кафедра «Судовождения и безопасности  
судоходства»

5 семестр 3 курса 2024/2025 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 20**

по дисциплине: *Маневрирование и  
управление судном*

1. Влияние ветра на ходкость и управляемость судов и составов, понятие о «показателе увальчивости».
2. Влияние дифферента на нос на управляемость судна.

**Зав. кафедрой**

**Р.С. Хвостов**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Волжский государственный  
университет водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Адрес: г. Н.Новгород, 603950,  
ул. Нестерова, 5а

Кафедра «Судовождения и безопасности  
судоходства»

5 семестр 3 курса 2024/2025 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 21**

по дисциплине: *Маневрирование и  
управление судном*

1. Границы потери управляемости при ветре. Определение ширины ходовой полосы, занимаемой судном при движении с углом дрейфа.
2. Численные критерии оценки управляемости судов.

**Зав. кафедрой**

**Р.С. Хвостов**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Волжский государственный  
университет водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Адрес: г. Н.Новгород, 603950,  
ул. Нестерова, 5а

Кафедра «Судовождения и безопасности  
судоходства»

5 семестр 3 курса 2024/2025 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 22**

по дисциплине: *Маневрирование и  
управление судном*

1. Управляемость судов при движении на заднем ходу.
2. Формы представления информации о маневренных характеристиках судна.

**Зав. кафедрой**

**Р.С. Хвостов**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Волжский государственный  
университет водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Адрес: г. Н.Новгород, 603950,  
ул. Нестерова, 5а

Кафедра «Судовождения и безопасности  
судоходства»

5 семестр 3 курса 2024/2025 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 23**

по дисциплине: *Маневрирование и  
управление судном*

1. Гидродинамическое взаимодействие между движущимися судами и его учет.

2. Упор и полезная тяга винта.

**Зав. кафедрой**

**Р.С. Хвостов**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Волжский государственный  
университет водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Адрес: г. Н.Новгород, 603950,  
ул. Нестерова, 5а

Кафедра «Судовождения и безопасности  
судоходства»

5 семестр 3 курса 2024/2025 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 24**

по дисциплине: *Маневрирование и  
управление судном*

1. Особенности управления судами с различным числом винтов.  
Управление одновинтовым и многовинтовым судами.

2. Влияние относительного удлинения руля на рулевую силу.

**Зав. кафедрой**

**Р.С. Хвостов**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Волжский государственный  
университет водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Адрес: г. Н.Новгород, 603950,  
ул. Нестерова, 5а

Кафедра «Судовождения и безопасности  
судоходства»

5 семестр 3 курса 2024/2025 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 25**

по дисциплине: *Маневрирование и  
управление судном*

1. Маневренные качества судов и их определение в натуральных условиях.
2. Угол атаки рулевого устройства.

**Зав. кафедрой**

**Р.С. Хвостов**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Волжский государственный  
университет водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Адрес: г. Н.Новгород, 603950,  
ул. Нестерова, 5а

Кафедра «Судовождения и безопасности  
судоходства»

5 семестр 3 курса 2024/2025 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 26**

по дисциплине: *Маневрирование и  
управление судном*

1. Требование ИМО по обеспечению судов информацией о маневренных характеристиках.
2. Влияние попутного потока на рулевую силу.

**Зав. кафедрой**

**Р.С. Хвостов**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Волжский государственный  
университет водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Адрес: г. Н.Новгород, 603950,  
ул. Нестерова, 5а

Кафедра «Судовождения и безопасности  
судоходства»

5 семестр 3 курса 2024/2025 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 27**

по дисциплине: *Маневрирование и  
управление судном*

1. Влияние скорости движения и осадки судна на его управляемость.
2. Влияние относительного удлинения руля на рулевую силу.

**Зав. кафедрой**

**Р.С. Хвостов**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Волжский государственный  
университет водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Адрес: г. Н.Новгород, 603950,  
ул. Нестерова, 5а

Кафедра «Судовождения и безопасности  
судоходства»

5 семестр 3 курса 2024/2025 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 28**

по дисциплине: *Маневрирование и  
управление судном*

1. Особенности управления судном в условиях ветра. Учет ветрового дрейфа при проводке судна.
2. Угол атаки рулевого устройства.

**Зав. кафедрой**

**Р.С. Хвостов**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Волжский государственный  
университет водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Адрес: г. Н.Новгород, 603950,  
ул. Нестерова, 5а

Кафедра «Судовождения и безопасности  
судоходства»

5 семестр 3 курса 2024/2025 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 29**

по дисциплине: *Маневрирование и  
управление судном*

1. Одновременное действие на судно ветра и течения.
2. Влияние попутного потока на рулевую силу.

Зав. кафедрой

**Р.С. Хвостов**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Волжский государственный  
университет водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Адрес: г. Н.Новгород, 603950,  
ул. Нестерова, 5а

Кафедра «Судовождения и безопасности  
судоходства»

5 семестр 3 курса 2024/2025 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 30**

по дисциплине: *Маневрирование и  
управление судном*

1. Влияние мелководья на движущееся судно.
2. Влияние корпуса судна на рулевую силу.

Зав. кафедрой

**Р.С. Хвостов**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Волжский государственный  
университет водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

Адрес: г. Н.Новгород, 603950,  
ул. Нестерова, 5а

Кафедра «Судовождения и безопасности  
судоходства»

5 семестр 3 курса 2024/2025 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 31**

по дисциплине: *Маневрирование и  
управление судном*

1. Влияние мелководья на поворотливость судна.
2. Выражения для определения составляющих гидродинамических усилий на корпусе судна.

**Зав. кафедрой**

**Р.С. Хвостов**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Волжский государственный  
университет водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

Адрес: г. Н.Новгород, 603950,  
ул. Нестерова, 5а

Кафедра «Судовождения и безопасности  
судоходства»

5 семестр 3 курса 2024/2025 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 32**

по дисциплине: *Маневрирование и  
управление судном*

1. Влияние мелководья на инерционные характеристики судна.
2. Зависимость величины гидродинамической силы на корпусе судна от угла дрейфа.

**Зав. кафедрой**

**Р.С. Хвостов**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Волжский государственный  
университет водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Адрес: г. Н.Новгород, 603950,  
ул. Нестерова, 5а

Кафедра «Судовождения и безопасности  
судоходства»

5 семестр 3 курса 2024/2025 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 33**

по дисциплине: *Маневрирование и  
управление судном*

1. Влияние мелководья на просадку судна.

2. Изменение величины угла дрейфа по длине судна при  
криволинейном движении.

Зав. кафедрой

**Р.С. Хвостов**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Волжский государственный  
университет водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Адрес: г. Н.Новгород, 603950,  
ул. Нестерова, 5а

Кафедра «Судовождения и безопасности  
судоходства»

5 семестр 3 курса 2024/2025 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 34**

по дисциплине: *Маневрирование и  
управление судном*

1. Особенности плавания судов по каналам, причины ограничения  
скоростей движения судов.

2. «Полнос поворота». Как определить его местоположение.

Зав. кафедрой

**Р.С. Хвостов**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Волжский государственный  
университет водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Адрес: г. Н.Новгород, 603950,  
ул. Нестерова, 5а

Кафедра «Судовождения и безопасности  
судоходства»

5 семестр 3 курса 2024/2025 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 35**

по дисциплине: *Маневрирование и  
управление судном*

1. Гидродинамическое взаимодействие между движущимися судами в канале и его учет при расхождении и обгоне.

2. Дайте определение углов курса, дрейфа, скорости.

Зав. кафедрой

**Р.С. Хвостов**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Волжский государственный  
университет водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Адрес: г. Н.Новгород, 603950,  
ул. Нестерова, 5а

Кафедра «Судовождения и безопасности  
судоходства»

5 семестр 3 курса 2024/2025 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 36**

по дисциплине: *Маневрирование и  
управление судном*

1. Безопасная скорость ввода судна в камеру шлюза.

2. Дайте определение понятий «ходкость, управляемость, маневренность, устойчивости на курсе, поворотливость».

Зав. кафедрой

**Р.С. Хвостов**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Волжский государственный  
университет водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

Адрес: г. Н.Новгород, 603950,  
ул. Нестерова, 5а

Кафедра «Судовождения и безопасности  
судоходства»

5 семестр 3 курса 2024/2025 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 37**

**по дисциплине: *Маневрирование и  
управление судном***

1. Основные понятия и определения, характеризующие судно как управляемый объект.
2. Напишите зависимости, определяющие взаимосвязь кинематических параметров движения

**Зав. Кафедрой**

**Р.С. Хвостов**

---

Федеральное агентство морского и речного транспорта  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Волжский государственный университет водного транспорта»

Кафедра судовождения и безопасности судоходства

М.В. Осокин

# Маневрирование и управление судном

Справочное пособие  
для студентов судоводительского факультета  
по выполнению лабораторных работ

Нижний Новгород  
Издательство ФГБОУ ВО «ВГУВТ»  
2021

**УДК 656.61.052.4**  
**075**

Рецензент – канд. техн. наук Р.С. Хвостов

**Осокин, М.В.**

Маневрирование и управление судном : справочное пособие : [по направлению подготовки 26.05.05 «Судовождение», квалификация «инженер-судоводитель»] / М.В. Осокин. – Нижний Новгород : ВГУВТ, 2021. – 44 с. – Текст : непосредственный.

Пособие предназначено для освоения подготовки к сдаче зачётов и экзаменов по дисциплине «Маневрирование и управление судном». Изложены понятия о методах расчётов, производимых в процессе крепления груза, при аварийной буксировке и посадке на мель. Анализируются теоретические основы выбора курса и скорости судна при плавании в неблагоприятных погодных условиях, а также обоснование длины вытравленной цепи при постановке на якорь. Даны варианты заданий для лабораторных работ.

Работа рекомендована к изданию кафедрой судовождения и безопасности судоходства (протокол № 10 от 23.03.2021 г.).

© ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2021

## Введение

Данное пособие призвано дать будущим судоводителям понятие о некоторых видах расчётов, производимых на практике для обеспечения безопасности плавания судна и сохранности грузов. Так, крепление груза должно обезопасить от смещения этот груз или от опрокидывания грузового места при качке, которое может привести не только к его повреждению, но и создать опасность для остойчивости и конструктивной целостности всего судна. Грамотный выбор скорости и курсового угла по отношению к волне позволяет избежать резонанса качки, который может привести к смещению груза, опрокидыванию судна, слемингу, сильным колебаниям нагрузки на главные двигатели, неблагоприятно сказывающимся на их работе, или сильному заливанию палубы. У любого судна в принципе может возникнуть потребность в аварийной буксировке или снятии его с мели. Постановка на якорь в ожидании освобождения причала, лоцманской или ледовой проводки, при ожидании улучшения погоды и в других подобных случаях является обыденной, достаточно часто выполняемой операцией. В данном пособии содержатся задания для выполнения лабораторных работ, помогающих студенту освоить методики расчётов, которые могут понадобиться судоводителю в упомянутых случаях, помогут наглядно объяснить логику выбора тех или иных действий, предпринимаемых для обеспечения безопасности плавания. В Приложениях к пособию приведены технические данные реально существующих судов и грузов, на примере которых необходимо выполнить требуемые расчёты. Результаты выполнения студентами лабораторных работ учитываются при выставлении им зачёта по дисциплине «Маневрирование и управление судном». Вопросы, рассматриваемые в данном пособии, включены в билеты Государственной итоговой аттестации, которую проходят выпускники, заканчивая обучение по специальности «Судовождение».

### 1. Крепление грузов

На груз, находящийся на судне, подвергающемся качке, действует несколько видов сил. К ним относятся: **сила тяжести**, которая с одной стороны стремится сдвинуть груз вдоль наклонной палубы при крене или дифференте судна и опрокинуть грузовое место, а с

другой – создаёт **силу трения**, препятствующую такому сдвигу, и сама препятствует опрокидыванию грузового места, а также **силы инерции**, стремящиеся сдвинуть и опрокинуть груз. Разность между суммой сил, стремящихся сдвинуть груз, и силой трения должна компенсироваться **силой натяжения крепёжных устройств** (цепных или тросовых найтовов с талрепами и такелажными скобами, крепёжных штанг, твистлоков, бриджфиттингов и иных устройств, применяемых для крепления контейнеров, специальных устройств, применяемых для крепления автомобилей и т.д.), которые одновременно должны успешно препятствовать опрокидыванию грузового места. **Расчёт прочности грузовых крепёжных устройств строится на простом принципе: суммарные нагрузки на крепёжные устройства не должны превышать разрывных усилий составных частей данных устройств, взятых с некоторым запасом.** При этом, естественно, в расчёт берётся так называемое слабое звено, т.е., та составляющая крепёжного устройства, которая имеет наименьшее из всех разрывное усилие. Промышленностью производятся составляющие крепёжных устройств (цепи, тросы, скобы, талрепы и т.д.) со стандартными характеристиками (диаметр, количество прядей и проволок в каждой пряди, из которых свит трос и т.д.), выполненных из стандартных видов материалов. Величины разрывных усилий приводятся в каталогах, содержащих технические характеристики таких стандартных тросов, цепей, талрепов, скоб и других деталей. В расчётах крепёжных устройств отдельно рассматриваются горизонтальная продольная, горизонтальная поперечная и вертикальная составляющие действующих на груз сил гравитационной и инерционной природы (силы, действующие вдоль палубы, поперёк палубы и силы, стремящиеся оторвать груз от палубы в вертикальном направлении). Практика показывает, что в подавляющем большинстве случаев крепёжные устройства, способные противостоять поперечному смещению и поперечному опрокидыванию грузового места, будучи расположены под соответствующими углами по отношению к миделю и диаметральной плоскости судна, имеют достаточный запас прочности и для того, чтобы противостоять продольному смещению и отрыву груза от палубы. Поэтому в качестве примера будем рассматривать и рассчитывать только устройства, предотвращающие поперечное смещение и опрокидывание грузового места. Для отдельного расчёта продольного крепления в случае необходимости применяются аналогичные формулы.

При теоретических вычислениях сил, действующих при качке на грузовое место в направлении поперёк судна, рассматриваются их виды, изображённые на рис. 1, а. На этом рисунке изображено действие на грузовое место силы тяжести  $P = mg$ , направленной к центру масс Земли. Если разложить вектор этой силы на направления  $P_y = P \sin \theta_{max}$  поперёк палубы и  $P_z = P \cos \theta_{max}$  перпендикулярно палубе, увидим, что составляющая  $P_y$  стремится сдвинуть груз в сторону крена и создаёт опрокидывающий грузовое место момент с плечом  $h/2$ . Составляющая  $P_z$  создаёт силу трения  $R$  и момент, препятствующий опрокидыванию грузового места с плечом  $b/2$ , см. рис. 1, б изображено действие на грузовое место силы инерции. Она приблизительно равна

$$P'_y = m \cdot \sin \theta_{max} \cdot \left( \left( \frac{2\pi}{T_\theta} \right)^2 \cdot z + \left( \frac{2\pi}{T_d} \right)^2 \cdot r_0 \right), \quad (1)$$

где  $m$  – масса грузового места, т;

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

$\theta_{max}$  – амплитуда качки, град;

$T_\theta$  – период бортовой качки, с. Его можно найти по приведённой ниже формуле (17);

$T_B$  – период вертикальной качки, с. Его можно найти по приведённой ниже формуле (18);

$z$  – возвышение центра тяжести груза над центром тяжести судна;

$r_0$  – радиус вращения центра тяжести судна на волне при вертикальной качке;

$$r_0 = \frac{h_B}{2}, \quad (2)$$

где  $h_B$  – высота волны.

Таким образом, совместное влияние поперечной составляющей силы тяжести и силы инерции можно оценить по формуле:

$$P_y^{\Pi} = m \cdot \sin \theta_{max} \cdot \left[ g + \left( \frac{2\pi}{T_\theta} \right)^2 \cdot z + \left( \frac{2\pi}{T_d} \right)^2 \cdot r_0 \right]. \quad (3)$$

Для упрощения расчётов здесь принято, что судно при бортовой качке вращается относительно продольной оси, проходящей через центр тяжести судна (на самом деле эта ось находится в плоскости действующей ватерлинии). Сам же центр тяжести судна при верти-

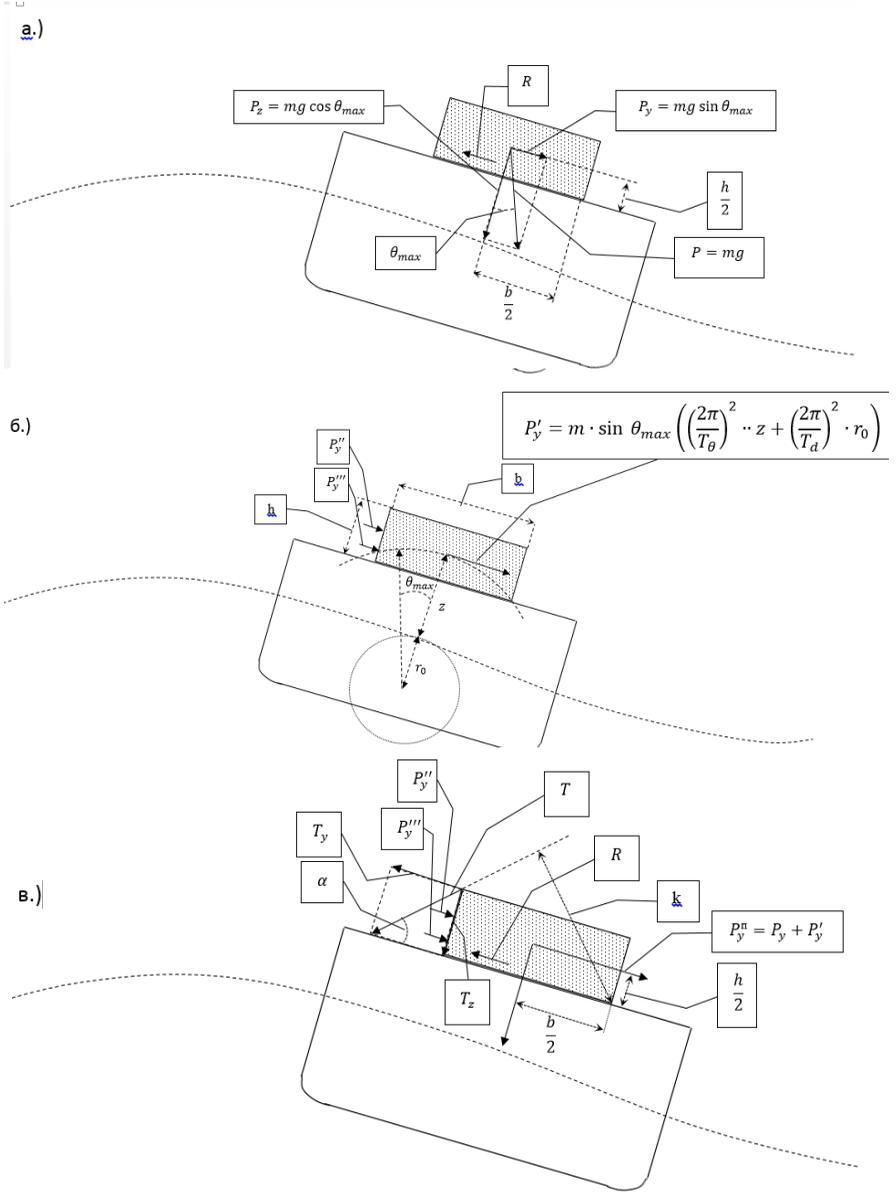


Рис. 1. Силы, действующие на грузовое место при качке, направленные поперёк судна

кальной качке вращается по окружности с радиусом, равным радиусу вращения частиц воды на поверхности профиля волны. Этот радиус принимается равным половине высоты волны.

