

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ

**Дальневосточный государственный технический
рыбохозяйственный университет**

АВАРИЙНАЯ БУКСИРОВКА СУДНА

**Методические указания для выполнения курсовой работы
по дисциплине «Маневрирование и управление судном»,
для курсантов специальности 26.05.05. «Судовождение»**

Владивосток
2023

УДК 629.12.192: 656.61

Утверждено редакционно-издательским советом Дальневосточного технического института рыбной промышленности и хозяйства.

Автор – В.В. Ганнесен

Рецензент – Е.Н. Бакланов

© Ганнесен В.В., 2023

© Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, 2023 г.

Содержание

1	ЦЕЛЬ КУРСОВОЙ РАБОТЫ.....	4
2	СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА.....	4
3	ЗАДАНИЕ	5
4	ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ	5
5	РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ	6
5.1	Расчет действующих сил.....	6
5.1	Подбор судна, способного провести буксировку аварийного судна.....	11
5.2	Подбор стального троса, достаточной прочности и длины для буксировки аварийного судна.....	13
5.3	Определение возможности буксировки аварийного судна при использовании его штатного буксирного троса в качестве буксирной линии.	15
5.4	Определить возможность буксировки аварийного судна с использованием его швартовных тросов.	17
5.4.1	определение параметров однородной буксирной линии, изготовленной из швартовных тросов.....	17
5.4.2	определение параметров амортизатора, изготовленного из швартовных тросов, при использовании штатного буксирного троса	19
	Приложение 1. Сборник индивидуальных заданий.....	21
	Приложение 2. Характеристики судов, из которых выбирается буксировщик.....	28
	Приложение 3. Характеристики стальных буксирных тросов	29
	Приложение 4. Пример оформления титульного листа курсовой работы	30
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	31

1 ЦЕЛЬ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Целью курсовой работы (далее КР) является подготовка судоводителей в соответствии с требованием Международной конвенции по подготовке и дипломированию моряков и несению вахты (ПДМНВ-78) [1] к готовности действовать в чрезвычайных ситуациях в части знаний оборудования и процедур аварийной буксировки: Таблица А-II/1: компетенция «Маневрирование судна» пп. 1, 2; компетенция «Действие в аварийных ситуациях» пп. 3; Таблица А-II/2: компетенция «Маневрирование судна» пп. 7, 8, 10, 11; компетенция «Действие в аварийных ситуациях» пп. 7

Курсовая работа рассчитана на формирование элементов профессиональных компетенций, предусмотренных Федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования по направлению подготовки 26.05.05. «Судовождение» [2]:

- способностью самостоятельно приобретать знания в области судоходства, понимать научно-технические, правовые и экономические проблемы водного транспорта (ПК-2);

- способностью действовать в аварийных и чрезвычайных ситуациях в соответствии с международными и национальными требованиями, производить необходимую оценку рисков (ПК-12);

- способностью применять базовые знания фундаментальных и профессиональных дисциплин, проводить технико-экономический анализ, обосновывать принимаемые решения по использованию судового оборудования, умением решать на их основе практические задачи профессиональной деятельности (ПК-16);

- способностью разработать обобщенные варианты решения проблемы, выполнить анализ этих вариантов, прогнозирование последствий, нахождение компромиссных решений (ПК-23)

2 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен соответствовать индивидуальному заданию на курсовую работу, объем которой обуславливается характером и целями индивидуального задания.

Структура пояснительной записки:

1. Цель работы.
2. Исходные данные варианта курсовой работы.
3. Расчетная часть курсовой работы, включающая:
 - используемые формулы с пояснениями назначения и расшифровкой входящих величин;
 - результаты расчетов с указанием единиц измерения.
4. Заключение, содержащее краткий вывод по результатам расчетов. Каждый раздел должен заканчиваться выводом.

Отчет по курсовой работе, оформленный в соответствии с требованиями ЕСКД, представляется преподавателю.

3 ЗАДАНИЕ

В индивидуальном задании на выполнение КР (Приложение 1) дается определенное аварийное судно, ожидаемые погодные условия и ставятся следующие задачи:

1. Подобрать судно, способное вести буксировку аварийного судна при заданных условиях (Приложение 2).
2. Подобрать буксирный трос, достаточной прочности и длины для буксировки аварийного судна при заданных условиях (Приложение 3).
3. Определить возможность буксировки аварийного судна при использовании его штатного буксирного троса в качестве буксирной линии.
4. Определить возможность буксировки аварийного судна при использовании его швартовых тросов в качестве буксирной линии.

4 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Для выполнения КР необходимо изучить теоретические основы буксировочных операций [3]. Обратите внимание, что для расчета отдельных величин техническая и специальная литература предлагает различные формулы, дающие, к тому же, различные результаты. В подобных случаях при выполнении курсовой работы следует пользоваться соответствующей формулой, оговоренной в методических указаниях к КР.