Помимо указанных выше сил на грузовое место, перевозимое на палубе, действуют стремящиеся сдвинуть груз сила динамического давления ветра  $P_y''$  и сила, вызванная гидродинамическим ударом волны при залипании палубы  $P_y'''$ , которые можно определить по формулам (4) и (5):

$$P_y'' = 2S_y \cos^2 \theta_{max}, \quad (4)$$

где  $S_y = l \cdot h$  – боковая площадь парусности грузового места. Здесь  $l, h$  – длина и высота грузового места соответственно;

$$P_y''' = pS_y', \quad (5)$$

где  $S_y' = a \cdot l$  – площадь залипания боковой поверхности груза;

$p$  – гидродинамическое давление воды,  $\text{кН/м}^2$ , находится по графику рис. 2;

$A$  – высота залипания груза, м.

Сдвигу груза противодействует изображённая на рис. 1, в сила трения, которую находят по формуле (6):

$$R = m \cdot g \cdot k_{тр}, \quad (6)$$

где  $k_{тр}$  – коэффициент трения, составляющий при трении металла о дерево – 0,2, металла о резину – 0,3, металла о металл – 0,1, металла о мокрый металл – 0.

Одной силы трения для предотвращения сдвига груза при качке недостаточно. Разницу между суммой сил, определяемых по формулам (3), (4), (5) и силой трения, определяемой по формуле (6) необходимо компенсировать горизонтальной составляющей силы натяжения найтовов  $T_y$ , показанной на рис. 1, в. Сила натяжения найтовов  $T$  раскладывается на горизонтальную составляющую

$$T_y = T \cdot \cos \alpha \quad (7)$$

и вертикальную составляющую  $T_z$ , определяемую по формуле:

$$T_z = T \cdot \sin \alpha, \quad (8)$$

где  $\alpha$  – угол наклона найтовов к палубе.

Вертикальная составляющая силы, создаваемой найтовыми, создаёт добавочную силу трения:

$$R_1 = k_{тр} \cdot T \cdot \sin \alpha. \quad (9)$$

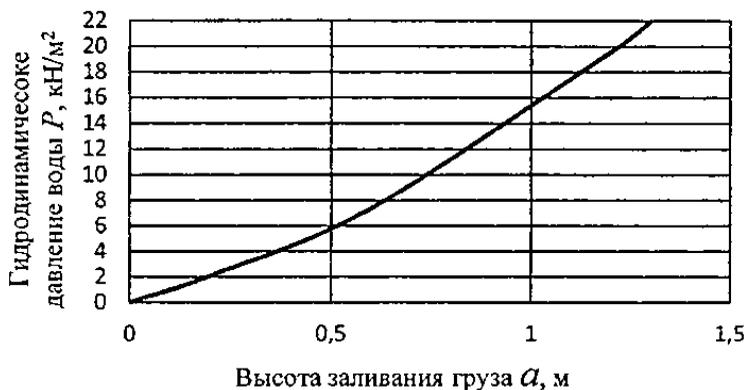


Рис. 2. Зависимость гидродинамического давления воды от высоты заливания груза

Помимо этого вертикальная составляющая силы натяжения найтовов препятствует опрокидыванию груза, создавая момент

$$M_b = T \cdot \sin \alpha \cdot k, \quad (10)$$

где  $k$  – плечо действия найтовов (рис. 1,  $e$ ).

**На практике расчёт держащей силы крепёжных устройств производится в соответствии с требованиями, изложенными в приложении 13 «Методы оценки эффективности устройств крепления нестандартных грузов» к документу[5].**

В этом документе рассматриваются два упрощенных метода расчёта. При использовании первого из них требуемое разрывное усилие найтовов принимается равным весу грузового места. Вторым методом заключается в следующем. Расчет внешних сил, действующих на груз в продольном, поперечном и вертикальном направлениях, производится по формуле:

$$P_{(x,y,z)} = m \cdot a_{(x,y,z)} + P_{W(x,y)} + P_{S(x,y)}, \quad (11)$$

где  $a_{(x,y,z)}$  – продольное, поперечное или вертикальное ускорение, действующее на груз, м/с<sup>2</sup>. Значения ускорений принимаются в зависимости от места расположения груза по таблице, изображённой на рис. 3;

$P_{W(x,y)}$  – продольная и поперечная сила давления ветра на груз, кН:

$$P_{W(x,y)} = 1.5 \cdot S_{(x,y)}; \quad (12)$$

$S_{(x,y)}$  – фронтальная или боковая площадь парусности грузового места соответственно ( $S_y$  находится так же, как в формуле (4));

$P_{S(x,y)}$  – продольная и поперечная сила удара волн по грузу, кН.

$$P_{S(x,y)} = p \cdot S_{3(x,y)}; \quad (13)$$

$S_{3(x,y)}$  – площадь заливания поверхности груза, перпендикулярной оси  $x$  или  $y$  соответственно.  $S_{3(x,y)}$  находится путём умножения высоты заливания на ширину или длину грузового места соответственно;

$P$  – сила удара волны принимается равной:

$p = 7,4$  кН при высоте заливания 0,6 м;

$p = 19,6$  кН при высоте заливания 1,2 м.

В диапазоне высот заливания от 0.6 до 1.2 м величина  $p$  определяется линейной интерполяцией.

Поперечное ускорение $a_y$ в $m/c^2$										Продольное ускорение $a_x$ в $m/c^2$
Верх палубы	7.1	6.9	6.8	6.7	6.7	6.8	6.9	7.1	7.4	3.8
Низ палубы	6.5	6.3	6.1	6.1	6.1	6.1	6.3	6.5	6.7	
Твиндек	5.9	5.6	5.5	5.4	5.4	5.5	5.6	5.9	6.2	2.0
Трюм	5.5	5.3	5.1	5.0	5.0	5.1	5.3	5.5	5.9	
Доля длины судна L	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.5
Вертикальное ускорение $a_z$ в $m/c^2$										
7.6 6.2 5.0 4.3 4.3 5.0 6.2 7.6 9.2										

Рис. 3. Значения ускорений, действующих на груз в зависимости от места его расположения на судне, рекомендуемые [5]

Приведенные величины поперечных и продольных ускорений включают составляющие сил тяжести и сил инерции при качке, направленные параллельно палубе. Величины вертикальных ускорений не включают составляющую статического веса грузового места.

Основные данные ускорений рассматриваются применительно к следующим условиям эксплуатации судна:

- неограниченный район плавания;
- любое время года;
- длина судна  $L$  равна 100 м;
- эксплуатационная скорость судна  $V$  равна 15 узлам;
- отношение  $B/GM \geq 13$ . ( $B$  – ширина судна,  $GM$  – метацентрическая высота). Для судов, длина которых отличается от 100 м и скорость которых отличается от 15 узлов, величины ускорений корректируются коэффициентами, приведенными в табл. 1 и 2.

Таблица 1

**Коэффициенты коррекции ускорений на длину и скорость судна**

$L/V$	50	60	70	80	90	100	120	140	160	180
9	1,20	1,09	1,00	0,92	0,85	0,79	0,70	0,63	0,57	0,53
12	1,34	1,22	1,12	1,03	0,96	0,90	0,79	0,72	0,65	0,60
15	1,49	1,36	1,24	1,15	1,07	1,00	0,89	0,80	0,73	0,68
18	1,64	1,49	1,37	1,27	1,18	1,10	0,98	0,89	0,82	0,76
21	1,78	1,62	1,49	1,38	1,29	1,21	1,08	0,98	0,90	0,83
24	1,93	1,76	1,62	1,50	1,40	1,31	1,17	1,07	0,98	0,91

Таблица 2

**Коэффициенты коррекции ускорений на соотношения ширины и метацентрической высоты судна**

$B/GM$	7	8	9	10	11	12
Верх палубы	1,56	1,40	1,27	1,19	1,11	1,05
Низ палубы	1,42	1,30	1,21	1,14	1,09	1,04
Твиндек	1,26	1,19	1,14	1,09	1,06	1,03
Трюм	1,15	1,12	1,09	1,06	1,04	1,02

Поперечные и продольные найтовы для крепления груза выбираются в соответствии с данными о разрывных усилиях, выбирае-

мыми из принятых в различных государствах стандартов на крепёжные устройства (тросы, ленты, цепи, скобы, талрепы и т.д.) или в соответствии с подобными данными, приведёнными производителями крепёжных устройств в сертификатах на свои изделия. Суммарное разрывное усилие крепёжных устройств, используемых с каждой стороны грузового места, должно быть не менее усилия, возникающего в этих крепёжных устройствах в результате воздействия качки на это грузовое место. Для обеспечения надёжности креплений найтовы подбираются с некоторым запасом, рассчитываемым при помощи специального коэффициента. При этом, как правило, каждое крепёжное устройство состоит из нескольких элементов (грузовое место имеет проушину, к которой при помощи такелажной скобы крепится трос, натягиваемый при помощи талрепа, прикрепленного к другому концу троса. Талреп в свою очередь крепится скобой к приваренной к палубе проушине). Крепёжное устройство должно: быть как можно более дешёвым, а также обеспечивать удобство работы с ним. Поэтому составляющие части такого устройства не должны быть слишком тяжёлыми, а тросы – слишком толстыми (чем толще трос, тем он тяжелее и дороже, помимо этого от толщины троса зависит, насколько легко изготовить на нём огон, в который заводится скоба). Поэтому вместо одного толстого троса с каждой стороны грузового места, как правило, заводится несколько более тонких тросов, суммарное разрывное усилие которых с учётом коэффициента запаса не менее суммарных усилий, действующих на это место в результате качки. То есть для расчёта необходимого минимального разрывного усилия составляются уравнения равновесия сил (пример приведён для найтова, удерживающего груз от поперечного смещения):

$$P_y \leq k_{\text{тр}} \cdot m \cdot g + CS \cdot f, \quad (14)$$

где  $C$  – сила натяжения найтовок.

$$CS = MSL / 1,5, \quad (15)$$

$MSL$  – аббревиатура от слов Maximum Safe Load максимальная безопасная нагрузка на крепёжное устройство, она определяется по табл. 3 в зависимости от материалов, из которых изготовлено крепёжное устройство;

$f$  – коэффициент, зависящий от угла наклона найтова к палубе  $\alpha$  и коэффициента трения  $k_{\text{тр}}$ . Он находится по табл. 4.

Таблица 3

**Определение MSL в зависимости от величины разрывного усилия**

Материал	MSL
Соединительные скобы, кольца, огоны, талрепы из мягкой стали	50% разрывного усилия
Растительный трос	33% разрывного усилия
Стальной трос (одноразового пользования)	80% разрывного усилия
Стальной трос (многократного использования)	30% разрывного усилия
Стальная лента (одноразового пользования)	70% разрывного усилия
Цепи	50% разрывного усилия

Таблица 4

**Зависимость коэффициента  $f$  от  $k_{тр}$  и  $\alpha$**

$\alpha \backslash k_{тр}$	-30°	-20°	-10°	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
0,3	0,72	0,84	0,93	1,00	1,04	1,04	1,02	0,96	0,87	0,76	0,62	0,47	0,30
0,1	0,82	0,91	0,97	1,00	1,00	0,97	0,92	0,83	0,72	0,59	0,44	0,27	0,10
0,0	0,87	0,94	0,98	1,00	0,98	0,94	0,87	0,77	0,64	0,50	0,34	0,17	0,00

Таким образом, необходимое минимальное разрывное усилие слабого звена найтова можно найти по формуле:

$$F_{разр} = \frac{P_y - k_{тр} \cdot m \cdot g}{f} \cdot 1,5 \cdot e. \quad (16)$$

Здесь  $e$  – коэффициент запаса, зависящий от материала, из которого изготовлено крепёжное устройство (см. табл. 3) ( $e = 2$  – для цепей, скоб, колец, талрепов;  $e = 1,25$  для стального троса одноразового использования,  $e = 3,3$  – при многократном использовании троса и т.д.).

Если с каждой стороны грузового места заводится несколько найтовок, требуемое разрывное усилие делится на их количество. С полученной величиной заходим в каталог (в качестве примера см. приложение 2) и выбираем необходимые характеристики крепёжных устройств.

В данной работе необходимо подобрать стальные тросы для крепления груза в соответствии со своим вариантом задания на заданном судне из расчёта 2 троса с каждой боковой стороны грузового места двумя указанными выше способами.

## **2. Расчёт вероятных условий возникновения резонансной качки и слеминга**

В издаваемых в последние годы международных и национальных документах, касающихся безопасности мореплавания, например [2] или [3], подчёркивается, что соблюдение обязательных критериев остойчивости судна на спокойной воде отнюдь не гарантирует безопасности плавания при неумелом управлении им на взволнованной поверхности моря. Безопасность морского судовождения в условиях неблагоприятной погоды во многом зависит от правильного выбора скорости и курсового угла судна по отношению к фронту набегающей волны. При этом под правильным выбором понимаются такие курс и скорость, при которых обеспечивается отсутствие или уменьшение резонансных явлений при качке. Резонанс бортовой качки может привести к увеличению её амплитуд до угла динамического опрокидывания судна или до такого угла крена, при котором может произойти обрыв найтовок генерального груза или начаться смещение навалочного груза. Резонанс килевой и вертикальной качки может привести к значительному увеличению её амплитуд и усилению днищевого или бортового слеминга и заливания палубы. В общем случае рассматривают два вида резонанса качки – основной и параметрический.

**Основной резонанс качки** возникает при совпадении или близости кажущегося периода волны, зависящего от скорости и курсового угла судна по отношению к волне к периоду собственных колебаний судна, зависящему от параметров его посадки и остойчивости, в частности от метацентрической высоты. Таким образом каждая подошедшая к судну волна, действуя в такт с его собственными колебаниями, добавляет ему энергии, увеличивая амплитуду качки. Аналогично раскачивают качели или иной маятник, толкая их рукой в такт с колебаниями.

**Параметрический резонанс качки** возникает при совпадении или близости периода изменения остойчивости судна на волне к кажущемуся периоду волны. Периодические уменьшения остойчивости возникают из-за изменений момента инерции действующей ватерлинии судна относительно связанной с его корпусом продольной оси при потере части длины и особенно ширины (уменьшении ординат в оконечностях корпуса) этой ватерлинии на волне. Таким образом, амплитуда колебаний при качке возрастает из-за уменьшения остойчивости судна при определённом положении корпуса относительно гребней волн. Аналогично раскачивают качели, стоя на них, и сгибаая / разгибаая ноги, т.е. меняя длину маятника в такт с колебаниями.

Периоды собственных колебаний судна оцениваются по формулам, вывод которых представлен в курсе лекций по данной дисциплине. Для бортовой качки

$$\tau_c^\theta \approx \frac{0,8 \cdot B}{\sqrt{GM}}, \quad (17)$$

где  $B$  – ширина судна, м.

Для килевой и вертикальной качки

$$\tau_c^\varphi \approx 2,68 \cdot \sqrt{D_{ср}}, \quad (18)$$

где  $D_{ср}$  – средняя осадка судна, м.

Кажущийся период волны можно найти, как отношение длины волны к скорости сближения судна и фронта волны:

$$\tau_k = \frac{\lambda}{1,25 \cdot \sqrt{\lambda} + 0,514 \cdot V_0 \cdot \cos q}, \quad (19)$$

где  $\lambda$  – длина волны, м;

$V_0$  – скорость судна относительно воды, уз.;

$q$  – курсовой угол волны, град.

На рис. 4 представлен вид амплитудно-частотной характеристики качки судна. По оси абсцисс здесь откладывается отношение кажущегося периода волны к периоду собственных колебаний судна, а по оси ординат – амплитуда качки. Из рисунка видно, что амплитуды качки резко возрастают, когда отношение кажущегося периода волны к периоду собственных колебаний судна равно единице (т.е. периоды совпадают) или отличается от этой величины не

более, чем на 30% в ту или другую сторону. То есть условие возникновения **основного резонанса качки** можно записать следующим образом:

$$0,7 \cdot \tau_c \leq \tau_k \leq 1,3 \cdot \tau_c. \quad (20)$$

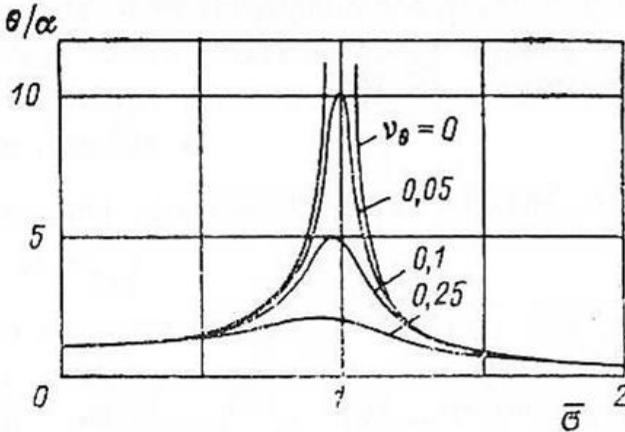


Рис. 4. Амплитудно-частотная характеристика качки судна

На основе формул (19) и (20) разработана диаграмма Ремеза (Приложение 10), наглядно показывающая соотношения скоростей судна и курсовых углов волны при различной её длине, при которых возможно возникновение основного резонанса различных видов качки. Для того чтобы ею воспользоваться, необходимо рассчитать периоды собственных колебаний судна по формулам (17) и (18). Далее нужно взять 0,7 и 1,3 от каждого периода (для чего можно воспользоваться вспомогательной шкалой над диаграммой). Выбрать кривые, соответствующие полученным значениям периодов (при необходимости интерполировать между кривыми) в верхней части диаграммы. Точки пересечения соответствующих кривых с горизонтальной линией, проведённой через соответствующее значение длины волны, дадут ширину резонансной зоны, в которую не должен попасть конец вектора скорости судна при соответствующей скорости и курсовом угле в нижней части диаграммы. Вместо длины волны можно использовать также высоту значительного волнения, которая указывается в прогнозе, высоту волны 3% обеспеченности, по которой задаются регистровые ограничения

судна в Правилах Регистра (две шкалы слева от диаграммы) или шкалу балльности волнения справа от диаграммы.