Произвести необходимые расчеты, соответствующие индивидуальному заданию. Выбор варианта производится по двум последним цифрам зачетной книжки согласно следующей таблице:

		Последняя цифра									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		Номер варианта									
Предпоследняя цифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	1	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	2	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	3	31	32	33	34	35	36	37	38	1	2
	4	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	5	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	6	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
	7	33	34	35	36	37	38	1	2	3	4
	8	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	9	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24

5 РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ

Для решения любых задач, связанных с проведением буксировки, необходимо предварительно произвести расчет сопротивления буксируемого судна. Величина сопротивления в дальнейшем будет определять и возможность использования того или иного судна для проведения буксировки, и подбор элементов буксирной линии с необходимой прочностью.

5.1 Расчет действующих сил

Основными силами, действующими на караван, является упор винта буксировщика T и сопротивление среды движению каравана ΣR (рис.1).



Рис.1. Взаимосвязь сил движущих и сил сопротивления

Если не касаться режимов разгона и торможения, т.е. рассматривать только режим равномерного прямолинейного движения, то можно считать, что эти противоположно направленные силы равны:

$$T = \sum R, \quad (1)$$

где T - упор винта;

$\sum R$ - суммарное сопротивление каравана.

Суммарное сопротивление каравана $\sum R$ складывается из трех составляющих:

$$\sum R = \sum R_{\bar{\sigma}-ka} + \sum R_{\bar{\sigma}-zo} + R_{mp}, \quad (2)$$

где $\sum R_{\bar{\sigma}-ka}$ - полное сопротивление буксировщика, кН ;

$\sum R_{\bar{\sigma}-zo}$ - полное сопротивление буксируемого судна, кН ;

R_{mp} - сопротивление воды движению буксирного троса, кН.

Для приближенного определения полного сопротивления буксируемого судна $\sum R_{\bar{\sigma}-zo}$ его следует разделить на составные части:

$$\sum R_{\bar{\sigma}-zo} = R_f + R_r + R_{возд.} + R_{волн.} + R_{вт.}, \quad (3)$$

где R_f - сопротивление трения;

R_r - остаточное сопротивление;

$R_{возд.}$ - сопротивление воздуха;

$R_{волн.}$ - сопротивление от волнения;

$R_{вт.}$ - сопротивление винта.

Для расчета составных частей полного сопротивления буксируемого судна (3) используются имперические формулы. Эти формулы не дают абсолютно точного результата, так как не учитывают все особенности судов, но для практических расчетов точность полученных результатов достаточна.

Сопротивление трения корпуса судна R_f можно рассчитать по формуле [3], кН:

$$R_f = f * \gamma * \Omega * V^{1.83} * 10^{-5}, \quad (4)$$

где γ - плотность морской воды, 1025 кг/м³ ;

Ω - площадь смоченной поверхности корпуса судна, м² ;

V - скорость судна, м/с ;

f - коэффициент трения, выбираемый из табл.2 в зависимости от длины судна [3].

Таблица 2

Коэффициент трения корпуса судна в воде

L , м	30	40	50-70	80-90	100-110	120-150	160-190	200-220
f	0.147	0.146	0.144	0.143	0.142	0.141	0.140	0.139

Площадь смоченной поверхности определяется по кривой элементов теоретического чертежа данного судна. Если такие данные отсутствуют, то можно воспользоваться формулой [3], кН:

$$\Omega = 1.05L(1.7d + C_B B), \quad (5)$$

где L - длина судна по действующей ватерлинии, м;

d - средняя осадка судна, м ;

B - ширина корпуса судна, м ;

C_B - коэффициент общей полноты корпуса судна, определяемый либо по кривым элементов теоретического чертежа, либо из выражения:

$$C_B = \frac{\Delta}{L * B * d * \gamma} * 10^3, \quad (6)$$

где Δ - весовое водоизмещение судна, т.

Для определения величины остаточного сопротивления R_r можно воспользоваться формулой [3], кН:

$$R_r = 0,09 \frac{C_B * \Delta * V^4}{L^2}. \quad (7)$$

Сопrotивление воздуха $R_{\text{возд}}$ зависит от скорости и направления кажущегося ветра. Вектор кажущегося ветра является, как известно, результатом сложения векторов скорости судна и скорости истинного ветра. Обычно, наибольшее давление воздуха на судно наблюдается при курсовых углах ветра около 30° . Поскольку во время буксировки возможны различные ситуации от попутного ветра до встречного, то в расчетах следует принимать худший вариант из возможных: встречный ветер при курсовом угле 30° . С учетом этого, преобразованная формула [3] определения сопротивления воздуха $R_{\text{возд}}$ будет иметь вид, кН:

$$R_{\text{возд.}} = (0.88A_m + 0.51A_d) * (V + V_\epsilon)^2 * 10^{-3} , \quad (8)$$

где V_ϵ - скорость ветра, м/с;

A_m - проекция надводной поверхности судна на плоскость мидель-шпангоута, м² ;

A_d - проекция надводной поверхности судна на диаметральную плоскость судна, м.

Сопrotивление движению судна, вызываемое волнением моря, предполагается находить [3] из выражения, кН:

$$R_{\text{волн.}} = k_\delta * \gamma * \Omega * V^2 / (2 * 10^7) , \quad (9)$$

где k_δ - волнение моря, балл.

Для расчета сопротивления гребного винта существуют различные эмпирические формулы. Так в [3] предлагается рассчитывать сопротивление застопоренного винта $R_{\text{з.в.}}$ по формуле, кН:

$$R_{\text{з.в.}} = 0.5(A / A_d) * D_\epsilon^2 * V^2 , \quad (10)$$

где A/A_d - дисковое отношение винта;

D_ϵ - диаметр винта, м.

В том случае, когда винт буксируемого судна имеет возможность свободно вращаться, сопротивление винта можно определить из выражения, кН:

$$R_{в.в.} = 0.13(A/A_d) * D_6^2 * V^2. \quad (11)$$

Сопротивление воды движению погруженной части буксирного троса рекомендуется [3] определять из выражения, кН:

$$R_{mp} = 0,04l_n * d_{mp} * V^2, \quad (12)$$

где l_n - длина погруженной части троса, м;

d_{mp} - диаметр троса, м;

при этом

$$l_n = \sqrt{l^2 - \frac{80 * \sum R_{\sigma-zo} * h_{mp}}{q_{mp}}}, \quad (13)$$

где h_m - средняя высота крепления буксирного троса над уровнем воды, м;

q_{mp} - линейная плотность буксирного троса, кг/м;

l - полная длина буксирного троса.

Однако в условиях морского волнения из-за постоянного расхождения и схождения судов тяга на гаке будет постоянно изменяться, а, следовательно, будет постоянно изменяться и величина погруженной части троса: при схождении судов трос будет больше погружаться в воду и создавать большее сопротивление, а при расхождении судов трос будет спрямляться и выходить из воды, что будет уменьшать сопротивление троса.

Приближенные расчеты показывают, что сопротивление стального буксирного троса, подобранного для буксировки при погодных условиях средней тяжести, составляет 6 - 9 % от сопротивления буксируемого судна. Для практических расчетов сопротивление буксирного троса можно принять равным 10 % от полного сопротивления буксируемого судна $\Sigma R_{\sigma-zo}$, т.е.:

$$R_{mp} = 0,1 \Sigma R_{\sigma-zo}. \quad (14)$$

Некоторое превышение истинного значения R_{mp} при этом направлено в сторону увеличения безопасности буксировки в тяжелых погодных условиях.

Расчет полного сопротивления буксировщика $\Sigma R_{\delta-ка}$ производится аналогично расчету для буксируемого судна:

$$\sum R_{\delta-ка} = R_f + R_r + R_{возд.} + R_{волн} . \quad (15)$$

5.1 Подбор судна, способного провести буксировку аварийного судна

Если судно-буксировщик заранее неизвестно, и ставится задача подбора судна достаточной мощности, то расчет по формуле (15) необходимо сделать для всех судов, которые имеются в наличии и потенциально могли бы использоваться для буксировки.

В данном разделе курсовой работы необходимо из имеющихся в наличии судов-буксировщиков (Приложение 2) выбрать то, которое может обеспечить наибольшую скорость буксировки аварийного судна.

Для решения этой задачи необходимо построить график сопротивлений каравана при различных скоростях движения (рис.2). График строится на основе расчетных данных, сведенных в таблицу 5, полученную на основании данных таблиц 3 и 4.

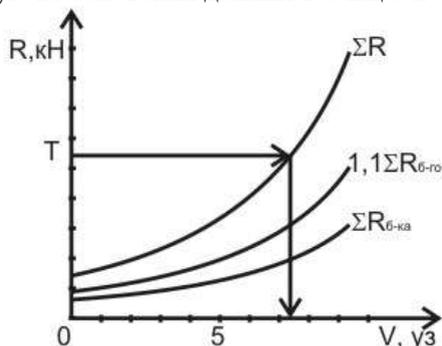


Рис.2. График сопротивления каравана при различных скоростях буксировки: $\Sigma R_{\delta-ка}$ - сопротивление буксировщика; $1,1\Sigma R_{\delta-го}$ - сопротивление буксировщика с учетом сопротивления погруженной части стального троса; ΣR - общее сопротивление каравана.

Таблица 3

Данные сопротивления буксируемого судна

$R, \text{кН} \backslash V, \text{уз}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R_f										
R_r										
$R_{\text{возд.}}$										
$R_{\text{волн.}}$										
$R_{\text{вт}}$										
$\Sigma R_{\text{б-го}}$										
$1,1 \Sigma R_{\text{б-го}}$										

Таблица 4

Данные сопротивления буксировщика

$R, \text{кН} \backslash V, \text{уз}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R_f										
R_r										
$R_{\text{возд.}}$										
$R_{\text{волн.}}$										
$\Sigma R_{\text{б-ка}}$										

Таблица 5

Данные сопротивления буксировочного каравана

$R, \text{кН} \backslash V, \text{уз}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\Sigma R_{\text{б-ка}}$										
$1,1 \Sigma R_{\text{б-го}}$										
ΣR										

Рис.2 является графическим вариантом выражений (1) и (2). Из этого графика легко определяется теоретически максимально возможная скорость буксировки, при которой максимально возможный упор винта буксировщика T полностью расходуется на общее сопротивление каравана ΣR .