**Параметрический резонанс качки** возникает обычно при уменьшении момента инерции действующей ватерлинии и соответствующем уменьшении метацентрического радиуса, а также метацентрической высоты вследствие сужения ватерлинии в оконечностях корпуса судна на волне. При этом середина корпуса должна находиться на гребне волны, а оконечности – в соседних с этим гребнем ложбинах волн. Поскольку у большинства судов обводы корпуса в оконечностях сужаются книзу, понижение уровня воды на корпусе в этих местах обеспечивает уменьшение ординат действующей ватерлинии и, соответственно, её момента инерции относительно продольной оси. То есть параметрический резонанс качки наблюдается при длине волны, близкой к длине корпуса судна. Увеличение амплитуды качки очень сильно зависит от обводов корпуса в оконечностях (большое увеличение амплитуд наблюдается только у судов с сильным развалом бортов). Непременным условием возникновения параметрического резонанса является близость кажущегося периода волны к половине периода собственных колебаний судна. То есть судно должно совершать одно полное колебание за время прохождения двух последовательных волн, каждый раз отклоняясь на максимальный угол от вертикального положения, когда середина корпуса находится на гребне волны. Такое явление наблюдается на попутных курсовых углах. Поскольку для оценки возможности возникновения параметрического резонанса необходимы сложные расчёты с применением теоретического чертежа судна, этот вид резонанса в данной лабораторной работе не рассматривается.

Для оценки условий отсутствия слеминга применяется формула

$$\frac{L}{D_n} \leq A \frac{\lambda_{max}}{h_{max}}, \quad (21)$$

где  $L$  – длина судна, м;

$D_n$  – осадка носом, м;

$\lambda_{max}$  – длина самых больших волн, м;

$h_{max}$  – высота самых больших волн, м.

Коэффициент  $A$  находится по графику рис. 5 в зависимости от числа Фруда:

$$Fr = \frac{V_0}{\sqrt{9,81 \cdot L}}. \quad (22)$$

Таким образом для определения предельно допустимой скорости судна, при которой отсутствует слеминг, необходимо, чтобы

$$\frac{Lh_{max}}{D_n \lambda_{max}} \leq A. \quad (23)$$

При помощи найденного значения  $A$  по рис. 5 определяем максимально допустимое число Фруда, а с его помощью находим максимально допустимую скорость судна:

$$V_0 = Fr \cdot \sqrt{9,81 \cdot L}. \quad (24)$$

В данной работе необходимо, используя диаграмму Ремеза, подобрать курсовые углы и скорости судна на заданном волнении, при которых будет отсутствовать основной резонанс качки, и проверить возможность возникновения слеминга, используя формулы (21–24).

### 3. Расчёты, выполняемые при аварийной буксировке

Потребность в аварийной буксировке может возникнуть у любого судна при выходе из строя его главных двигателей, движителей или органов управления. При этом выполнение такой буксировки специализированным буксиром-спасателем (или иным судном, принадлежащим другому судовладельцу), когда неисправность на аварийном судне возникла в море, обычно считается спасательной операцией, стоимость выполнения которой рассчитывается, как определённый процент от стоимости судна, груза на его борту и фрахта, т.е. она заведомо очень велика. Поэтому обычно судовладельцы стараются при наличии малейшей возможности действовать для аварийной буксировки принадлежащие им суда, особенно, когда позволяют погодные условия, а отбуксировать аварийное судно требуется на сравнительно небольшое расстояние. При этом у судоводителя, получившего от своего судовладельца

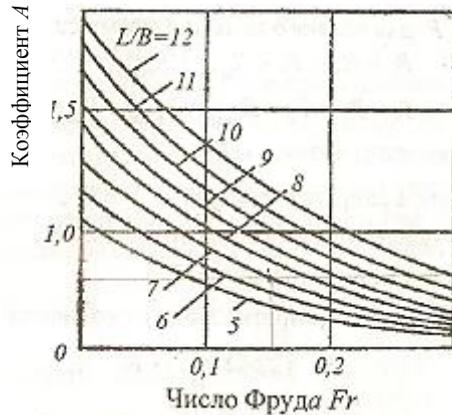


Рис. 5. Значение коэффициента  $A$

задание на выполнение аварийной буксировки, возникает необходимость выполнить ряд расчётов для того, чтобы обеспечить целостность буксирных тросов и палубных конструкций, задействованных в их креплении. Все суда длиной 100 м и более, а также танкеры независимо от размеров должны иметь на борту собственный буксирный трос, диаметр, длина и разрывное усилие которого приводятся в Правилах классификационного общества, которому поднадзорно данное судно. Буксирные тросы, а также швартовные тросы, якоря и якорь-цепи подбираются в этих правилах с помощью специальной таблицы (Приложение 1), в которую заходят с величиной, называемой «Характеристикой снабжения». Она рассчитывается по приведённой в этих же Правилах формуле:

$$N_C = \Delta^{2/3} + 2BH + 0,1 A^\circ. \quad (25)$$

Здесь  $\Delta$  – весовое водоизмещение судна при осадке по летнюю грузую марку, т;

$H$  – высота от летней грузовой ватерлинии до верхней кромки настила палубы рубки, м;

$A^\circ$  – боковая площадь парусности судна при летней осадке, м<sup>2</sup>.

Боковые площади парусности судна в зависимости от осадки иногда приводятся в виде таблиц в судовых буклетах «Информации об остойчивости» (Приложение 5 для судов 1 и 2). Эти данные обычно используются для оценки остойчивости по критерию погоды, но в данном случае их можно использовать для расчёта характеристики снабжения, зайдя в таблицу с величиной летней осадки. В случае отсутствия в буклете такой таблицы можно найти примерную площадь парусности по чертежу судна. Для этого на виде сбоку силуэта судна проставлены размеры (см. Приложение 5 для судна 3). Чёрным цветом здесь закрашена надводная часть судна, более светлой штриховкой – подводная. Площадь парусности складывается из боковой площади надводной части корпуса (произведение длины на сумму высоты надводного борта и высоты комингса грузового трюма) и боковой площади надстройки (произведение длины надстройки на её высоту). Площадь проёмов между надстройкой и дымовой трубой, а также площадь под наклонной частью форштевня, которые в идеале нужно вычесть из полученной площади парусности, приблизительно компенсируются суммарной площадью парусности бака, лееров, мачт, антенн и т.д. На практике можно взять чертёж судна и, сняв с него размеры, вычислить пло-

щадь парусности более точно, но здесь, в учебных целях, достаточно определить её, как указано выше.

### **Расчёт тяги на гаке и скорости буксировки**

Если судно (или в данном случае состав из двух судов) движется прямолинейно с определённой постоянной скоростью, то сила создаваемого гребным винтом (винтами) упора равна суммарной силе сопротивления воды и воздуха движению судна (в данном случае состава). Как известно, при увеличении скорости движения судна (состава) сопротивление движению растёт пропорционально квадрату скорости, а упор винта падает из-за того, что винт поступательно движется в воде и при этом отбрасывает назад только часть подтекающей к нему воды. Равенство упора винта буксировщика при оборотах, соответствующих полному ходу, и сопротивления движению состава наблюдается при определённой скорости движения, которая и будет искомой максимально возможной скоростью буксировки. Удобнее всего находить эту скорость при помощи построенных в одной системе координат графиков зависимости упора винта буксирующего судна и сопротивления движению состава от скорости движения (рис. 6, линии 1 и 4 соответственно). Максимальное значение упора наблюдается, когда судно стоит на месте (на швартовах) и винт отбрасывает назад максимальное количество воды. Его можно найти по эмпирической формуле:

$$T_{ш} = 0,15 \cdot N_i, \quad (26)$$

где  $N_i$  – суммарная мощность главных двигателей судна.

При скорости полного хода буксирующего судна на тихой воде упор его винта (или суммарный упор винтов, если их несколько) на этой скорости, будет равен сопротивлению движения этого судна на этой скорости без учёта влияния на него внешних факторов (ветра и волнения). Упор винта будет падать прямо пропорционально скорости, поэтому, отложив на графике упор винта на швартовах при скорости, равной нулю, а также сопротивление движению судна без учёта внешних факторов при скорости полного хода и соединив полученные точки прямой линией, получим график изменения упора винта буксировщика в зависимости от его скорости (см. рис. 6, линия 1).

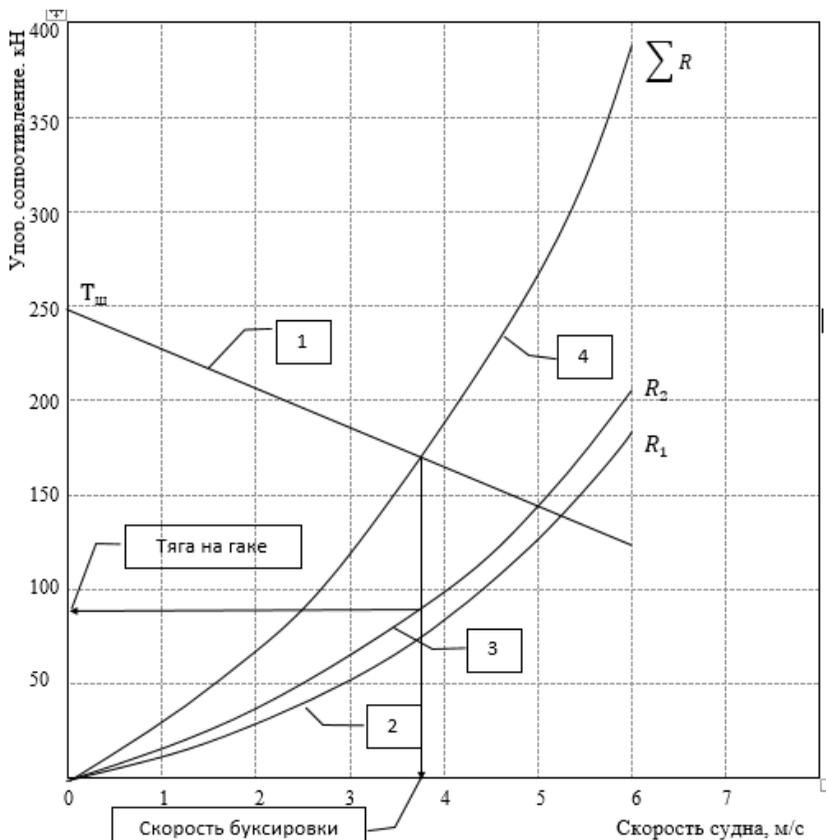


Рис. 6. Графики зависимости упора винта буксировщика и сопротивления движению судов от скорости

Полное сопротивление движению судна (см. рис. 6, линии 2 и 3 для буксировщика и буксируемого соответственно) в общем случае складывается из следующих составляющих:

$$R = R_f + R_r + R_{\text{возд}} + R_{\text{волн}} + R_{\text{винт}}, \quad (27)$$

где  $R_f$  — сопротивление трения, кН;

$R_r$  — остаточное сопротивление (из-за затрат энергии на образование волн корпусом судна), кН;

$R_{\text{возд}}$  — сопротивление воздуха, кН;

$R_{\text{волн}}$  — дополнительное сопротивление, создаваемое морским волнением, кН;

$R_{\text{винт}}$  – дополнительное сопротивление, создаваемое застопоренным гребным винтом буксируемого судна (у буксирующего судна отсутствует), кН.

Перечисленные виды сопротивления движению находятся по следующим формулам:

$$R_f = f \cdot \gamma \cdot \Omega \cdot V^{1,83}; \quad (28)$$

$$R_r = 0,09 \cdot \frac{C_B \cdot \Delta \cdot V^4}{L^2}; \quad (29)$$

$$R_{\text{возд}} = c \cdot \frac{\rho_a}{2} \cdot S_{\otimes} \cdot (V + W)^2; \quad (30)$$

$$R_{\text{волн}} = k \cdot \frac{\gamma}{2} \cdot \Omega \cdot V^2 \cdot 10^{-3}; \quad (31)$$

$$R_{\text{винт}} = 0,5 \cdot \theta \cdot d^2 \cdot V^2. \quad (32)$$

Здесь  $f$  – коэффициент трения, принимается равным 0,0014;

$\gamma$  – плотность воды, для морской воды равна 1,025 т/м<sup>3</sup>;

$V$  – скорость судна, м/с;

$W$  – скорость ветра, м/с;

$C_B$  – коэффициент полноты водоизмещения;

$S_{\otimes}$  – лобовая площадь парусности судна (проекция надводной поверхности на плоскость мидель-шпангоута), м<sup>2</sup>;

$\rho_a$  – плотность воздуха, принимается равной  $0,122 \times 10^{-3}$ ;

$k$  – балл волнения;

$D$  – диаметр винта, м;

$\theta$  – дисковое отношение винта;

$\Omega$  – площадь смоченной поверхности корпуса, м<sup>2</sup>,

$$\Omega = 1,05 \cdot L \cdot (1,7D_{\text{ср}} + C_B \cdot B).$$

Сопротивление движению буксирующего и буксируемого судов (при однотипных судах отличаются друг от друга на величину сопротивления гребного винта) рассчитываются для полного хода, а затем – для малого хода (скорость 50% от полного) и для среднего хода (скорость 75% от полного) с использованием зависимости:

$$R = R_{\text{пх}} \cdot \left( \frac{V}{V_{\text{пх}}} \right)^2, \quad (33)$$

где  $R_{\text{пх}}$  – сопротивление движению при скорости полного хода  $V_{\text{пх}}$ ;

$R$  – сопротивление движению при скорости  $V$ .

То есть для среднего хода

$$R = R_{\text{пх}} \cdot 0,56,$$

для малого хода

$$R = R_{\text{пх}} \cdot 0,25.$$

Результаты вычислений заносятся в таблицу вида:

Таблица 5

**Зависимость сопротивления движению судов от скорости**

Скорость, м/с	Сопротивление движению судна, кН		
	Буксировщика	Буксируемого	Общее
Полный ход			
Средний ход			
Малый ход			

По табл. 5 строятся графики вида, изображённого на рис. 6. Точка пересечения графика зависимости упора винта от скорости и графика зависимости общего сопротивления состава от скорости даёт нам максимально возможную скорость буксировки. Сопротивление движению буксируемого судна при этой скорости создаёт нагрузку на буксирный трос, называемую «Тяга на гаке». Это название происходит от того, что на буксирных судах, не оборудованных буксирной лебёдкой, для крепления буксирного троса обычно используется специальное поворотное устройство с гаком.

**Проверка буксирной линии на допустимое удлинение**

При движении состава из буксировщика и буксируемого судна на взволнованной поверхности моря оба судна совершают колебательные движения по круговым траекториям с радиусом, близким к половине высоты волны (рис. 7). Горизонтальная составляющая таких движений приводит к тому, что суда могут то «сходиться», то «расходиться» на расстояние, в худшем случае не превышающее высоту волны (рис. 7, б). Максимальные нагрузки на буксирный трос при его натяжении в этом случае составляют величину, равную суммарному весу обоих судов. Естественно, тросов, способных выдержать такие нагрузки, в природе не существует. Поэтому увеличение расстояния между судами  $\Delta l$  должно компенсироваться, с одной стороны, за счёт упругих деформаций (растяжения подобно пружине) троса  $\Delta l_e$ , а с другой – удлинением буксирной линии за счёт её распрямления  $\Delta l_f$  (ликвидации стрелки провисания,

обозначенной на рис. 7, а буквой  $f$ ), по-другому называемым весовой игрой. То есть:

$$\Delta l = \Delta l_e + \Delta l_f. \quad (34)$$

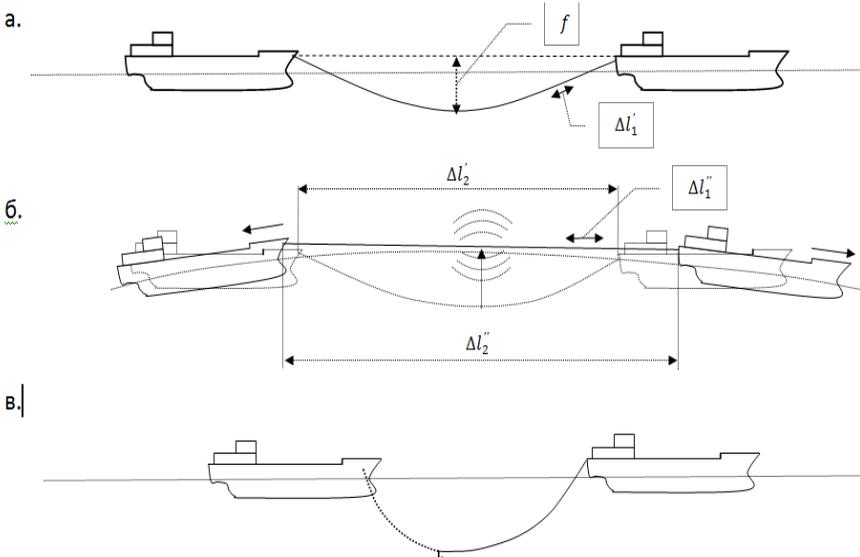


Рис. 7. Схема изменения расстояния между буксировщиком и буксируемым судном на волнении.

**Упругая деформация** троса при «расхождении» судов на волне находится, как разность его упругой деформации  $\Delta l_1''$  при усилии, равном 0,7 (или 70%) от разрывного (при превышении разрывного усилия трос растянуться больше не может и поэтому лопается) и упругой деформации  $\Delta l_1'$  при усилии, равном тяге на гаке:

$$\Delta l_e = \Delta l_1'' - \Delta l_1'. \quad (34)$$

Этот вид деформации определяется по формуле

$$\Delta l_1 = \frac{T \cdot l_T}{E \cdot F}, \quad (35)$$

где  $T$  – усилие, приложенное к тросу (тяга на гаке или разрывное усилие троса), кН;

$l_T$  – длина троса, м;

$E$  – модуль упругости (для стального троса принимается равным 7500 кН/см<sup>2</sup>);

$F$  – площадь сечения троса, см<sup>2</sup>,  $F = \frac{\pi \cdot d_T^2}{4}$ ;

$d_T$  – диаметр троса, см.

**Увеличение расстояния между судами за счёт распрямления буксирного троса** определяется по выражению

$$\Delta l_f = \Delta l'_2 - \Delta l''_2. \quad (36)$$

Здесь  $\Delta l'_2$  – разность расстояний между судами и длиной буксирного троса при его натяжении, соответствующем тяге на гаке;

$\Delta l''_2$  – разность расстояний между судами и длиной буксирного троса при его натяжении, соответствующем 0,7 от разрывного усилия.