! Следует обратить внимание, что расчетные формулы сопротивлений используют величину скорости в *м/с*, а таблицы и графики необходимо строить в *узлах*.

Для расчета максимального упора винта - упора винта на швартовах - используются различные эмпирические формулы. Одной из формул, наиболее полно учитывающей особенности винта, является следующая [3], кН:

$$T = 1,13 * \left(1,9 - \frac{H_{\epsilon}}{D_{\epsilon}} \right) * \frac{P_{\epsilon}}{D_{\epsilon} * n}, \quad (16)$$

где H_{ϵ} - шаг винта, м;

D_{ϵ} - диаметр винта, м;

P_{ϵ} - мощность, потребляемая гребным винтом, кВт;

n - частота вращения гребного винта, с⁻¹ (об./с).

Итогом данного раздела КР должен стать обоснованный расчетами выбор судна-буксировщика.

РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ БУКСИРНОЙ ЛИНИИ

Буксирная линия подбирается в зависимости от многих факторов: особенности буксируемого объекта, погодные условия и материальные возможности выбора. В зависимости от ситуации буксирные линии бывают однородные и неоднородные (составные).

5.2 Подбор стального троса, достаточной прочности и длины для буксировки аварийного судна

Для подбора троса необходимой прочности следует использовать данные расчета сопротивлений. Максимальная статическая нагрузка на буксирный трос без учета динамических рывков на волнении воздействует в месте крепления троса на буксировщике, поскольку сила натяжения складывается из сопротивления буксируемого судна $\Sigma R_{\epsilon-zo}$ и сопротивления троса R_{np} (рис. 3). Эта нагрузка называется «тяга на гаке» F_T .

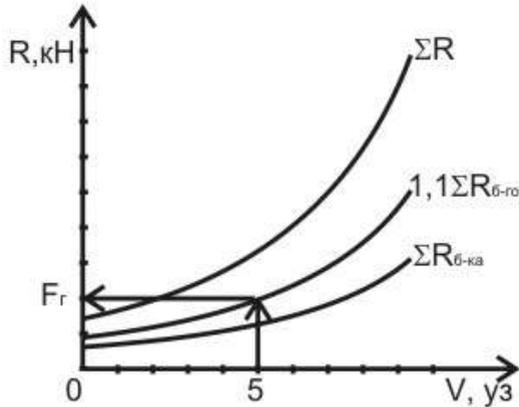


Рис. 3. Определение тяги на гаке

В курсовой работе ставится задача подбора стального троса для буксировки со скоростью 5 уз. Для решения задачи по данным расчетов определяется сначала тяга на гаке, а по величине тяги на гаке выбирается трос (Приложение 3).

Выбор троса производится по величине разрывной нагрузки троса, которая должна учитывать запас прочности по отношению к действующей силе.

Разрывная прочность $P_{раз}$ буксирного троса регулируется Правилами Российского морского регистра судоходства [4] в зависимости от номинальной тяги на гаке:

$$P_{раз} \geq nF_G, \quad (17)$$

где n - коэффициент запаса прочности:

$$\left. \begin{array}{l} n = 5 \quad \text{при } F_G \leq 98.1 \text{ кН} \\ n = 3 \quad \text{при } F_G \geq 294.3 \text{ кН} \end{array} \right\} \quad (18)$$

Для промежуточных значений тяги на гаке (от 98,1 до 294,3 кН) коэффициент запаса прочности определяется линейной интерполяцией, что соответствует выражению:

$$n = 6 - \frac{F_{\Gamma}}{98.1} \quad (19)$$

Приближенная длина стального буксирного троса может быть рассчитана по формуле, м:

$$l = 85h_g, \quad (20)$$

где h_g - высота волн, м.

Итогом данного раздела КР должен стать обоснованный расчетами выбор стального троса и определение необходимой его длины.

5.3 Определение возможности буксировки аварийного судна при использовании его штатного буксирного троса в качестве буксирной линии.

Поскольку штатный буксирный трос имеет ограниченную длину и заранее известную разрывную прочность, то его проверка на пригодность для проведения буксировки проводится по двум параметрам:

- предельно допустимое волнение;
- предельно допустимая скорость буксировки.

Для определения предельно допустимого волнения можно воспользоваться преобразованной формулой (20):

$$h_g = l/85. \quad (21)$$

Для определения предельно допустимой скорости необходимо выдержать требования к запасу прочности, описанные выше, т.е. по разрывному усилию данного троса определяется предельно допустимая тяга на гаке:

$$F_{\Gamma.дон} = P_{раз} / n. \quad (22)$$

Коэффициент запаса прочности n в этом случае определяется исходя из условий:

$$\left. \begin{aligned} n = 5 & \text{ при } P_{раз.} \leq 490.5 \text{ кН} \\ n = 3 & \text{ при } P_{раз.} \geq 882.9 \text{ кН} \end{aligned} \right\} \quad (23)$$

Для промежуточных значений $P_{раз}$ коэффициент запаса прочности определяется, как:

$$n = 3 + \sqrt{9 - \frac{P_{раз.}}{98.1}} \quad (24)$$

Так как тяга на гаке зависит от скорости буксировки, то определив предельно допустимую величину $F_{г.доп.}$, по графику сопротивлений (рис.4) можно найти и предельно допустимую скорость буксировки для данного буксирного троса при тех погодных условиях, для которых составлялся график сопротивлений.