Эта разность определяется по формуле

$$\Delta l_2 = \frac{f \cdot q \cdot l_T \cdot g}{3000 \cdot T}, \quad (37)$$

где  $q$  – масса погонного метра буксирного троса, кг/м. Она может определяться по каталогу (пример – см. табл. 6) или по формуле

$$q = 0,03 c^2; \quad (38)$$

$c$  – длина окружности троса, см.  $c = \pi \cdot d_T$ ;

$f$  – стрелка провисания троса, м, при соответствующем натяжении (тяги на гаке или 0,7 разрывного усилия), м, рассчитывается по формуле

$$f = \frac{g \cdot l_T^2 \cdot q}{8000 \cdot T}. \quad (39)$$

Таблица 6

Выписка из ГОСТ 2668–80

Диаметр каната, мм	Масса погонного метра, кг/м
24,0	2,110
25,5	2,390
27,0	2,685
28,0	2,910
30,5	3,490
32,0	3,845
33,5	4,220
37,0	5,015
39,5	5,740
42,0	6,535

Если полученное суммарное удлинение буксирной линии  $\Delta l$  за счёт упругих деформаций и ликвидации провисания троса меньше ожидаемой высоты волны, необходимо каким-то образом утяжелить буксирный трос для увеличения его провисания. Для этого проще всего использовать якорную цепь буксируемого судна, прикрепив к её концу трос при помощи скобы и затем при помощи брашпиля вытравив её на расстояние до 1/8 общей длины получившегося таким образом комбинированного буксирного троса (см. рис. 7, в). Якорное устройство судна рассчитано на удержание гружёного судна на месте якорной стоянки, то есть оно способно выдержать и усилие, соответствующее тяге на гаке. Поэтому такой способ крепления буксирного троса на буксируемом судне заодно позволяет при отсутствии специальных буксировочных кнехтов избежать более сложных (типа браги) способов его крепления за прочные судовые конструкции, а также при необходимости (например, при входе в узкость или выходе на мелководье) регулировать длину буксирной линии, подбирая или потравливая якорь-цепь при помощи брашпиля. Увеличение расстояния между судами за счёт распрямления комбинированного буксирного троса и стрелка его провисания рассчитываются по приведённым выше формулам (36), (37) и (39), в которых масса погонного метра принимается из выражения

$$q = \frac{q_{\text{ц}} \cdot l_{\text{ц}} + q_{\text{т}} \cdot l_{\text{т}}}{l_{\text{ц}} + l_{\text{т}}}. \quad (40)$$

Здесь индексы «ц» и «т» относятся к весу погонного метра цепи и троса соответственно. Вес погонного метра цепи можно определить по выражению

$$q = 0,023 \cdot d_{\text{ц}}^2, \quad (41)$$

где  $d_{\text{ц}}$  – калибр цепи **в миллиметрах**.

Увеличить стрелку провисания буксирного троса при необходимости можно также путём уменьшения скорости буксировки и снижения таким образом сопротивления буксируемого судна (тяги на гаке).

В данной работе необходимо рассчитать скорость буксировки заданным судном однотипного судна при заданных погодных условиях и проверить буксирный трос на допустимое удлинение. При необходимости добавить в него якорь-цепь.

#### 4. Оценка возможности снятия судна с мели

После посадки судна на мель в числе первоочередных мероприятий определяется наличие или отсутствие водоточности корпуса путём осмотра его отсеков, в которые имеется свободный доступ, а также контрольных промеров уровней жидкостей в отсеках, в которые такого доступа не имеется (танков, трюмов, коффердамов и т.д.). Помимо этого определяются по маркам углублений или по замеренным расстояниям до палубной линии осадки в носовой, кормовой частях корпуса и на миделе. По мере возможности при помощи ручного лота производятся промеры глубин вокруг судна и определяется характер грунта.

Оценка возможности снятия судна с мели производится путём сравнения имеющегося тягового усилия (упора винтов только самого судна или ещё и доступной дополнительной тяги, например, упора винтов буксировщиков, или тяги якорно-швартовых устройств при завезённых на глубокую воду якорях) и силы трения, препятствующей сдвигу судна с мели. При этом сила трения может быть найдена путём умножения силы реакции грунта на коэффициент трения судна о грунт:

$$F_{\text{тр}} = f_{\text{тр}} \cdot P, \quad (42)$$

где  $f_{\text{тр}}$  – коэффициент трения корпуса судна о грунт, принимается в зависимости от рода грунта по табл. 7;

$P$  – сила давления корпуса на грунт (сила реакции грунта), кН.

Таблица 7

Коэффициент трения корпуса о грунт

Вид грунта	Коэффициент $f_{\text{тр}}$
Глина жидкая, ил	0,18–0,22
Глина мягкая	0,23–0,30
Глина с песком	0,30–0,32
Песок	0,35–0,38
Галька	0,32–0,42
Каменистый грунт	0,30–0,42
Бульжник	0,42–0,50

Сила реакции грунта в общем случае равна разности сил тяжести и сил плавучести, действующих на сидящее на мели судно. Если судно находится на плаву эти силы компенсируют друг друга, то есть по величине они равны между собой. При посадке на мель судно частично выходит из воды, т.е. частично уменьшается объём вытесняемой корпусом воды (его объёмного водоизмещения) и происходит потеря части сил плавучести. Если судно при посадке на мель получает пробоину, повреждённые отсеки перестают вытеснять воду, что приводит к дополнительному уменьшению сил плавучести. Если для облегчения снятия с мели судно частично разгрузить, соответственно уменьшится и действующая на него сила реакции грунта. То есть в общем случае сила реакции грунта может быть найдена по формуле:

$$P = \Delta - \gamma \cdot V_M + \sum \gamma \cdot v_i - \sum p, \quad (43)$$

где  $V_M$  – объёмное водоизмещение судна на мели;

$v_i$  – объём  $i$ -го затопленного отсека;

$\sum p$  – суммарный вес выгруженных грузов.

Если посадка на мель произошла через небольшое время после замера осадок судна на плаву, потерянное за счёт выхода части корпуса из воды, водоизмещение судна можно найти по упрощённой формуле:

$$\Delta - \gamma \cdot V_M = 9,81 \cdot TPC \cdot dD_{cp}, \quad (44)$$

где  $TPC$  – количество тонн на сантиметр осадки, находится из таблицы гидростатических элементов буклета «Информация об остойчивости судна»;

$dD_{cp}$  – разница средних осадок судна до и после посадки на мель, м.

Средние осадки до и после посадки на мель находятся по формуле:

$$D_{cp} = \frac{D_n + 2D_m + D_k}{4}, \quad (45)$$

где  $D_n, D_m, D_k$  – средние (между правым и левым бортом) осадки на носу, миделе и корме до и после посадки на мель соответственно.

Если осадка судна между последним её замером на плаву и моментом посадки на мель значительно уменьшилась вследствие расхода запасов или требуется более точный расчёт, весовое водоизме-

чение до посадки на мель рассчитывается с помощью таблицы весовых нагрузок с учётом реально имеющихся на борту запасов, а после посадки на мель может быть взято из таблицы гидростатических элементов по средней осадке судна на мели.

Очевидно, что судно самостоятельно сойдёт с мели, если

$$F_{\text{тр}} < T_{\text{ш}}^{\text{зх}}. \quad (46)$$

Упор на швартовах при работе на задний ход можно найти по эмпирической формуле:

$$T_{\text{ш}}^{\text{зх}} = 0,8 \cdot T_{\text{ш}}. \quad (47)$$

Для определения  $T_{\text{ш}}$  см. формулу (26).

Если условие (46) не выполняется, а судно сидит на грунте только одной оконечностью корпуса (это определяется путём сравнения осадок на оконечностях и глубин у борта в районе оконечностей или попыткой протянуть под судном с кормы в нос подкильные концы), при наличии возможности приёма или перемещения груза или балласта можно попытаться изменить крен или дифферент с тем, чтобы приподнять сидящую на грунте оконечность. Изменение реакции грунта при приёме груза весом  $p$  на оконечность, противоположную сидящей на мели, рассчитывается по формуле

$$dP = -p \cdot \left[ 1 - \frac{\gamma \cdot S \cdot (x_f - x_a) \cdot (x - x_a)}{\Delta \cdot H + \gamma \cdot S \cdot (x_f - x_a)^2} \right], \quad (48)$$

где  $x_f$  – абсцисса центра тяжести ватерлинии судна. Находится из таблицы гидростатических элементов судна. В данной работе можно принять равной 0,5 м;

$x_a$  – абсцисса точки приложения равнодействующей реакции грунта. В данной работе можно принять равной  $\frac{1}{2} L$ ;

$x$  – абсцисса центра тяжести принятого груза (балласта);

$S$  – площадь действующей ватерлинии судна;

$H$  – продольная метацентрическая высота судна.

При перемещении груза или балласта он считается снимаемым с оконечности, сидящей на грунте и принимаемым на противоположную оконечность. При этом абсциссы  $x$  берутся для тех мест, где расположен центр тяжести груза до и после перемещения или центры тяжести соответствующих балластных цистерн.

Если проведённые расчёты показывают, что судно самостоятельно сойти с мели не может, то требуется дополнительная тяга, определяемая из выражения

$$F_g = F_{\text{тр}} - T_{\text{ш}}^{\text{зх}}. \quad (49)$$

Если для стягивания с мели задействовано несколько судов, величина их совместного усилия рассчитывается, как

$$F_g = n \cdot \sum T_{\text{ш}} \cdot \cos \beta, \quad (50)$$

где  $n$  – количество судов.

$\sum T_{\text{ш}}$  – суммарный упор их винтов на переднем ходу.

$\beta$  – угол между буксирными тросами.

Если снятие с мели производится рывком буксировщика, то создаваемое им дополнительное усилие принимается равным 0,8 от разрывного усилия применяемого буксирного троса. В данной работе необходимо оценить возможность самостоятельного снятия с мели заданного судна. При необходимости рассчитать потребную для этого дополнительную тягу.

## **5. Расчёт длины вытравленной цепи при постановке судна на якорь**

Длина якорной цепи, вытравливаемой при постановке судна на рейд, должна выбираться таким образом, чтобы сумма действующих на судно сил компенсировалась силой натяжения цепи. При этом определённый участок цепи при её максимальном натяжении должен лежать на грунте, обеспечивая горизонтальное положение веретена якоря с тем, чтобы лапы якоря заглублялись в грунт, препятствуя смещению судна. Таким образом, строго говоря, длина цепи зависит от глубины в месте якорной стоянки, водоизмещения судна, массы и типа (коэффициента держащей силы) якоря, массы (калибра) якорной цепи и величины воздействующих на судно внешних усилий (силы или скорости ветра, наличия и скорости течения, площади парусности надводной части судна, площади погруженной части мидель-шпангоута, наличия или отсутствия рывков при рыскании судна на якорю). Масса якоря и калибр якорной цепи подбираются, как описывалось выше, в разделе 3, при помощи характеристики снабжения с учётом водоизмещения и размеров судна, т.е. часть упомянутых выше факторов учитывается уже при проектировании судна, поэтому на практике для определения необходимой длины вытравленной цепи обычно пользуются эмпирическими формулами.

$$l_{\text{яц}} = (5-7) \cdot H_{\text{гл}}, \quad (51)$$

где  $H_{\text{гл}}$  – глубина в месте якорной стоянки, м.

По формуле (51) необходимая длина цепи определяется в метрах. Формула обычно применяется российскими судоводителями.

$$l_{\text{яц}} = \sqrt{H_{\text{гл}}}. \quad (52)$$

По формуле (52) длина цепи определяется в смычках, при том что величина  $H_{\text{гл}}$  берётся в метрах. Формула применяется чаще на иностранных судах. Обе формулы дают приблизительно одинаковые результаты.

При недостаточности длины вытравленной цепи, вычисленной изложенным выше способом, в случае усиления ветра и (или) течения судно начинает дрейфовать на якорю. В этом случае вытравливают дополнительное количество цепи до прекращения дрейфа, а при невозможности сделать это (вытравлена вся цепь, а дрейф не прекратился или, например, размеры якорной стоянки ограничены), меняют место якорной стоянки. В особо тяжёлых случаях выбирают якорь и ложатся в дрейф, дожидаясь ослабления воздействующих на судно внешних факторов. Помимо указанных выше существует множество редко применяемых на практике эмпирических формул, позволяющих вычислить необходимую длину якорной цепи, исходя из характеристик якоря и цепи, а также учитывающих воздействие на судно внешних факторов. Например, для **определения необходимой длины цепи из расчёта полного использования держащей силы якоря и участка цепи, лежащего на грунте**, может быть использована формула

$$l_{\text{яц}} = H_{\text{кл}} \cdot \sqrt{1 + \frac{2}{H_{\text{кл}}} \left( \frac{m_{\text{я}} \cdot k}{q} + a \cdot f \right)}, \quad (53)$$

где  $m_{\text{я}}$  – масса якоря, кг;

$k$  – удельная держащая сила якоря, зависящая от типа и массы якоря, в целях настоящей лабораторной работы может быть принята по табл. 8;

$q$  – вес погонного метра якорной цепи в воде, может быть рассчитан по формуле  $q = 0,018 \cdot d_{\text{ц}}^2$ , см. также формулу (41);

$a$  – длина участка цепи, лежащего на грунте (принимается равной 50 м);

$f$  – коэффициент трения цепи о грунт, зависящий от рода грунта, принимается по табл. 9;

$H_{\text{кл}}$  – высота якорного клюза над грунтом, м, определяется по формуле

$$H_{\text{кл}} = H_{\text{гл}} + (H_{\text{к}} - D_{\text{н}}), \quad (54)$$

где  $H_{\text{к}}$  – высота клюза над основной плоскостью судна (её можно принять равной расчётной высоте борта), м.

Таблица 8

Удельная держащая сила якоря

Масса якоря $m_{\text{я}}$ , кг	Удельная держащая сила $k$ для грунта		
	илистого	песчаного	гальки
1500	0,9–2,5 (1,7)	2,0–2,9 (2,5)	2,4–3,6 (3,0)
3000	0,9–2,4 (1,7)	1,9–2,8 (2,4)	2,3–3,6 (2,9)
5000	0,8–2,2 (1,5)	1,8–2,6 (2,2)	2,1–3,3 (2,7)

Таблица 9

Коэффициент трения якорной цепи о грунт

Грунт	Коэффициент $f$
Песок мелкий	0,35–0,38
Галька	0,38–0,42
Каменная плита	0,40–0,50
Ил	0,10–0,15
Жидкая глина	0,18–0,22
Мягкая глина	0,23–0,30
Песок с глиной	0,30–0,32

При определении длины цепи с учётом воздействия на судно внешних факторов могут применяться следующие формулы. Суммарная сила, действующая на судно, определяется как

$$\sum R = R_{\text{а}} + R_{\text{т}} + R_{\text{ин}}, \quad (55)$$

где  $R_{\text{а}}$  – сила воздействия ветра, кН;

$R_{\text{т}}$  – сила воздействия течения, кН;

$R_{\text{ин}}$  – сила воздействия рыскания и качки, кН.

$$R_{\text{а}} = 0,61 \cdot C_{\text{ха}} \cdot W^2 (A' \cdot \sin q_{\text{н}} + A'' \cos q_{\text{н}}), \quad (56)$$

где  $C_{ха} = (0,8 - 1,0) \cos q_{и}$  – коэффициент воздушного сопротивления;

$W$  – скорость ветра, м/с;

$A'$  и  $A''$  – площади проекции надводной части судна на ДП и плоскость мидель-шпангоута соответственно. Определяются, как указано в разделе 3 и по схематическим изображениям судов приложения 5;

$q_{и}$  – курсовой угол ветра;

$$R_T = 58,8 \cdot B_T \cdot V_T \cdot \sin \theta_T, \quad (57)$$

где  $B_T$  – площадь проекции подводной части корпуса на ДП, приблизительно равна 0,9 произведения расчётной длины судна на осадку, м/с;

$V_T$  – скорость течения, м/с;

$\theta_T$  – угол между направлением течения и ДП.

$$R_{ин} = 8,7 m_{я}. \quad (58)$$

Необходимую длину якорной цепи с учётом вышеуказанных факторов можно найти по формуле

$$l_{яц} = H_{кл} \cdot \sqrt{1 + \frac{2,8}{H_{кл}} \left( \frac{\sum R}{10q} + a \cdot f \right)}. \quad (59)$$

С целью обеспечения безопасности якорной стоянки вытравливают на одну смычку больше.

Минимальная безопасная глубина в месте якорной стоянки определяется как

$$H_{гл} = 1,2 \cdot D_{max} + 0,7 \cdot h_{в}, \quad (60)$$

где  $D_{max}$  – максимальная осадка судна;

$h_{в}$  – высота волны в месте якорной стоянки.

При необходимости точно вычислить радиус окружности, опиываемой кормой судна при его развороте на якорю (например, когда стоянка осуществляется на стеснённом рейде и следует ожидать смены направления ветра и (или) течения в период стоянки), можно воспользоваться следующими выражениями. Расстояние от клюза до точки начала подъёма якорной цепи с грунта определяется по формуле

$$X = \frac{\sum R}{10q} \ln \frac{l_{яц} + \sqrt{l_{яц}^2 + \left( \frac{\sum R}{10q} \right)^2}}{\frac{\sum R}{10q}}. \quad (61)$$

Длина отрезка цепи, лежащего на грунте, определяется как

$$a = l_{\text{яц}} - X. \quad (62)$$

Радиус окружности, описываемой кормой судна, можно найти, как:

$$R_{\text{к}} = X + a + L. \quad (63)$$

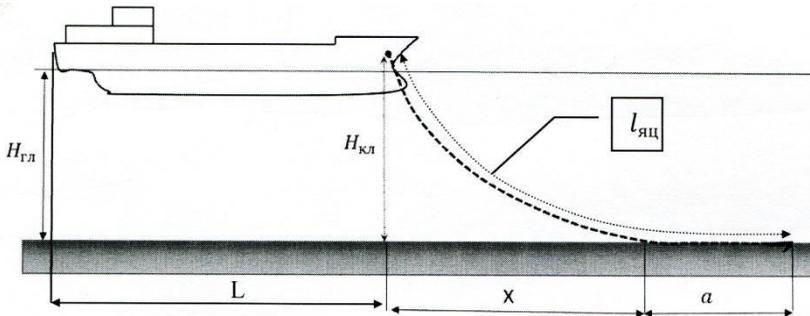


Рис. 8. Якорная стоянка

В данной работе необходимо рассчитать потребную длину якорной цепи для стоянки в заданном месте при заданном течении и погодных условиях приведёнными выше различными способами.

## Литература

1. Правила классификации и постройки морских судов. Т. 1. – СПб. : Российский морской регистр судоходства, 2008.
2. Международный кодекс остойчивости судов в неповреждённом состоянии 2008 года (Кодекс ОШС) (рез. MSC. 267 (85)) с поправками. – 3-е изд. – СПб. : ЦНИИМФ, 2016. – 242 с.
3. Выбор безопасных скоростей и курсовых углов при штормовом плавании судна на попутном волнении (РД 31.00.57.2–91). – СПб. : ЦНИИМФ, 2002. – 58 с.
4. Клементьев А.Н., Токарев П.Н., Хвостов Р.С. Маневрирование и управление судном : метод. указания к выпол. лабор. работ для студ. оч. и заоч. обуч. спец-ти 26.05.05 «Судовождение». – Нижний Новгород : ВГУВТ, 2017. – 91 с.
5. Кодекс безопасной практики размещения и крепления груза (Кодекс РКГ) (по состоянию на 01.01.2006). – URL: docs.cntd.ru/document/420378304. – Текст : электронный.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### ПРИЛОЖЕНИЕ 1

**Выбор характеристик якорных цепей, швартовных и буксирных тросов, массы якорей по характеристике снабжения согласно Правилам РМРС**

Характеристика снабжения $N_c$		Масса якоря, кг	Якорные цепи		Буксирный трос	
более	не более		Суммарная длина, м	Калибр, мм	Длина, м	Разрывное усилие, кН
500	550	1590	412,5	40	190	306
550	600	1740	440	42	190	338
600	660	1920	440	44	190	371
660	720	2100	440	46	190	406
720	780	2880	467,5	48	190	441
780	840	2460	467,5	50	190	480

### ПРИЛОЖЕНИЕ 2

**Выбор характеристик тросов для буксировки судна и крепления груза по разрывному усилию**

Характеристики тросов по ГОСТ 7665–80

ЛК 6×24÷7 ОС (шестипрядный, по 24 проволоки в пряди, с 7 органическими сердечниками)		ЛК 6×30÷7 ОС (шестипрядный, по 30 проволоки в пряди, с 7 органическими сердечниками)	
Диаметр, мм	Разрывное усилие, кН	Диаметр, мм	Разрывное усилие, кН
17	93,40	19	116,00
19	115,00	22	144,00
20,5	139,00	24	174,00
22,5	165,50	26	207,00
24,5	194,50	28	243,50
26	226,00	30	282,50
28	258,00	32	323,00
30	294,50	35	368,50
32	333,00	37	416,50
33,5	372,50	39	466,00
37,5	461,00	43	576,00
41	558,00	47	697,00
45	663,50	52	829,50

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Задания по вариантам

Номер варианта	Судно. Приложения 4, 5	Груз. Приложение 6	Якорная стоянка приложение 9	Условия якорной стоянки приложение 7	Повреждённый отсек. Приложение 8
1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3
4	1	4	4	4	4
5	2	5	1	5	5
6	3	6	2	6	6
7	1	7	3	1	6
8	2	8	4	2	5
9	3	1	1	3	4
10	1	2	2	4	3
11	2	3	3	5	2
12	3	4	4	6	1
13	1	5	1	1	6
14	2	6	2	2	5
15	3	7	3	3	4
16	1	8	1	4	3
17	2	1	2	5	2
18	3	2	3	6	1
19	1	3	4	1	2
20	2	4	1	2	3
21	3	5	2	3	4
22	1	6	3	4	5
23	2	7	4	5	6
24	3	8	1	6	1
25	1	8	2	1	2
26	2	7	3	2	3
27	3	6	4	3	4
28	1	5	1	4	5
29	2	4	2	5	6
30	3	3	3	6	4
31	1	2	4	6	5
32	2	1	1	5	6
33	1	2	3	4	5
34	2	3	4	5	6
35	3	2	1	4	4

Технические характеристики судов

Данные судов	Номера судов		
	1	2	3
Длина габаритная LOA, м	90	89,7	90
Длина расчётная L, м	85	85	85
Ширина В	15,2	13,6	15,2
Расчётная высота борта, м	6,6	7,2	6,6
Поперечная метацентрическая высота GM, м	1,3	0,44	1,0
Осадка носом / на миделе / кормой на плаву, м	5,19 / 5,25 / 5,31	5,7 / 5,7 / 5,7	5,1 / 5,1 / 5,1
Осадка носом / на миделе / кормой на мели, м	5,05 / 5,15 / 5,25	5,5 / 5,6 / 5,7	4,8 / 4,85 / 4,9
Аппликаата центра тяжести, м	5,19	5,33	5,55
Диаметр винта, м	2,6	2,8	2,6
ТРС, т/см	12,5	10,91	12,4
Амплитуда качки $\theta_{max}$ , град	12	15	12
Высота волны $h_b$ , м (для расчёта крепление груза)	3	4	3
Эксплуатационная скорость V, уз	11	12	12
Длина волны $\lambda$ , м	90	100	90
Весовое водоизмещение $\Delta$ , т	5900	5460	5529
Мощность ГД $N_i$ кВт	1850	2400	1800
Площадь действ. ВЛ, S, м <sup>2</sup>	1250	1090	1240
Продольная метацентрическая высота H, м	200	220	250
Абсцисса ЦТ действ. ВЛ $x_f$ , м	-3,8	0,25	-3,7

Схематические изображения судов

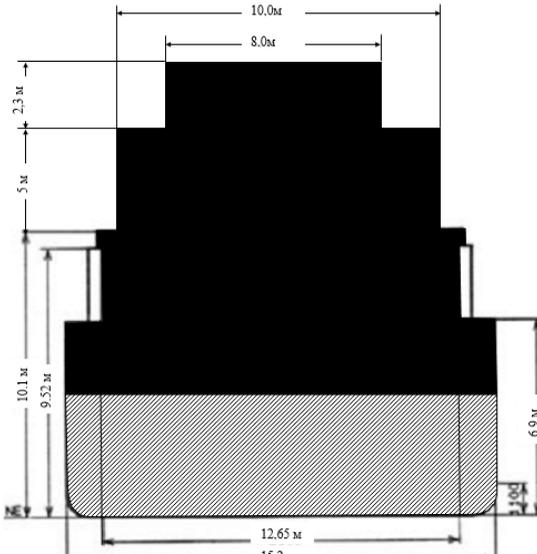
Судно 1



CALCULATION OF WINDMOMENT  
BSM Yardno.689

SILHOUET Without Deck Cargo

Draft m	Displacement kg	Moment kgm	Lever m	Area m <sup>2</sup>
4.800	5339197	165031	0.031	540.57
4.900	5463511	162576	0.030	531.75
5.000	5587949	160130	0.029	522.97
5.100	5712532	157692	0.028	514.22
5.200	5837274	155257	0.027	505.49
5.300	5962241	152819	0.026	496.75
5.400	6087425	150378	0.025	488.00
5.500	6212825	147935	0.024	479.25
5.600	6338437	145488	0.023	470.49
5.700	6464256	143039	0.022	461.72
5.800	6590279	140587	0.021	452.95
5.900	6716511	138133	0.021	444.17

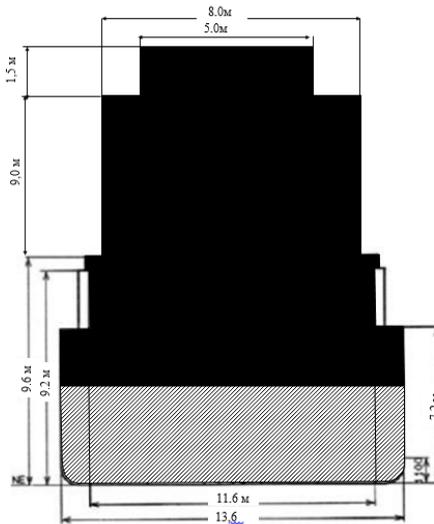


# Судно 2

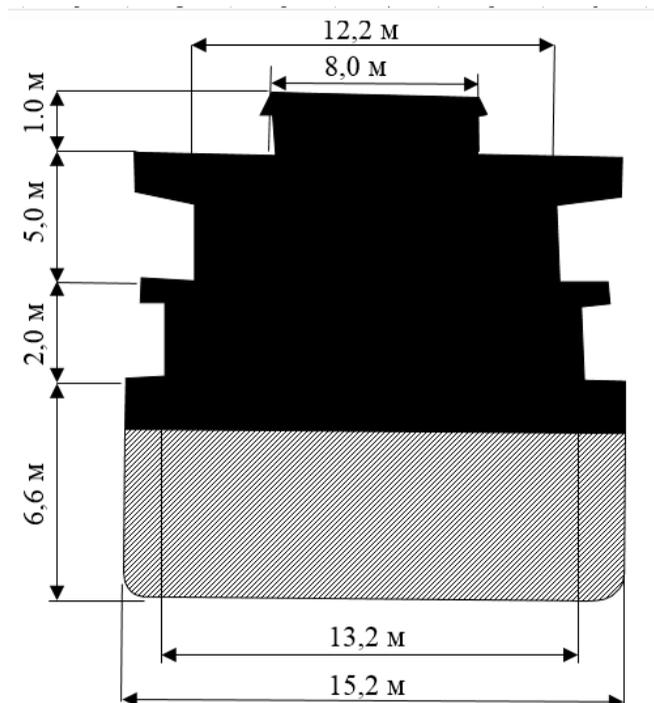
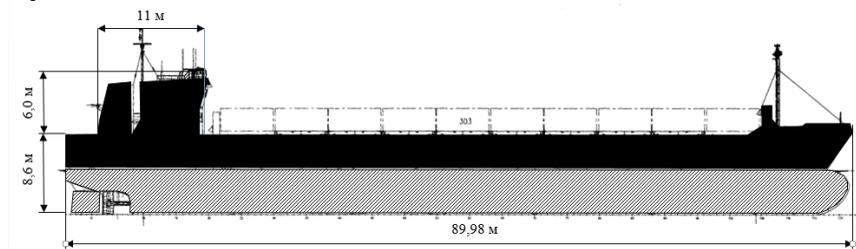


**CALCULATION OF WINDMOMENT**  
**B.S.M. Yardno. 581/582/583**  
**Without deckcargo**

Draft	Section 1	Moment	Lever	Area
3.400	239566	239566	0.077	702.89
3.500	237052	237052	0.074	694.45
3.600	234538	234538	0.071	686.02
3.700	232017	232017	0.068	677.57
3.800	229503	229503	0.066	669.15
3.900	226998	226998	0.063	660.77
4.000	224489	224489	0.061	652.39
4.100	221960	221960	0.059	643.94
4.200	219417	219417	0.056	635.45
4.300	216863	216863	0.054	626.93
4.400	214293	214293	0.052	618.35
4.500	211719	211719	0.050	609.75
4.600	209143	209143	0.049	601.15
4.700	206566	206566	0.047	592.54
4.800	203986	203986	0.045	583.92
4.900	201404	201404	0.044	575.29
5.000	198821	198821	0.042	566.65



### Судно 3



ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Характеристики грузов

Данные о грузовом месте	Номера вариантов грузов							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Длина, м	3	4	4	6	12	4	6	10
Ширина, м	2	2	2,5	2	3	2	2	2
Высота, м	2	2	2	2	3	3	1	3
Вес, тонн	6	10	14	25	35	8	12	20
Расположение	Непосредственно на палубе (крышках трюма) вблизи миделя							
Высота точки крепления найтова над палубой, м	2	2	1	2	3	3	1	3
Расстояние между точками крепления найтовов на грузовом месте, м	2	2	1,5	2	3	2	2	2
Расстояние между точками крепления найтовов на палубе, м	4	3	3	4	5	4	3	6
Вид сепарации	Дерево	Дерево	Резина	Дерево	Дерево	Дерево	Дерево	Дерево
Высота заливания, м	0	0	0,2	0,5	0	0,3	0,2	0,5

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

Условия якорной стоянки

Условия якорной стоянки	Номер варианта					
	1	2	3	4	5	6
Скорость ветра, м/с	8	10	12	5	6	10
Высота волны, м	1	1,5	1,5	1	0,5	1
Скорость течения, м/с	1	1,5	0,5	1	2	0,5

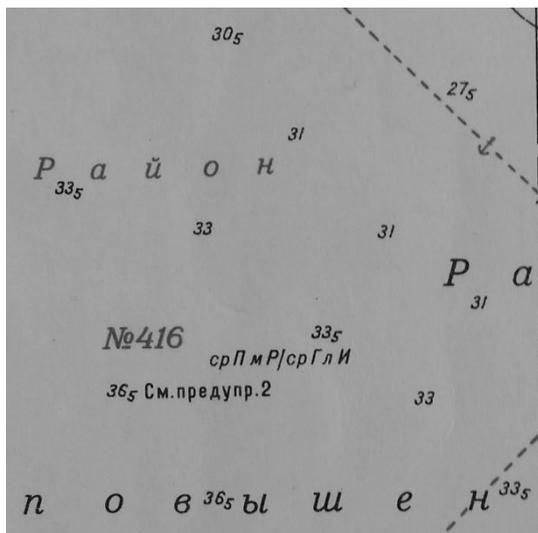
ПРИЛОЖЕНИЕ 8

Характеристики повреждённого отсека

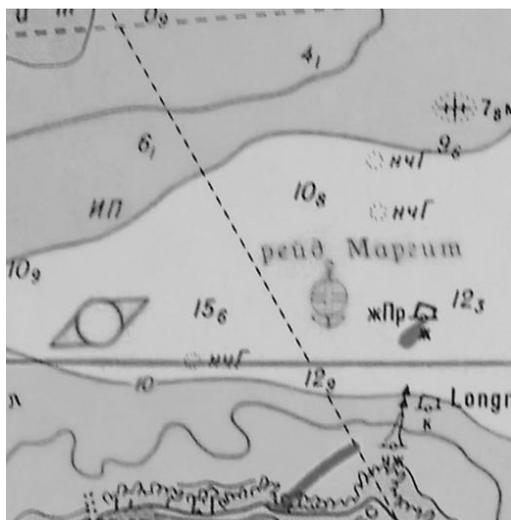
Характеристики отсека	Номер варианта					
	1	2	3	4	5	6
Объём, м <sup>3</sup>	91	95,3	82	184	98,6	182
Абсцисса центра тяжести, м	42	41	40,7	38	40	35,7

Глубины и характер грунта на якорной стоянке

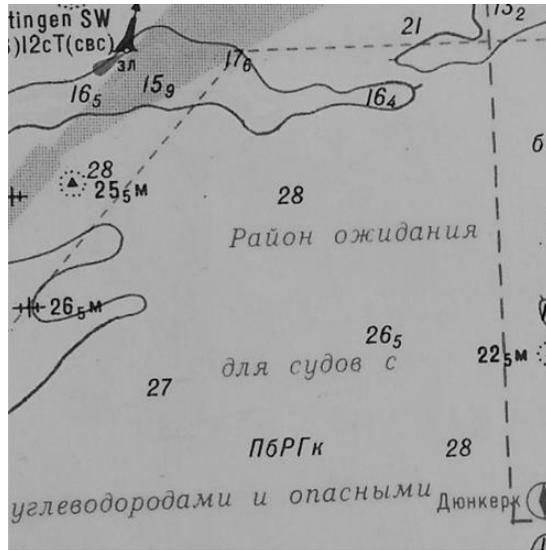
Вариант 1



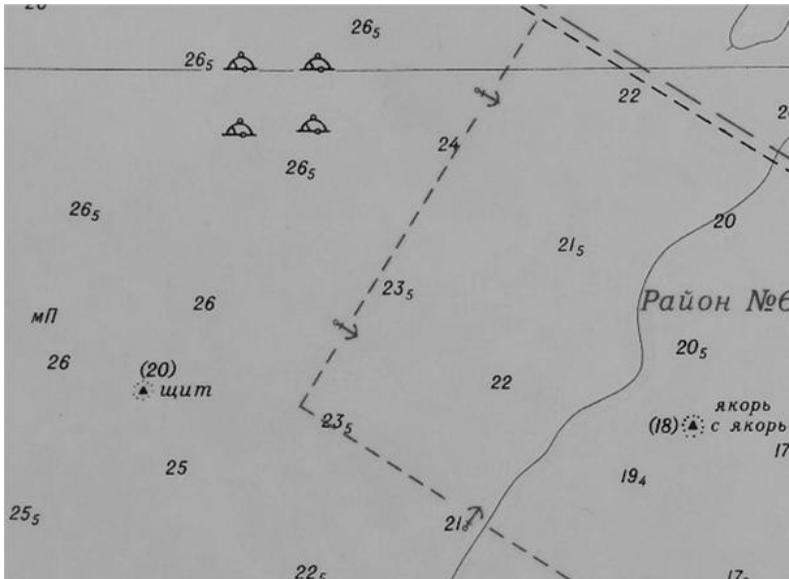
Вариант 2



### Вариант 3



### Вариант 4





## Оглавление

Введение.....	3
1. Крепление грузов.....	3
2. Расчёт вероятных условий возникновения резонанса качки и слеминга.....	13
3. Расчёты, выполняемые при аварийной буксировке.....	17
4. Оценка возможности снятия судна с мели.....	26
5. Расчёт длины вытравленной цепи при постановке судна на якорь.....	29
<i>Литература</i> .....	33
Приложения.....	34
(1, 2 – 34; 3 – 35; 4 – 36; 5 – 37–39; 6, 7, 8 – 40; 9 – 41–42; 10 – 43)	

---

*Михаил Викторович Осокин*

### **Маневрирование и управление судном**

Справочное пособие

Ведущий редактор *Н.С. Алёшина*

Вёрстка *М.Е. Савиновой*

Подписано в печать 31.05.2021.

Формат бумаги 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Гарнитура «Таймс».

Ризография. Усл. печ. л. 2,75. Тираж 80 экз. Заказ 083.

---

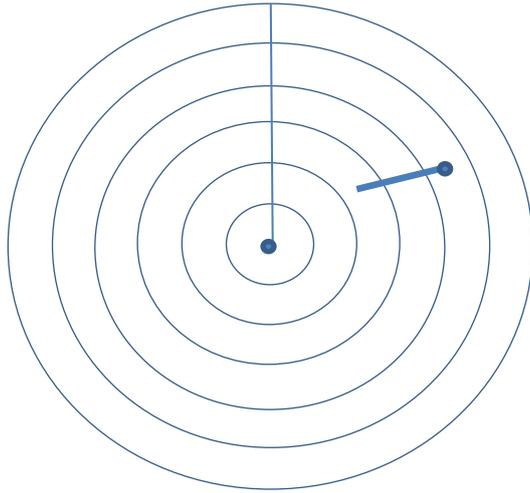
Издательско-полиграфический комплекс ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

603951, Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

**Тестовые задания для контроля остаточных знаний курсантов  
по дисциплине «Маневрирование и управление судном»**

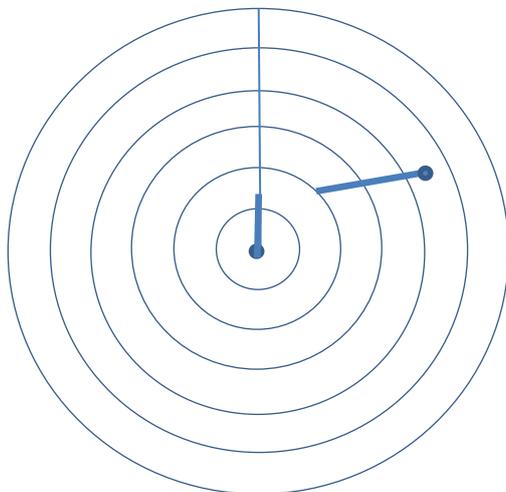
**5 курс**

1. Выберите правильный ответ на вопрос: **при каком условии становится возможным появление гармонического резонанса качки на судне, движущемся в условиях волнения?**
  - a. Кажущийся период волны отличается от периода собственных колебаний судна более, чем на 30 процентов.
  - b. Истинный период волны отличается от периода собственных колебаний судна не более, чем на 30 процентов или эти периоды совпадают.
  - c. Кажущийся период волны отличается от периода собственных колебаний судна не более, чем на 30 процентов или эти периоды совпадают.
  - d. Длина волны близка к длине судна.
  - e. Длина волны близка к ширине судна.
2. Выберите правильный ответ на вопрос: **что является причиной появления параметрического резонанса качки?**
  - a. Совпадение длины волны с длиной судна.
  - b. Совпадение истинного периода волны с периодом собственных колебаний судна или их отличие друг от друга не более, чем на 30 процентов.
  - c. Совпадение или близость друг к другу периодов уменьшения остойчивости судна при уменьшении момента инерции действующей ватерлинии на волне с кажущимся периодом волны.
  - d. Совпадение периода собственных колебаний судна с кажущимся периодом волны или их отличие друг от друга не более, чем на 30 процентов.
3. Выберите правильный ответ на вопрос (возможны один или несколько правильных ответов): **какие виды сил, воздействующих на груз при движении судна на взволнованной поверхности моря, вызывают необходимость крепления груза?**
  - a. Составляющая силы тяжести, направленная перпендикулярно палубе при крене судна.
  - b. Составляющая силы тяжести, направленная параллельно палубе при крене судна.
  - c. Сила инерции, действующая на груз при качке.
  - d. Сила Кориолиса.
  - e. Сила ветра, воздействующего на палубный груз.
  - f. Сила удара волны, воздействующей на палубный груз.
  - g. Сила трения.
4. Выберите правильный ответ на вопрос: **на рисунке приведено изображение экрана РЛС, установленной на шкалу дальности 6 миль. Определите на глаз дистанцию и время кратчайшего сближения с целью.**



- a. 0.5 мили, 6 минут.
- b. 1 миля, 12 минут.
- a. 2 мили, 12 минут.
- b. 0 миль, 6 минут.
- c. 1 миля, 15 минут.