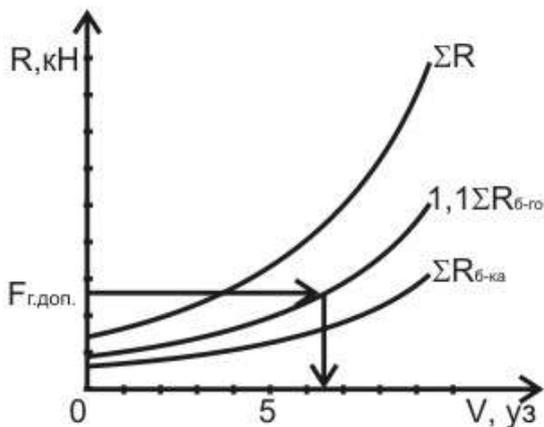


Рис. 4. Определение предельно допустимой скорости буксировки для штатного буксирного троса

Итогом данного раздела КР должны стать обоснованные расчеты ограничения скорости ведения буксировки при условии, что высота волн не превышает расчетного значения.

5.4 Определить возможность буксировки аварийного судна с использованием его швартовых тросов.

В данной работе ставятся две задачи:

- 1) определить параметры однородной буксирной линии, изготовленной из швартовых тросов;
- 2) определить параметры амортизатора, изготовленного из швартовых тросов, при использовании штатного буксирного троса.

Обе задачи должны решаться для проведения буксировки со скоростью до 5 узлов, где искомыми величинами являются:

- количество параллельно уложенных тросов в пучке;
- минимально необходимая длина.

5.4.1 определение параметров однородной буксирной линии, изготовленной из швартовых тросов

Для нахождения количества тросов, укладываемых параллельно в пучок, необходима величина нагрузки на линию при 5 узловой скорости буксировки, для чего следует воспользоваться данными табл.3. Учитывая, что буксирная линия, изготовленная из швартовых тросов, под натяжением вообще не будет погружаться в воду, то в качестве величины тяги на гаке следует принимать $\Sigma R_{6-го}$ для соответствующей скорости.

Найдя действующую нагрузку и учтя коэффициент запаса прочности (условие (18)), определяется минимально необходимая разрывная прочность буксирной линии $P_{раз.бл.}$ (условие (17)).

Зная разрывную прочность одного швартового троса $P_{раз.штв.}$ и необходимую прочность буксирной линии $P_{раз.бл.}$, определяется количество швартовых, удовлетворяющих условиям задачи:

$$N \geq P_{раз.бл.} / P_{раз.штв.} \quad (25)$$

Для определения необходимой длины следует исходить из того, что в общем случае упругое удлинение синтетического каната определяется выражением [3]:

$$\Delta L = L_c \sqrt{F / \alpha P_{разс}}, \quad (26)$$

где L_c - длина синтетического троса, м;

F - сила, растягивающая трос, кН;

α - безразмерный коэффициент, зависящий от характеристик троса, выбираемый из табл.6.

Таблица 6

Материал троса	Крученный трехрядный без оплетки	Плетеный восьмирядный без оплетки
Капрон сырой	2.6	3.2
Полипропилен	8.0	11.0
Полиэфир	7.5	11.0

При расчетах следует помнить, что предельно допустимая кратковременная нагрузка на трос не должна превышать половину величины разрывной нагрузки троса $P_{раз.шв} / 2$. Поскольку при ведении буксировки трос изначально растянут под действием силы тяги на гаке F_T , а нагрузка на волнении может меняться от величины постоянной тяги на гаке F_T до предельно допустимой нагрузки $P_{раз.шв} / 2$, то величина упругого удлинения примет вид:

$$\Delta L = L_{шв} \sqrt{(P_{раз.шв} / 2 - F_T) / \alpha P_{раз.шв}}. \quad (27)$$

В данном случае ΔL и будет и будет являться упругой игрой буксирной линии длиной $L_{шв}$, что отвечает решению задачи, когда по известным параметрам буксирной линии находится допустимая высота волны $h_g = \Delta L_{шв}$.

При расчетах следует обратить внимание, что постоянно действующая нагрузка F_T не должна превышать предельно допустимую величину для данной буксирной линии (как было описано в разделе 5.3). Это значит, что в формулах расчета упругого удлинения в качестве постоянной нагрузки F_T принимается либо расчетная

нагрузка при заданной скорости, либо предельно допустимая нагрузка для буксирной линии (смотря по тому, что меньше).