5. Выберите правильный ответ на вопрос: **на рисунке приведено изображение экрана РЛС, установленной на шкалу дальности 6 миль. Определите на глаз дистанцию и время кратчайшего сближения с целью.**



- a. 1 миля, 9 минут.
- b. 0.5 мили, 6 минут.
- c. 2 мили, 12 минут.
- d. 0 миль, 9 минут.
- e. 1,5 мили, 6 минут.
- f. Среди приведённых правильного ответа нет.

6. Выберите правильный ответ на вопрос (возможны один или несколько правильных ответов): **от чего зависит кажущийся период волны, действующей на движущееся судно?**

- a. От высоты волны.
- b. От длины волны.

- c. От длины гребня волны.
  - d. От скорости ветра.
  - e. От глубины.
  - f. От скорости судна.
  - g. От курсового угла волны.
7. Выберите правильный ответ на вопрос (возможны один или несколько правильных ответов): **от чего зависит усилие, необходимое для снятия судна с мели?**
- a. От водоизмещения судна.
  - b. От коэффициента трения грунта.
  - c. От величины потери осадки при посадке на мель.
  - d. От коэффициента полноты водоизмещения судна.
  - e. От наличия или отсутствия пробоин в корпусе, полученных при посадке на мель.
  - f. От погодных условий.
  - g. От стадии прилива.
8. Выберите правильный ответ на вопрос (возможны один или несколько правильных ответов): **от чего зависит величина стрелки провисания буксирной линии при буксировке судна?**
- a. От способа крепления буксирного троса на буксировщике и буксируемом судне.
  - b. От скорости буксировки.
  - c. От упругости буксирного троса.
  - d. От массы погонного метра буксирной линии.
  - e. От длины буксирной линии.
  - f. От количества прядей в буксирном тросе.
9. Выберите правильный ответ на вопрос (возможны один или несколько правильных ответов): **от чего зависит держащая сила якоря?**
- a. От типа якоря.
  - b. От погодных условий.
  - c. От коэффициента держащей силы грунта.
  - d. От скорости течения в месте якорной стоянки.
  - e. От длины вытравленной якорной цепи.
  - f. От калибра якорной цепи.
  - g. От глубины в месте якорной стоянки.
  - h. От характеристики снабжения судна.
10. Выберите правильный ответ на вопрос (возможны один или несколько правильных ответов): **от чего зависит длина растяжения буксирного троса, позволяющая судам расходиться на волне при выполнении буксировки?**
- a. От количества прядей в тросе.
  - b. От скорости буксировки.
  - c. От упругости буксирного троса.
  - d. От массы погонного метра троса.
  - e. От длины буксирного троса.
  - f. От высоты волны.

g. От длины волны.

11. Выберите правильный ответ на вопрос (возможны один или несколько правильных ответов): **чем из перечисленного ниже необходимо руководствоваться при подборе найтовов для того или иного грузового места?**

- a. Разрывное усилие найтовов.
- b. Амплитуда качки.
- c. Количество найтовов с каждой стороны грузового места.
- d. Разница между силами, стремящимися сдвинуть или опрокинуть груз и силой трения, воздействующей на груз.
- e. Сезон года, во время которого осуществляется перевозка.
- f. Вид сепарации под грузом.
- g. Угол наклона найтова к палубе.
- h. Одноразовое или многократное использование найтовов.
- i. Прогноз погоды.

12. Выберите правильный ответ на вопрос: **какой из приведённых ниже видов крепления буксирного троса на буксируемом судне является наиболее ненадёжным?**

- a. За брагу.
- b. За специальные буксировочные кнехты.
- c. За якорную цепь.
- d. За одиночный обычный кнехт.
- e. За якорные клюзы.
- f. За несколько обычных кнехтов с распределением нагрузки между ними.

### **Ключ к тестовым заданиям для контроля остаточных знаний курсантов по дисциплине «Маневрирование и управление судном»**

- 1. c.
- 2. c.
- 3. b, c, e, f.
- 4. b.
- 5. e.
- 6. b, f, g.
- 7. b, c, e, f, g.
- 8. b, d, e.
- 9. a, c, e.
- 10. b, c, e.
- 11. a, c, d, f, g, h.
- 12. d.



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования

**«Волжский государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

Нестерова ул., 5а,  
Нижний Новгород, 603005  
телефон: (831) 419-47-56;  
тел/факс: (831) 419-78-58

E-mail: [vgavt@aqua.sci-nnov.ru](mailto:vgavt@aqua.sci-nnov.ru)

ОКПО 03149576, ОГРН 1025203032645,  
ИНН/КПП 5260001076/526001001

Кафедра «Судовождения и безопасности  
судоходства»

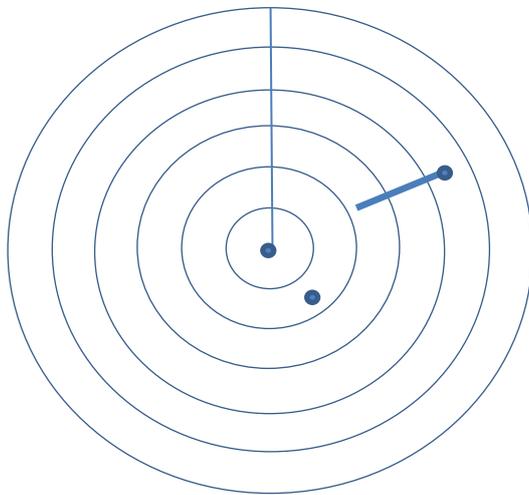
9 семестр 5 курса 2023/2024 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1**

по дисциплине:

*Маневрирование и управление судном*

1. Виды морского волнения. Характеристики ветрового волнения и зыби и их влияние на безопасность плавания. Понятия обеспеченности и спектра волнения.
2. На рисунке приведён вид экрана РЛС с выбранной 6-мильной шкалой дальности. Вектора за 6 минут. Определить время кратчайшего сближения и дистанцию кратчайшего сближения с судами, показанными на рисунке. Рекомендовать маневр для расхождения с указанными судами на дистанции не менее 1 мили.



**Зав. кафедрой**

**Р.С. Хвостов**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования

**«Волжский государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

Нестерова ул., 5а,  
Нижний Новгород, 603005  
телефон: (831) 419-47-56;  
тел/факс: (831) 419-78-58

E-mail: [vgavt@aquasci-nnov.ru](mailto:vgavt@aquasci-nnov.ru)  
ОКПО 03149576, ОГРН 1025203032645,  
ИНН/КПП 5260001076/526001001

Кафедра «Судовождения и безопасности  
судоходства»

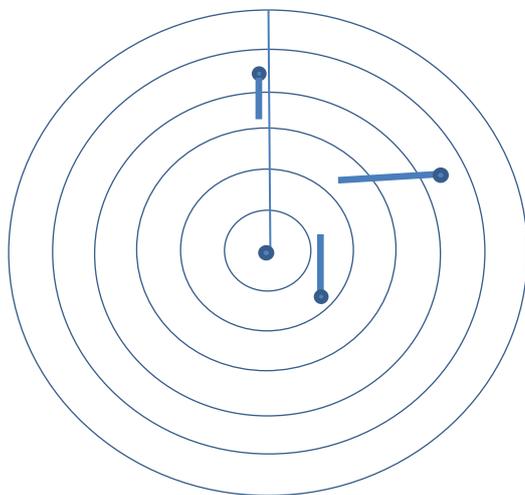
9 семестр 5 курса 2023/2024 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 2**

по дисциплине:

*Маневрирование и управление судном*

1. Качка судна на спокойной воде, регулярном и нерегулярном волнении.  
Использование теории данных видов качки в целях обеспечения безопасности плавания.
2. На рисунке приведён вид экрана РЛС с выбранной 6-мильной шкалой дальности.  
Вектора за 6 минут. Определить время кратчайшего сближения и дистанцию кратчайшего сближения с судами, показанными на рисунке. Рекомендовать маневр для расхождения с указанными судами на дистанции не менее 1 мили.



**Зав. кафедрой**

**Р.С. Хвостов**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования

**«Волжский государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

Нестерова ул., 5а,  
Нижний Новгород, 603005  
телефон: (831) 419-47-56;  
тел/факс: (831) 419-78-58

E-mail: [vgavt@aqua.sci-nnov.ru](mailto:vgavt@aqua.sci-nnov.ru)  
ОКПО 03149576, ОГРН 1025203032645,  
ИНН/КПП 5260001076/526001001

Кафедра «Судовождения и безопасности  
судоходства»

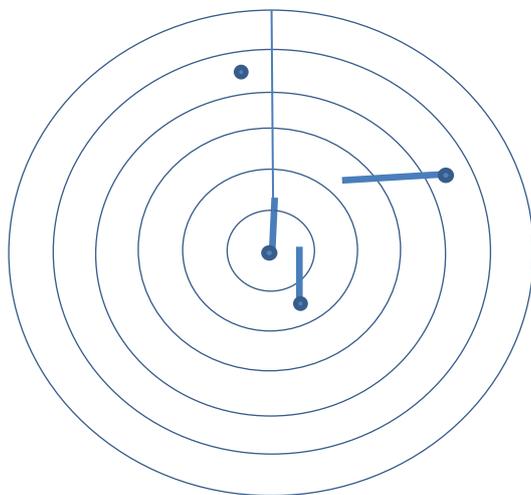
9 семестр 5 курса 2023/2024 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 3**

по дисциплине:

*Маневрирование и управление судном*

1. Виды качки судна. Виды сил и моментов, действующих на судно при качке. Общие уравнения качки.
2. На рисунке приведён вид экрана РЛС с выбранной 6-мильной шкалой дальности. Вектора за 6 минут. Определить время кратчайшего сближения и дистанцию кратчайшего сближения с судами, показанными на рисунке. Рекомендовать маневр для расхождения с указанными судами на дистанции не менее 1 мили.



**Зав. кафедрой**

**Р.С. Хвостов**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования

**«Волжский государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

Нестерова ул., 5а,  
Нижний Новгород, 603005  
телефон: (831) 419-47-56;  
тел/факс: (831) 419-78-58

E-mail: [vgavt@aqua.sci-nnov.ru](mailto:vgavt@aqua.sci-nnov.ru)  
ОКПО 03149576, ОГРН 1025203032645,  
ИНН/КПП 5260001076/526001001

Кафедра «Судовождения и безопасности  
судоходства»

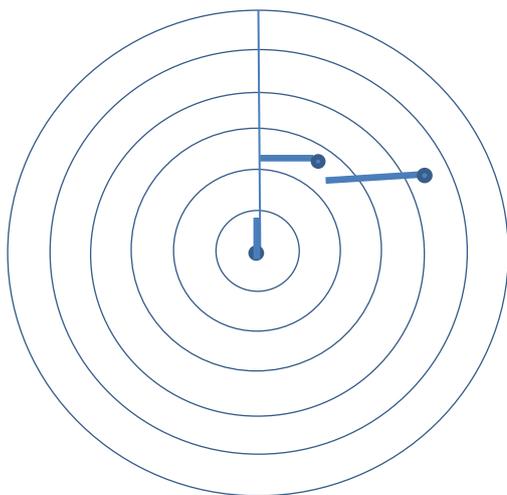
9 семестр 5 курса 2023/2024 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 4**

по дисциплине:

*Маневрирование и управление судном*

1. Виды резонанса качки, причины и условия его возникновения.
2. На рисунке приведён вид экрана РЛС с выбранной 6-мильной шкалой дальности. Вектора за 6 минут. Определить время кратчайшего сближения и дистанцию кратчайшего сближения с судами, показанными на рисунке. Рекомендовать маневр для расхождения с указанными судами на дистанции не менее 1 мили.



**Зав. кафедрой**

**Р.С. Хвостов**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования

**«Волжский государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

Нестерова ул., 5а,  
Нижний Новгород, 603005  
телефон: (831) 419-47-56;  
тел/факс: (831) 419-78-58

E-mail: [vgavt@aqua.sci-nnov.ru](mailto:vgavt@aqua.sci-nnov.ru)  
ОКПО 03149576, ОГРН 1025203032645,  
ИНН/КПП 5260001076/526001001

Кафедра «Судовождения и безопасности  
судоходства»

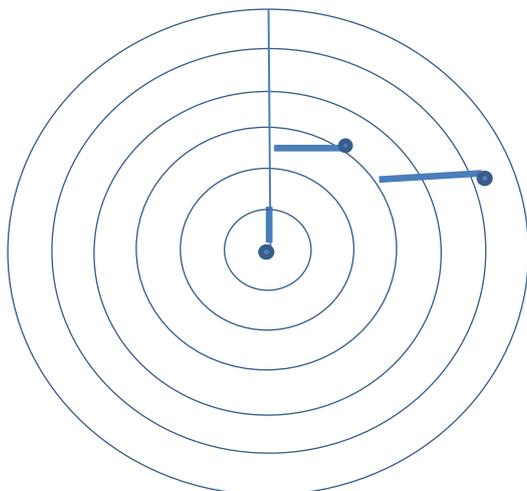
9 семестр 5 курса 2023/2024 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 5**

по дисциплине:

***Маневрирование и управление судном***

1. Виды резонанса качки, причины и условия его возникновения.
2. На рисунке приведён вид экрана РЛС с выбранной 6-мильной шкалой дальности. Вектора за 6 минут. Определить время кратчайшего сближения и дистанцию кратчайшего сближения с судами, показанными на рисунке. Рекомендовать маневр для расхождения с указанными судами на дистанции не менее 1 мили.



**Зав. кафедрой**

**Р.С. Хвостов**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования

**«Волжский государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

Нестерова ул., 5а,  
Нижний Новгород, 603005  
телефон: (831) 419-47-56;  
тел/факс: (831) 419-78-58

E-mail: [vgavt@aqua.sci-nnov.ru](mailto:vgavt@aqua.sci-nnov.ru)  
ОКПО 03149576, ОГРН 1025203032645,  
ИНН/КПП 5260001076/526001001

Кафедра «Судовождения и безопасности  
судоходства»

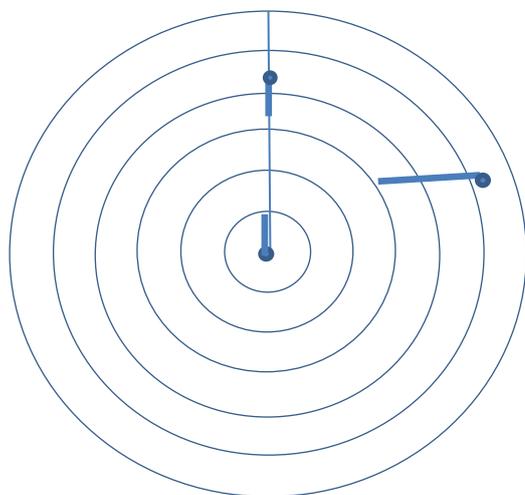
9 семестр 5 курса 2023/2024 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 6**

по дисциплине:

***Маневрирование и управление судном***

1. Виды опасных явлений, возникающих на встречном волнении. Способы уменьшения влияния этих явлений на безопасность плавания.
2. На рисунке приведён вид экрана РЛС с выбранной 6-мильной шкалой дальности. Вектора за 6 минут. Определить время кратчайшего сближения и дистанцию кратчайшего сближения с судами, показанными на рисунке. Рекомендовать маневр для расхождения с указанными судами на дистанции не менее 1 мили.



**Зав. кафедрой**

**Р.С. Хвостов**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования

**«Волжский государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

Нестерова ул., 5а,  
Нижний Новгород, 603005  
телефон: (831) 419-47-56;  
тел/факс: (831) 419-78-58

E-mail: [vgavt@aquasci-nnov.ru](mailto:vgavt@aquasci-nnov.ru)  
ОКПО 03149576, ОГРН 1025203032645,  
ИНН/КПП 5260001076/526001001

Кафедра «Судовождения и безопасности  
судоходства»

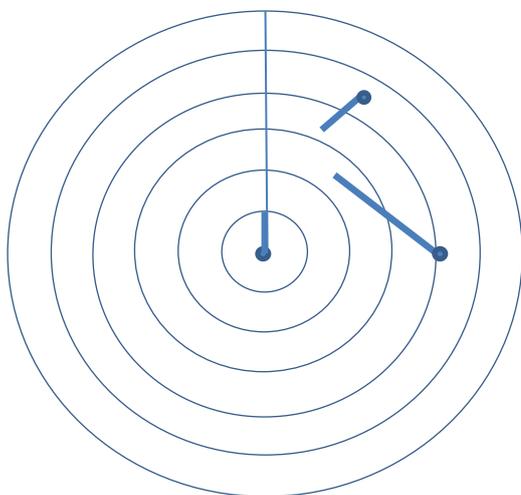
9 семестр 5 курса 2023/2024 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 7**

по дисциплине:

*Маневрирование и управление судном*

1. Критерии динамической остойчивости судна на волнении. Понятие о содержании промежуточного руководства ко второму поколению критериев динамической остойчивости судна.
2. На рисунке приведён вид экрана РЛС с выбранной 6-мильной шкалой дальности. Вектора за 6 минут. Определить время кратчайшего сближения и дистанцию кратчайшего сближения с судами, показанными на рисунке. Рекомендовать маневр для расхождения с указанными судами на дистанции не менее 1 мили.



**Зав. кафедрой**

**Р.С. Хвостов**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования

**«Волжский государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

Нестерова ул., 5а,  
Нижний Новгород, 603005  
телефон: (831) 419-47-56;  
тел/факс: (831) 419-78-58

E-mail: [vgavt@aquasci-nnov.ru](mailto:vgavt@aquasci-nnov.ru)  
ОКПО 03149576, ОГРН 1025203032645,  
ИНН/КПП 5260001076/526001001

Кафедра «Судовождения и безопасности  
судоходства»

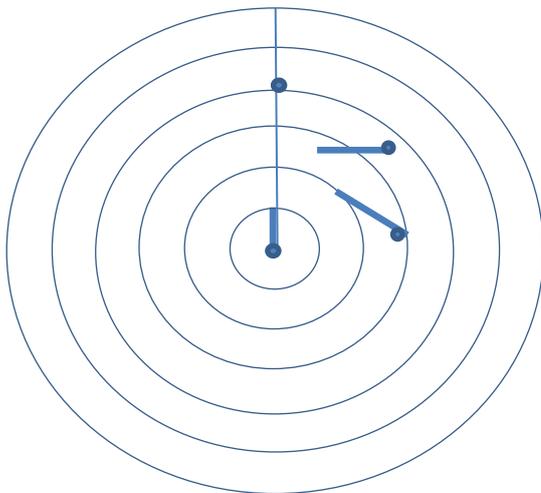
9 семестр 5 курса 2023/2024 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 8**

по дисциплине:

*Маневрирование и управление судном*

1. Расчёт сопротивления движению судов при морской буксировке.
2. На рисунке приведён вид экрана РЛС с выбранной 6-мильной шкалой дальности. Вектора за 6 минут. Определить время кратчайшего сближения и дистанцию кратчайшего сближения с судами, показанными на рисунке. Рекомендовать маневр для расхождения с указанными судами на дистанции не менее 1 мили.



**Зав. кафедрой**

**Р.С. Хвостов**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования

**«Волжский государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

Нестерова ул., 5а,  
Нижний Новгород, 603005  
телефон: (831) 419-47-56;  
тел/факс: (831) 419-78-58

E-mail: [vgavt@aquasci-nnov.ru](mailto:vgavt@aquasci-nnov.ru)  
ОКПО 03149576, ОГРН 1025203032645,  
ИНН/КПП 5260001076/526001001

Кафедра «Судовождения и безопасности  
судоходства»

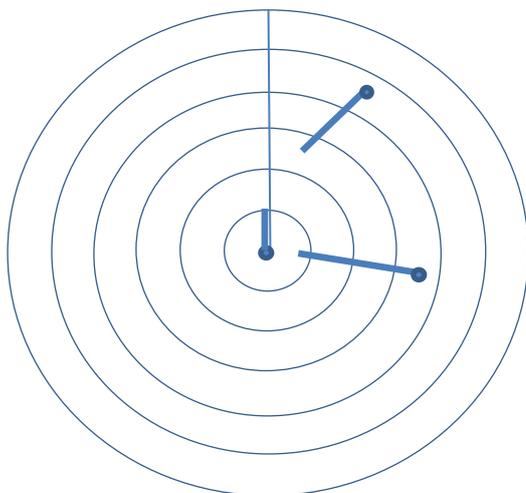
9 семестр 5 курса 2023/2024 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 9**

по дисциплине:

***Маневрирование и управление судном***

1. Расчёт скорости аварийной буксировки.
2. На рисунке приведён вид экрана РЛС с выбранной 6-мильной шкалой дальности. Вектора за 6 минут. Определить время кратчайшего сближения и дистанцию кратчайшего сближения с судами, показанными на рисунке. Рекомендовать маневр для расхождения с указанными судами на дистанции не менее 1 мили.



**Зав. кафедрой**

**Р.С. Хвостов**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования

**«Волжский государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

Нестерова ул., 5а,  
Нижний Новгород, 603005  
телефон: (831) 419-47-56;  
тел/факс: (831) 419-78-58

E-mail: [vgavt@aqua.sci-nnov.ru](mailto:vgavt@aqua.sci-nnov.ru)  
ОКПО 03149576, ОГРН 1025203032645,  
ИНН/КПП 5260001076/526001001

Кафедра «Судовождения и безопасности  
судоходства»

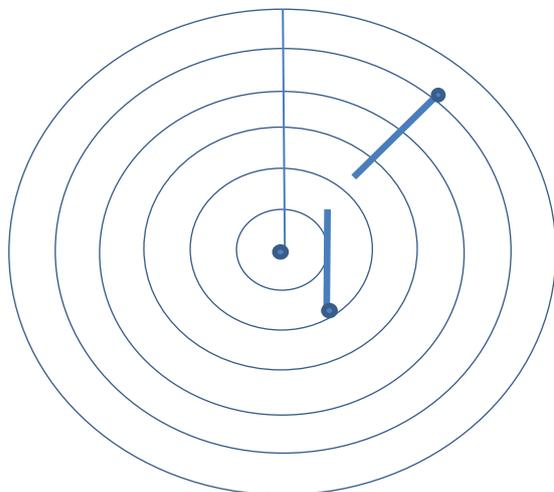
9 семестр 5 курса 2023/2024 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 10**

по дисциплине:

*Маневрирование и управление судном*

1. Способы подачи и крепления буксирного троса при аварийной морской буксировке. Отдача буксирного троса по окончании аварийной буксировки.
2. На рисунке приведён вид экрана РЛС с выбранной 6-мильной шкалой дальности. Вектора за 6 минут. Определить время кратчайшего сближения и дистанцию кратчайшего сближения с судами, показанными на рисунке. Рекомендовать маневр для расхождения с указанными судами на дистанции не менее 1 мили.



**Зав. кафедрой**

**Р.С. Хвостов**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования

**«Волжский государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

Нестерова ул., 5а,  
Нижний Новгород, 603005  
телефон: (831) 419-47-56;  
тел/факс: (831) 419-78-58

E-mail: [vgavt@aqua.sci-nnov.ru](mailto:vgavt@aqua.sci-nnov.ru)  
ОКПО 03149576, ОГРН 1025203032645,  
ИНН/КПП 5260001076/526001001

Кафедра «Судовождения и безопасности  
судоходства»

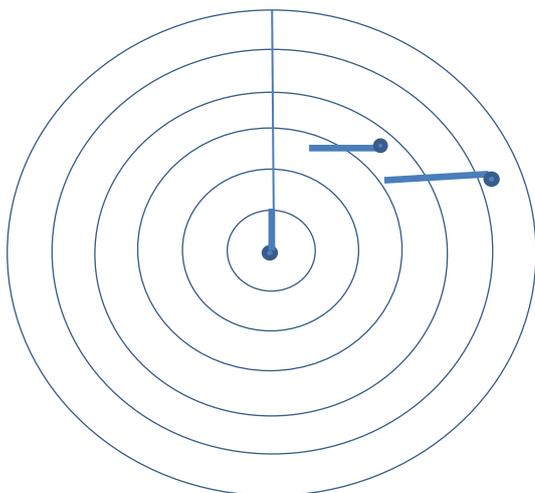
9 семестр 5 курса 2023/2024 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 11**

по дисциплине:

***Маневрирование и управление судном***

1. Особенности управления судном при аварийной морской буксировке.
2. На рисунке приведён вид экрана РЛС с выбранной 6-мильной шкалой дальности. Вектора за 6 минут. Определить время кратчайшего сближения и дистанцию кратчайшего сближения с судами, показанными на рисунке. Рекомендовать маневр для расхождения с указанными судами на дистанции не менее 1 мили.



**Зав. кафедрой**

**Р.С. Хвостов**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования

**«Волжский государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

Нестерова ул., 5а,  
Нижний Новгород, 603005  
телефон: (831) 419-47-56;  
тел/факс: (831) 419-78-58

E-mail: [vgavt@aquasci-nnov.ru](mailto:vgavt@aquasci-nnov.ru)  
ОКПО 03149576, ОГРН 1025203032645,  
ИНН/КПП 5260001076/526001001

Кафедра «Судовождения и безопасности  
судоходства»

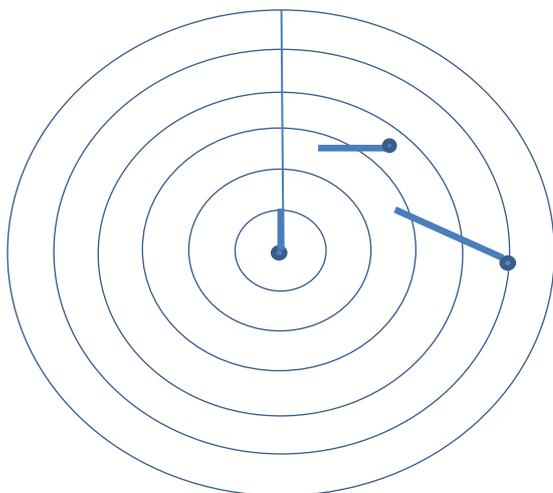
9 семестр 5 курса 2023/2024 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 12**

по дисциплине:

*Маневрирование и управление судном*

1. Расчёт буксирной линии при аварийной морской буксировке.
2. На рисунке приведён вид экрана РЛС с выбранной 6-мильной шкалой дальности. Вектора за 6 минут. Определить время кратчайшего сближения и дистанцию кратчайшего сближения с судами, показанными на рисунке. Рекомендовать маневр для расхождения с указанными судами на дистанции не менее 1 мили.



**Зав. кафедрой**

**Р.С. Хвостов**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования

**«Волжский государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

Нестерова ул., 5а,  
Нижний Новгород, 603005  
телефон: (831) 419-47-56;  
тел/факс: (831) 419-78-58

E-mail: [vgavt@aqu.sci-nnov.ru](mailto:vgavt@aqu.sci-nnov.ru)  
ОКПО 03149576, ОГРН 1025203032645,  
ИНН/КПП 5260001076/526001001

Кафедра «Судовождения и безопасности  
судоходства»

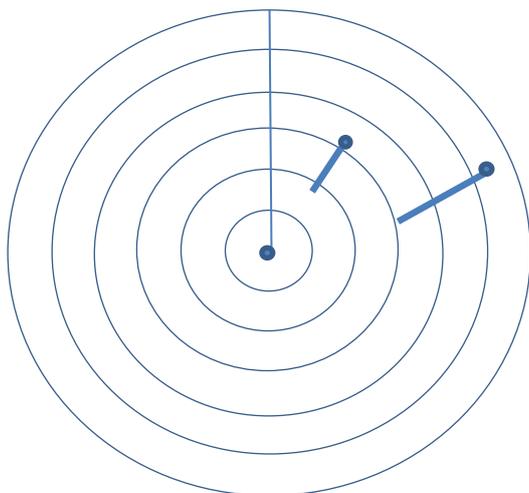
9 семестр 5 курса 2023/2024 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 13**

по дисциплине:

*Маневрирование и управление судном*

1. Содержание буклета по аварийной морской буксировке судна.
2. На рисунке приведён вид экрана РЛС с выбранной 6-мильной шкалой дальности. Вектора за 6 минут. Определить время кратчайшего сближения и дистанцию кратчайшего сближения с судами, показанными на рисунке. Рекомендовать маневр для расхождения с указанными судами на дистанции не менее 1 мили.



**Зав. кафедрой**

**Р.С. Хвостов**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования

**«Волжский государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

Нестерова ул., 5а,  
Нижний Новгород, 603005  
телефон: (831) 419-47-56;  
тел/факс: (831) 419-78-58

E-mail: [vgavt@aquasci-nnov.ru](mailto:vgavt@aquasci-nnov.ru)  
ОКПО 03149576, ОГРН 1025203032645,  
ИНН/КПП 5260001076/526001001

Кафедра «Судовождения и безопасности  
судоходства»

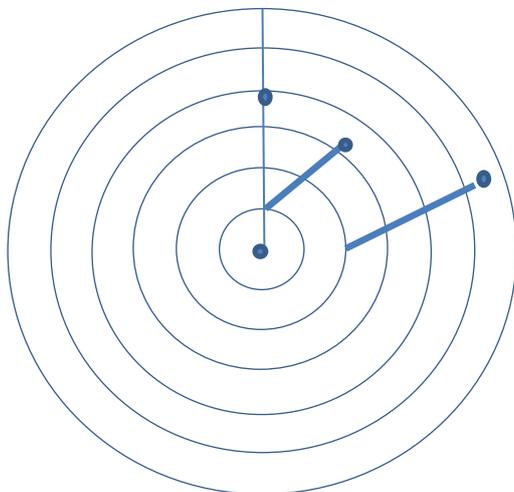
9 семестр 5 курса 2023/2024 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 14**

по дисциплине:

*Маневрирование и управление судном*

1. Способы постановки судна на якорь. Определение необходимой длины якорной цепи. Расчёт радиуса окружности, описываемой кормой судна на якоре.
2. На рисунке приведён вид экрана РЛС с выбранной 6-мильной шкалой дальности. Вектора за 6 минут. Определить время кратчайшего сближения и дистанцию кратчайшего сближения с судами, показанными на рисунке. Рекомендовать маневр для расхождения с указанными судами на дистанции не менее 1 мили.



**Зав. кафедрой**

**Р.С. Хвостов**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования

**«Волжский государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

Нестерова ул., 5а,  
Нижний Новгород, 603005

телефон: (831) 419-47-56;

тел/факс: (831) 419-78-58

E-mail: [vgavt@aquasci-nnov.ru](mailto:vgavt@aquasci-nnov.ru)

ОКПО 03149576, ОГРН 1025203032645,

ИНН/КПП 5260001076/526001001

Кафедра «Судовождения и безопасности  
судоходства»

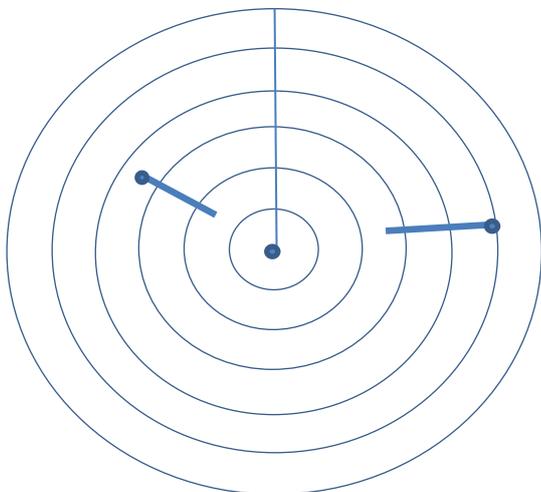
9 семестр 5 курса 2023/2024 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 15**

по дисциплине:

*Маневрирование и управление судном*

1. Силы, действующие на судно, стоящее на якоре и их учёт при выборе необходимой длины якорной цепи.
2. На рисунке приведён вид экрана РЛС с выбранной 6-мильной шкалой дальности. Вектора за 6 минут. Определить время кратчайшего сближения и дистанцию кратчайшего сближения с судами, показанными на рисунке. Рекомендовать маневр для расхождения с указанными судами на дистанции не менее 1 мили.



**Зав. кафедрой**

**Р.С. Хвостов**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования

«Волжский государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Нестерова ул., 5а,  
Нижний Новгород, 603005  
телефон: (831) 419-47-56;  
тел/факс: (831) 419-78-58

E-mail: [vgavt@aquasci-nnov.ru](mailto:vgavt@aquasci-nnov.ru)  
ОКПО 03149576, ОГРН 1025203032645,  
ИНН/КПП 5260001076/526001001

Кафедра «Судовождения и безопасности  
судоходства»

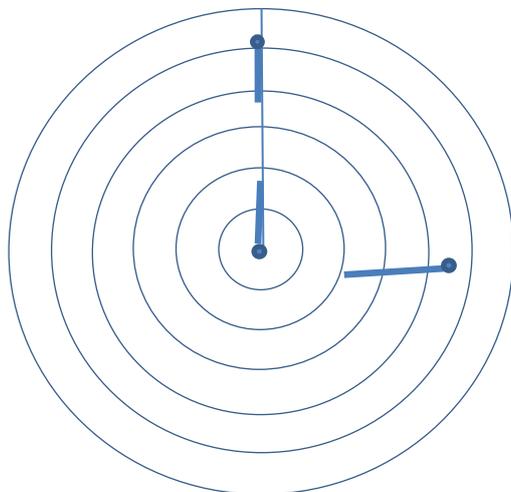
9 семестр 5 курса 2023/2024 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 16**

по дисциплине:

*Маневрирование и управление судном*

1. Снятие с якоря.
2. На рисунке приведён вид экрана РЛС с выбранной 6-мильной шкалой дальности. Вектора за 6 минут. Определить время кратчайшего сближения и дистанцию кратчайшего сближения с судами, показанными на рисунке. Рекомендовать маневр для расхождения с указанными судами на дистанции не менее 1 мили.



**Зав. кафедрой**

**Р.С. Хвостов**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования

**«Волжский государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

Нестерова ул., 5а,  
Нижний Новгород, 603005  
телефон: (831) 419-47-56;  
тел/факс: (831) 419-78-58

E-mail: [vgavt@aquasci-nnov.ru](mailto:vgavt@aquasci-nnov.ru)

ОКПО 03149576, ОГРН 1025203032645,  
ИНН/КПП 5260001076/526001001

Кафедра «Судовождения и безопасности  
судоходства»

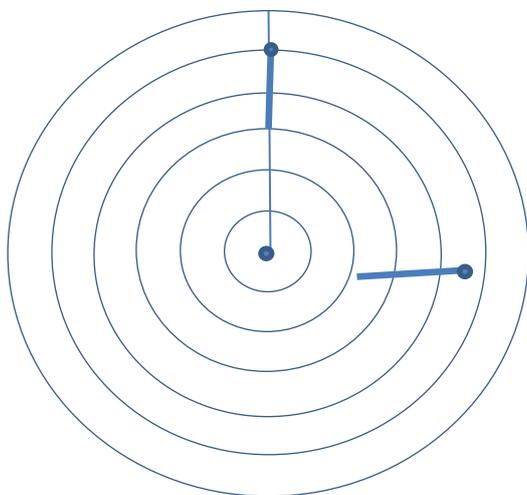
9 семестр 5 курса 2023/2024 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 17**

по дисциплине:

***Маневрирование и управление судном***

1. Кодекс безопасной укладки и крепления грузов на судне. Принципы расчёта крепления генеральных грузов согласно кодекса.
2. На рисунке приведён вид экрана РЛС с выбранной 6-мильной шкалой дальности. Вектора за 6 минут. Определить время кратчайшего сближения и дистанцию кратчайшего сближения с судами, показанными на рисунке. Рекомендовать маневр для расхождения с указанными судами на дистанции не менее 1 мили.



**Зав. кафедрой**

**Р.С. Хвостов**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования

**«Волжский государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

Нестерова ул., 5а,  
Нижний Новгород, 603005  
телефон: (831) 419-47-56;  
тел/факс: (831) 419-78-58

E-mail: [vgavt@aqua.sci-nnov.ru](mailto:vgavt@aqua.sci-nnov.ru)  
ОКПО 03149576, ОГРН 1025203032645,  
ИНН/КПП 5260001076/526001001

Кафедра «Судовождения и безопасности  
судоходства»

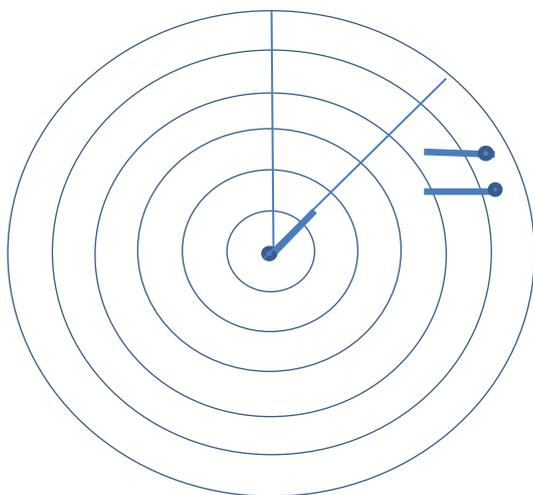
9 семестр 5 курса 2023/2024 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 18**

по дисциплине:

*Маневрирование и управление судном*

1. Силы, действующие на груз при качке и их учёт при расчёте найтовов для генерального груза.
2. На рисунке приведён вид экрана РЛС с выбранной 6-мильной шкалой дальности. Вектора за 6 минут. Определить время кратчайшего сближения и дистанцию кратчайшего сближения с судами, показанными на рисунке. Рекомендовать маневр для расхождения с указанными судами на дистанции не менее 1 мили.