Для подбора длины буксирной линии по заданной высоте волны подставим h_6 вместо ΔL . Тогда искомая длина будет:

$$L_{ув} = \frac{h_6}{\sqrt{(P_{раз.ув} / 2 - F_\Gamma) / \alpha P_{раз.ув}}} \quad (28)$$

При использовании для буксировки связки из нескольких параллельных синтетических швартовых концов выражения (27) и (28) примут соответственно вид:

$$\Delta L = L_{ув} \sqrt{(NP_{раз.ув} / 2 - F_\Gamma) / N\alpha P_{раз.ув}}, \quad (29)$$

и

$$L_{ув} = \frac{h_6}{\sqrt{(NP_{раз.ув} / 2 - F_\Gamma) / N\alpha P_{раз.ув}}}. \quad (30)$$

Итогом данного раздела КР должны стать обоснованные расчетами параметры однородной буксирной линии, изготовленной из швартовых тросов буксируемого судна. В данном случае речь идет о минимально необходимой длине, способной компенсировать расхождение судов на волнении.

5.4.2 определение параметров амортизатора, изготовленного из швартовых тросов, при использовании штатного буксирного троса

В случае изготовления комбинированной буксирной линии, состоящей из штатного буксирного троса и амортизатора, количество тросов в пучке должно иметь суммарную разрывную прочность $\sum P_{раз.с.}$ не ниже разрывной прочности штатного буксирного троса $P_{раз.ст.}$:

$$NP_{раз.ув} \geq P_{раз.ст.} \quad (31)$$

Исходя из этого количество тросов в пучке должно быть:

$$N \geq P_{раз.ст} / P_{раз.ув} . \quad (32)$$

Однако поскольку речь идет о расчете амортизирующей вставки, следует учесть, что частично расхождение судов на волнении будет компенсироваться игрой штатного буксирного троса. Высота волн, которая будет компенсироваться игрой штатного буксирного троса, была рассчитана в п. 5.3. Таким образом, для расчета длины синтетического амортизатора в качестве высоты волны, требующей компенсации, принимается величина превышения фактического волнения над величиной, допустимой для штатного буксирного троса:

$$h_{е.ув} = h_{е} - h_{е.ст} \quad (33)$$

Таким образом, для расчета минимально необходимой длины упругой вставки в качестве амортизатора следует преобразованную формулу (30), в которую вводятся параметры штатного буксира, как более слабого звена:

$$L_{ув} = \frac{h_{е.ув}}{\sqrt{(P_{раз.ст} / 2 - F_{Г}) / N \alpha P_{раз.ув}}} , \quad (34)$$

где $h_{е.ув}$ - часть высоты волны, которую должен компенсировать амортизатор, м;

$P_{раз.ст}$ – разрывная прочность штатного буксира, кН;

$F_{Г}$ – допустимая нагрузка на штатный буксир, кН.

Итогом данного раздела КР должны стать обоснованные расчетами параметры амортизатора, изготовленного из швартовных тросов буксируемого судна, который может быть использован совместно со штатным буксирным тросом. В данном случае речь идет о минимально необходимой длине, способной компенсировать расхождение судов на волнении.

Кроме того, должна быть установлена максимально допустимая скорость для данной буксирной линии, соответствующая допустимой нагрузке на штатный буксир.

Приложение 1

Сборник индивидуальных заданий

№ пп	Буксируемое судно (исходные данные)	№ варианта	
		1	2
	<i>Общие характеристики</i>		
1	Длина по действующей ватерлинии, м	75	96,6
2	Ширина корпуса, м	14,1	15,7
3	Осадка средняя, м	5,4	4,8
4	Водоизмещение, т	3364	4952
5	Лобовая площадь парусности, м ²	114	154
6	Бортовая площадь парусности, м ²	371	476
7	Диаметр винта, м	3,5	3
8	Дисковое отношение	0,52	0,58
9	Винт застопорен-З, винт вращается-В	В.	З.
	<i>Швартовые тросы:</i>		
10	Длина, м	160	170
11	Разрывная прочность, кН	134	188
12	Материал	поли- пропи- лен кру- ченый 3- рядный	капрон плете- ный 8- рядный
	<i>Штатный стальной буксирный трос</i>		
13	Длина, м	190	190
14	Разрывная прочность, кН	340	529,8
	<i>Погодные условия</i>		
15	Скорость ветра, м/с	12	10
16	Волнение, м	3	3
17	Волнение, балл	6	6

Продолжение приложения 1

№ варианта						
№ пп	3	4	5	6	7	8
	Общие характеристики					
1	114,4	115,5	117,8	120	142	153
2	17,5	17,2	17,5	17,3	21	20,5
3	7	7,2	7,5	7,4	7,7	7,2
4	8902	9552	10002	9802	15732	15302
5	144	214	190	210	312	284
6	676	796	816	846	1026	1056
7	4,4	4,4	5	5	5,4	5,3
8	0,71	0,43	0,55	0,55	0,54	0,45
9	3.	В.	В.	В.	В.	3.
	Швартовые тросы:					
10	170	170	170	180	180	180
11	203	218	218	232	326	326
12	поли-пропилен крученый 3-рядный	капрон крученый 3-рядный	поли-пропилен крученый 3-рядный	капрон крученый 3-рядный	поли-пропилен крученый 3-рядный	поли-эфир крученый 3-рядный
	Штатный стальной буксирный трос					
13	190	190	190	200	200	200
14	529,8	640,6	640,6	640,6	894,2	894,2
	Погодные условия					
15	11	13	14	13	12	10
16	4	4	4	3	3	3
17	6	7	6	6	6	6