**Зав. кафедрой**

**Р.С. Хвостов**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования

**«Волжский государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

Нестерова ул., 5а,  
Нижний Новгород, 603005  
телефон: (831) 419-47-56;  
тел/факс: (831) 419-78-58

E-mail: [vgavt@aquasci-nnov.ru](mailto:vgavt@aquasci-nnov.ru)  
ОКПО 03149576, ОГРН 1025203032645,  
ИНН/КПП 5260001076/526001001

Кафедра «Судовождения и безопасности  
судоходства»

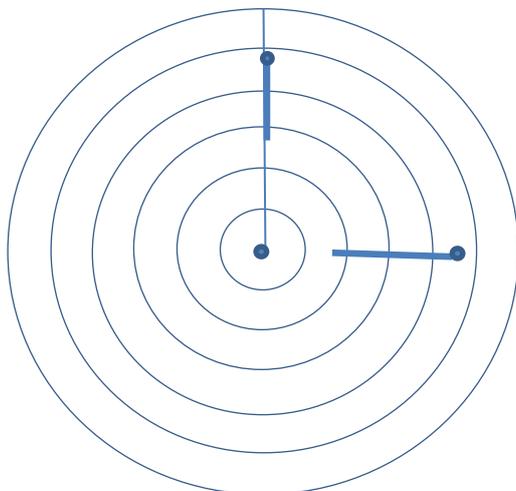
9 семестр 5 курса 2023/2024 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 19**

по дисциплине:

***Маневрирование и управление судном***

1. Порядок расчётов при выборе найтовов для генерального груза.
2. На рисунке приведён вид экрана РЛС с выбранной 6-мильной шкалой дальности. Вектора за 6 минут. Определить время кратчайшего сближения и дистанцию кратчайшего сближения с судами, показанными на рисунке. Рекомендовать маневр для расхождения с указанными судами на дистанции не менее 1 мили.



**Зав. кафедрой**

**Р.С. Хвостов**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования

**«Волжский государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

Нестерова ул., 5а,  
Нижний Новгород, 603005  
телефон: (831) 419-47-56;  
тел/факс: (831) 419-78-58

E-mail: [vgavt@aquasci-nnov.ru](mailto:vgavt@aquasci-nnov.ru)  
ОКПО 03149576, ОГРН 1025203032645,  
ИНН/КПП 5260001076/526001001

Кафедра «Судовождения и безопасности  
судоходства»

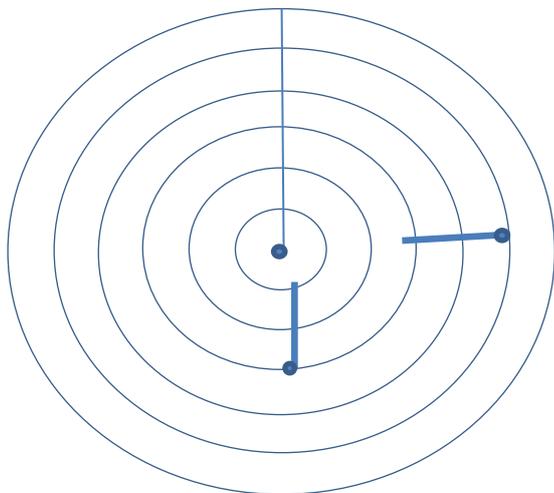
9 семестр 5 курса 2023/2024 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №20**

по дисциплине:

***Маневрирование и управление судном***

1. Содержание судового руководства по креплению груза.
2. На рисунке приведён вид экрана РЛС с выбранной 6-мильной шкалой дальности. Вектора за 6 минут. Определить время кратчайшего сближения и дистанцию кратчайшего сближения с судами, показанными на рисунке. Рекомендовать маневр для расхождения с указанными судами на дистанции не менее 1 мили.



**Зав. кафедрой**

**Р.С. Хвостов**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования

**«Волжский государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

Нестерова ул., 5а,  
Нижний Новгород, 603005  
телефон: (831) 419-47-56;  
тел/факс: (831) 419-78-58

E-mail: [vgavt@aquasci-nnov.ru](mailto:vgavt@aquasci-nnov.ru)  
ОКПО 03149576, ОГРН 1025203032645,  
ИНН/КПП 5260001076/526001001

Кафедра «Судовождения и безопасности  
судоходства»

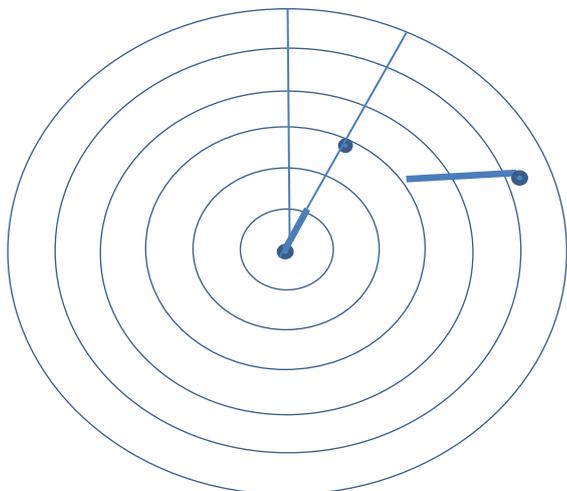
9 семестр 5 курса 2023/2024 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 21**

по дисциплине:

***Маневрирование и управление судном***

1. Первичные действия при посадке судна на мель.
2. На рисунке приведён вид экрана РЛС с выбранной 6-мильной шкалой дальности. Вектора за 6 минут. Определить время кратчайшего сближения и дистанцию кратчайшего сближения с судами, показанными на рисунке. Рекомендовать маневр для расхождения с указанными судами на дистанции не менее 1 мили.



**Зав. кафедрой**

**Р.С. Хвостов**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования

**«Волжский государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

Нестерова ул., 5а,  
Нижний Новгород, 603005  
телефон: (831) 419-47-56;  
тел/факс: (831) 419-78-58

E-mail: [vgavt@aquasci-nnov.ru](mailto:vgavt@aquasci-nnov.ru)  
ОКПО 03149576, ОГРН 1025203032645,  
ИНН/КПП 5260001076/526001001

Кафедра «Судовождения и безопасности  
судоходства»

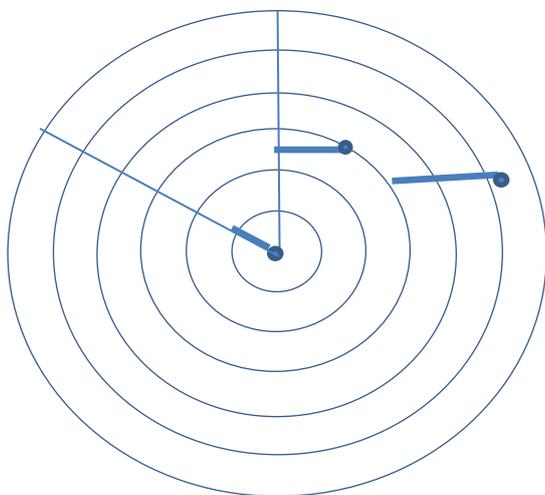
9 семестр 5 курса 2023/2024 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 22**

по дисциплине:

***Маневрирование и управление судном***

1. Судовые расчёты, проводимые при снятии судна с мели самостоятельно и с посторонней помощью.
2. На рисунке приведён вид экрана РЛС с выбранной 6-мильной шкалой дальности. Вектора за 6 минут. Определить время кратчайшего сближения и дистанцию кратчайшего сближения с судами, показанными на рисунке. Рекомендовать маневр для расхождения с указанными судами на дистанции не менее 1 мили.



**Зав. кафедрой**

**Р.С. Хвостов**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования

**«Волжский государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

Нестерова ул., 5а,  
Нижний Новгород, 603005  
телефон: (831) 419-47-56;  
тел/факс: (831) 419-78-58

E-mail: [vgavt@aqu.sci-nnov.ru](mailto:vgavt@aqu.sci-nnov.ru)  
ОКПО 03149576, ОГРН 1025203032645,  
ИНН/КПП 5260001076/526001001

Кафедра «Судовождения и безопасности  
судоходства»

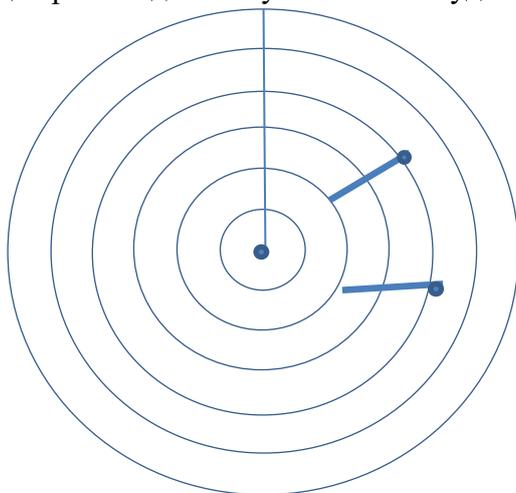
9 семестр 5 курса 2023/2024 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 23**

по дисциплине:

*Маневрирование и управление судном*

1. Виды сил, действующих на судно на мели и факторы, влияющие на величину этих сил.
2. На рисунке приведён вид экрана РЛС с выбранной 6-мильной шкалой дальности. Вектора за 6 минут. Определить время кратчайшего сближения и дистанцию кратчайшего сближения с судами, показанными на рисунке. Рекомендовать маневр для расхождения с указанными судами на дистанции не менее 1 мили.



**Зав. кафедрой**

**Р.С. Хвостов**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования

**«Волжский государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

Нестерова ул., 5а,  
Нижний Новгород, 603005  
телефон: (831) 419-47-56;  
тел/факс: (831) 419-78-58

E-mail: [vgavt@aqua.sci-nnov.ru](mailto:vgavt@aqua.sci-nnov.ru)  
ОКПО 03149576, ОГРН 1025203032645,  
ИНН/КПП 5260001076/526001001

Кафедра «Судовождения и безопасности  
судоходства»

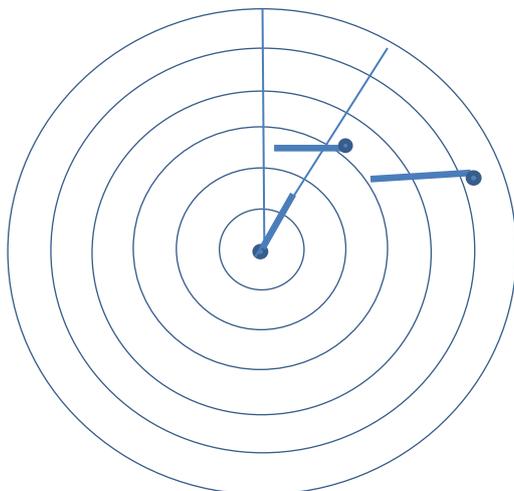
9 семестр 5 курса 2023/2024 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 24**

по дисциплине:

***Маневрирование и управление судном***

1. Техническая подготовка судна к плаванию во льдах.
2. На рисунке приведён вид экрана РЛС с выбранной 6-мильной шкалой дальности. Вектора за 6 минут. Определить время кратчайшего сближения и дистанцию кратчайшего сближения с судами, показанными на рисунке. Рекомендовать маневр для расхождения с указанными судами на дистанции не менее 1 мили.



**Зав. кафедрой**

**Р.С. Хвостов**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования

**«Волжский государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

Нестерова ул., 5а,  
Нижний Новгород, 603005  
телефон: (831) 419-47-56;  
тел/факс: (831) 419-78-58

E-mail: [vgavt@aqu.sci-nnov.ru](mailto:vgavt@aqu.sci-nnov.ru)  
ОКПО 03149576, ОГРН 1025203032645,  
ИНН/КПП 5260001076/526001001

Кафедра «Судовождения и безопасности  
судоходства»

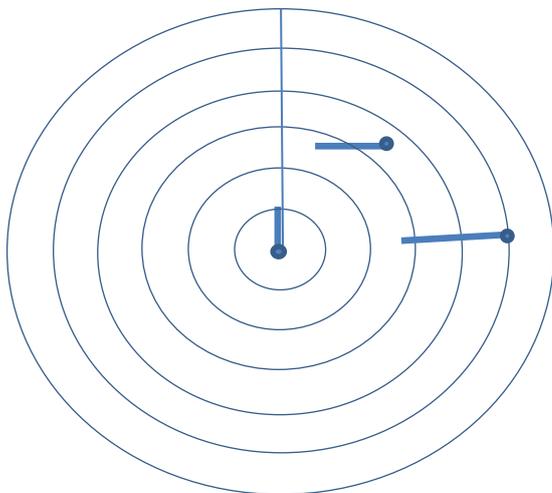
9 семестр 5 курса 2023/2024 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 25**

по дисциплине:

*Маневрирование и управление судном*

1. Навигационная подготовка судна к плаванию во льдах.
2. На рисунке приведён вид экрана РЛС с выбранной 6-мильной шкалой дальности. Вектора за 6 минут. Определить время кратчайшего сближения и дистанцию кратчайшего сближения с судами, показанными на рисунке. Рекомендовать маневр для расхождения с указанными судами на дистанции не менее 1 мили.



**Зав. кафедрой**

**Р.С. Хвостов**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования

**«Волжский государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

Нестерова ул., 5а,  
Нижний Новгород, 603005  
телефон: (831) 419-47-56;  
тел/факс: (831) 419-78-58

E-mail: [vgavt@aquasci-nnov.ru](mailto:vgavt@aquasci-nnov.ru)  
ОКПО 03149576, ОГРН 1025203032645,  
ИНН/КПП 5260001076/526001001

Кафедра «Судовождения и безопасности  
судоходства»

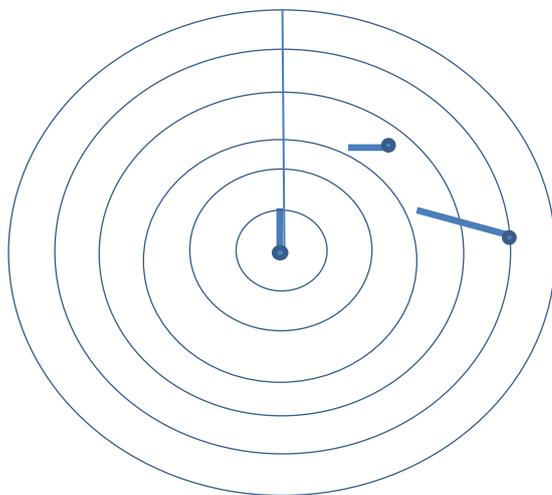
9 семестр 5 курса 2023/2024 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 26**

по дисциплине:

*Маневрирование и управление судном*

1. Карты ледовой обстановки их использование для обеспечения безопасности плавания во льдах.
2. На рисунке приведён вид экрана РЛС с выбранной 6-мильной шкалой дальности. Вектора за 6 минут. Определить время кратчайшего сближения и дистанцию кратчайшего сближения с судами, показанными на рисунке. Рекомендовать маневр для расхождения с указанными судами на дистанции не менее 1 мили.



**Зав. кафедрой**

**Р.С. Хвостов**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования

**«Волжский государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

Нестерова ул., 5а,  
Нижний Новгород, 603005  
телефон: (831) 419-47-56;  
тел/факс: (831) 419-78-58

E-mail: [vgavt@aquasci-nnov.ru](mailto:vgavt@aquasci-nnov.ru)  
ОКПО 03149576, ОГРН 1025203032645,  
ИНН/КПП 5260001076/526001001

Кафедра «Судовождения и безопасности  
судоходства»

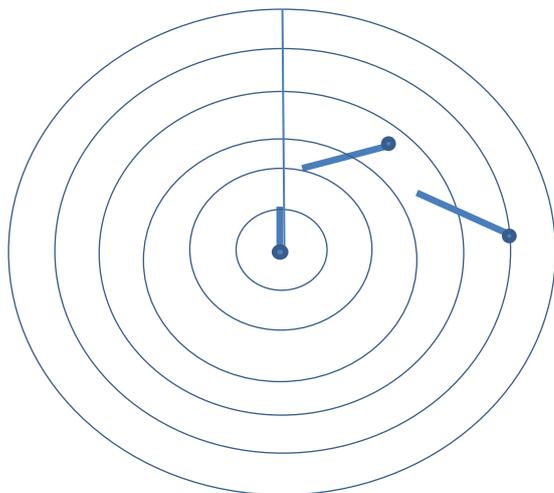
9 семестр 5 курса 2023/2024 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 27**

по дисциплине:

***Маневрирование и управление судном***

1. Самостоятельное маневрирование судна во льдах.
2. На рисунке приведён вид экрана РЛС с выбранной 6-мильной шкалой дальности. Вектора за 6 минут. Определить время кратчайшего сближения и дистанцию кратчайшего сближения с судами, показанными на рисунке. Рекомендовать маневр для расхождения с указанными судами на дистанции не менее 1 мили.



**Зав. кафедрой**

**Р.С. Хвостов**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования

**«Волжский государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

Нестерова ул., 5а,  
Нижний Новгород, 603005  
телефон: (831) 419-47-56;  
тел/факс: (831) 419-78-58

E-mail: [vgavt@aquasci-nnov.ru](mailto:vgavt@aquasci-nnov.ru)

ОКПО 03149576, ОГРН 1025203032645,  
ИНН/КПП 5260001076/526001001

Кафедра «Судовождения и безопасности  
судоходства»

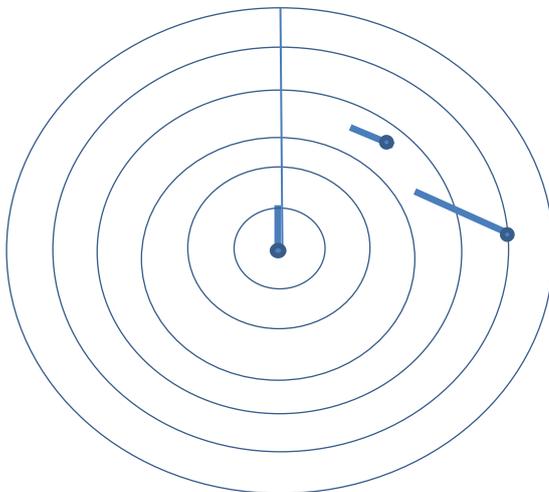
9 семестр 5 курса 2023/2024 учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 28**

по дисциплине:

*Маневрирование и управление судном*

1. Особенности работы судоводителя при ледокольной проводке судна.
2. На рисунке приведён вид экрана РЛС с выбранной 6-мильной шкалой дальности. Вектора за 6 минут. Определить время кратчайшего сближения и дистанцию кратчайшего сближения с судами, показанными на рисунке. Рекомендовать маневр для расхождения с указанными судами на дистанции не менее 1 мили.



**Зав. кафедрой**

**Р.С. Хвостов**