Продолжение приложения 1

№ варианта						
№ пп	9	10	11	12	13	14
	Общие характеристики					
1	162	75	96,6	114,4	115,5	117,8
2	24,5	14,1	15,7	17,5	17,2	17,5
3	7,5	5,4	4,8	7	7,2	7,5
4	21059	3364	4952	8902	9552	10002
5	388	114	154	144	214	190
6	1126	371	476	676	796	816
7	4,85	3,5	3	4,4	4,4	5
8	0,53	0,52	0,58	0,71	0,43	0,55
9	В.	В.	З.	З.	В.	В.
	Швартовые тросы:					
10	190	160	170	170	170	170
11	355	134	188	203	218	218
12	капрон крученый 3-рядный	полипропилен крученый 3-рядный	капрон плетеный 8-рядный	полипропилен крученый 3-рядный	капрон крученый 3-рядный	полипропилен крученый 3-рядный
	Штатный стальной буксирный трос					
13	220	190	190	190	190	190
14	1027	340	529,8	529,8	640,6	640,6
	Погодные условия					
15	11	13	14	13	12	10
16	4	4	4	3	3	3
17	6	7	6	6	6	6

Продолжение приложения 1

№ варианта						
№ пп	15	16	17	18	19	20
	Общие характеристики					
1	120	142	143,9	153	162	75
2	17,3	21	22,7	20,5	24,5	14,1
3	7,4	7,7	7,5	7,2	7,5	5,4
4	9802	15732	15113	15302	21059	3364
5	210	312	236	284	388	114
6	846	1026	986	1056	1126	371
7	5	5,4	4,6	5,3	4,85	3,5
8	0,55	0,54	0,72	0,45	0,53	0,52
9	3.	3.	3.	3.	3.	В.
	Швартовые тросы:					
10	180	180	180	180	190	160
11	232	326	326	326	355	134
12	капрон крученый 3-рядный	полипропилен крученый 3-рядный	полиэфир плетеный 8-рядный	полиэфир крученый 3-рядный	капрон крученый 3-рядный	полипропилен крученый 3-рядный
	Штатный стальной буксирный трос					
13	200	200	200	200	220	190
14	640,6	894,2	894,2	894,2	1027	340
	Погодные условия					
15	11	13	14	13	12	10
16	4	4	4	3	3	3
17	6	7	6	6	6	6

Продолжение приложения 1

№ варианта						
№ пп	21	22	23	24	25	26
	Общие характеристики					
1	96,6	114,4	115,5	117,8	120	142
2	15,7	17,5	17,2	17,5	17,3	21
3	4,8	7	7,2	7,5	7,4	7,7
4	4952	8902	9552	10002	9802	15732
5	154	144	214	190	210	312
6	476	676	796	816	846	1026
7	3	4,4	4,4	5	5	5,4
8	0,58	0,71	0,43	0,55	0,55	0,54
9	3.	3.	В.	В.	3.	3.
	Швартовые тросы:					
10	170	170	170	170	180	180
11	188	203	218	218	232	326
12	капрон плетеный 8-рядный	полипропилен крученый 3-рядный	капрон крученый 3-рядный	полипропилен крученый 3-рядный	капрон крученый 3-рядный	полипропилен крученый 3-рядный
	Штатный стальной буксирный трос					
13	190	190	190	190	200	200
14	529,8	529,8	640,6	640,6	640,6	894,2
	Погодные условия					
15	11	13	14	13	12	10
16	4	4	4	3	3	3
17	6	7	6	6	6	6

Продолжение приложения 1

№ варианта						
№ пп	27	28	29	30	31	32
	<i>Общие характеристики</i>					
1	143,9	153	162	75	96,6	114,4
2	22,7	20,5	24,5	14,1	15,7	17,5
3	7,5	7,2	7,5	5,4	4,8	7
4	15113	15302	21059	3364	4952	8902
5	236	284	388	114	154	144
6	986	1056	1126	371	476	676
7	4,6	5,3	4,85	3,5	3	4,4
8	0,72	0,45	0,53	0,52	0,58	0,71
9	3.	3.	3.	В.	3.	3.
	<i>Швартовые тросы:</i>					
10	180	180	190	160	170	170
11	326	326	355	134	188	203
12	поли-эфир плетеный 8-рядный	поли-эфир крученый 3-рядный	капрон крученый 3-рядный	полипропилен крученый 3-рядный	капрон плетеный 8-рядный	полипропилен крученый 3-рядный
	<i>Штатный стальной буксирный трос</i>					
13	200	200	220	190	190	190
14	894,2	894,2	1027	340	529,8	529,8
	<i>Погодные условия</i>					
15	11	13	14	13	12	10
16	4	4	4	3	3	3
17	6	7	6	6	6	6

Продолжение приложения 1

№ варианта						
№ пп	33	34	35	36	37	38
	<i>Общие характеристики</i>					
1	115,5	117,8	120	142	143,9	153
2	17,2	17,5	17,3	21	22,7	20,5
3	7,2	7,5	7,4	7,7	7,5	7,2
4	9552	10002	9802	15732	15113	15302
5	214	190	210	312	236	284
6	796	816	846	1026	986	1056
7	4,4	5	5	5,4	4,6	5,3
8	0,43	0,55	0,55	0,54	0,72	0,45
9	В.	В.	3.	3.	3.	3.
	<i>Швартовые тросы:</i>					
10	170	170	180	180	180	180
11	218	218	232	326	326	326
12	капрон круче- ный 3- пряд- ный	полипро- пилен круче- ный 3- прядный	капрон круче- ный 3- прядный	поли- пропи- лен кру- ченый 3- прядный	поли- эфир плете- ный 8- прядный	поли- эфир круче- ный 3- прядный
	<i>Штатный стальной буксирный трос</i>					
13	190	190	200	200	200	200
14	640,6	640,6	640,6	894,2	894,2	894,2
	<i>Погодные условия</i>					
15	11	13	14	13	12	10
16	4	4	4	3	3	3
17	6	7	6	6	6	6

Приложение 2

Характеристики судов, из которых выбирается буксировщик

№ пп	<i>Технические характеристики</i>	Буксировщик №				
		1	2	3	4	5
1	Длина по действующей ватерлинии, м	75	105	114	150	168
2	Ширина корпуса, м	15,0	17,4	16,1	20,0	23,8
3	Осадка средняя, м	5,9	5,6	7,07	7,0	8,9
4	Водоизмещение, т	4059	7160	9430	15300	26500
5	Лобовая площадь парусности, м ²	150	230	180	320	430
6	Бортовая площадь парусности, м ²	320	750	860	1650	2100
7	Мощность двигателя, эффективная, кВт	2600	2540	3680	3940	4595
8	Обороты винта, об/мин	160	170	115	83	115
9	Диаметр винта, м	3,8	3,8	4,7	5,2	5,4
10	Шаг винта, м	2,7	2,7	4,45	5,4	4,0

Приложение 3

**Характеристики стальных буксирных тросов
(ГОСТ 3083 – 66)**

№ пп	Диаметр, мм		Площадь сечения каната, мм ²	Линейная плотность, кг/м	Разрывное усилие не менее, кН
	каната	проволоки			
1	19,0	1,00	113,04	1,155	131,4
2	22,5	1,20	162,72	1,165	189,3
3	24,5	1,30	191,09	1,955	222,7
4	26,0	1,40	221,75	2,265	258,5
5	28,0	1,50	253,44	2,590	295,3
6	30,0	1,60	289,44	2,955	337,5
7	32,0	1,70	326,88	3,340	381,1
8	33,5	1,80	365,76	3,735	446,4
9	37,5	2,00	452,16	4,620	527,8
10	41,0	2,20	547,20	5,590	638,6
11	45,0	2,40	650,88	6,650	759,3
12	48,5	2,60	764,64	7,810	892,2
13	52,0	2,80	885,60	9,045	1025,1
14	56,0	3,00	1018,08	10,400	1187,0
15	60,0	3,20	1156,12	11,820	1348,9
16	65,0	3,40	1307,40	13,348	1525,5

Приложение 4

Пример оформления титульного листа курсовой работы

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования**

**«Дальневосточный государственный технический
рыбохозяйственный университет»**

(ФГБОУ ВО «ДАЛЬРЫБВТУЗ»)

Кафедра «Судовождение»

**Курсовая работа
по дисциплине
«Маневрирование и управление судном»**

**Тема: Аварийная буксировка судна
(вариант № ____)**

Проверил:
доцент

(подпись, дата) В.В. Ганнесен

Выполнил:
студент учеб. гр. СВс-512

(подпись, дата) И.И. Петров

Владивосток 2023

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Международная конвенция о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты 1978 г. (ПДНВ-78) с поправками по 2015 г. Спб.: ЗАО ЦНИИМФ, 2002. -600 с.

2. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования по направлению подготовки (специальности) 26.05.05. судовождение (квалификация (степень) «специалист»).

URL: http://www.edu.ru/db/mo/Data/d_10/prm2056-1.pdf

3. Снопков В.И. Управление судном. Учебник для ВУЗов. 3-е изд., перераб. и доп. - С-Пб.: АНО НПО «Профессионал», 2004. -536 с.

4. Правила классификации и постройки морских судов. Том-1. Спб.: Морской Регистр Судоходства, 2015. -580 с.

URL: [http://www.rs-class.org/upload/iblock/f9f/2-020101-082\(T1\).pdf](http://www.rs-class.org/upload/iblock/f9f/2-020101-082(T1).pdf)