

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
2020

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., 2020

© Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, 2020 г.

Содержание

1	ЦЕЛЬ КУРСОВОЙ РАБОТЫ.....	4
2	СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА.....	4
3	ЗАДАНИЕ	5
4	ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ	6
5	РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ	7
5.1	Расчет действующих сил.....	7
5.1	Подбор судна, способного провести буксировку аварийного судна.....	11
5.2	Подбор стального троса, достаточной прочности и длины для буксировки аварийного судна.....	14
5.3	Определение возможности буксировки аварийного судна при использовании его штатного буксирного троса в качестве буксирной линии.	16
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.....	18
5.4.2	определение параметров амортизатора, изготовленного из швартовных тросов, при использовании штатного буксирного троса	20
	Приложение 1. Сборник индивидуальных заданий.....	22
	Приложение 2. Характеристики судов, из которых выбирается буксировщик.....	29
	Приложение 3. Характеристики стальных буксирных тросов	30
	Приложение 4. Пример оформления титульного листа курсовой работы	31
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	32

1 ЦЕЛЬ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Согласно Международной конвенции СОЛАС-74 (Глава II-1, правило 3-4) «Суда должны обеспечиваться процедурами аварийной буксировки. Такие процедуры хранятся на судне для использования в чрезвычайных ситуациях и основываются на существующих мерах, устройствах и оборудовании судна». Такие процедуры должны разрабатываться в соответствии с руководством Международной морской организации MSC.1/Circ.1255 «Руководство для владельцев / операторов по подготовке процедур аварийной буксировки».

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/2: компетенция «Действия при авариях, возникающих во время плавания»: Устройства аварийной буксировки и процедуры буксировки.

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 швартовных тросов в качестве буксирной линии.

4 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Для выполнения КР необходимо изучить теоретические основы буксировочных операций [2]. 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;

ΣR - суммарное сопротивление каравана.

Суммарное сопротивление каравана ΣR складывается из трех составляющих:

$$\sum R = \sum R_{\delta-ка} + \sum R_{\delta-сд} + R_{тр}, \quad (2)$$

где $\Sigma R_{\delta-ка}$ - полное сопротивление буксировщика, кН ;

$\Sigma R_{\delta-сд}$ - полное сопротивление буксируемого судна, кН ;

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

Для приближенного определения полного сопротивления буксируемого судна $\Sigma R_{\sigma-20}$ его следует разделить на составные части:

$$\sum R_{\sigma-20} = R_f + R_r + R_{возд} + R_{волн} + R_{вт}, \quad (3)$$

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 [2], 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.1 в зависимости от длины судна [2].

Таблица 1

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 [2], 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 [2], кН:

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

Сопротивление воздуха $R_{возд}$ 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 [2] определения сопротивления воздуха $R_{возд}$ будет иметь вид, кН:

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

где V_e - скорость ветра, м/с;

A_m - проекция надводной поверхности судна на плоскость мидель-шпангоута, m^2 ;

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

Сопrotивление движению судна, вызываемое волнением моря, предполагается находить [2] из выражения, кН:

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

где k_{σ} - волнение моря, балл.

Для расчета сопротивления гребного винта существуют различные эмпирические формулы. Так в [2] предлагается рассчитывать сопротивление застопоренного винта $R_{з.в.}$ по формуле, кН:

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

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:

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

Сопrotивление воды движению погруженной части буксирного троса рекомендуется [2] 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, выбранного 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 $\Sigma R_{\delta-zo}$, т.е.:

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

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:

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

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 (Приложение 2) выбрать **наименьшее из тех, которые в состоянии вести буксировку** аварийного судна со скоростью не менее 5 узлов.

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.

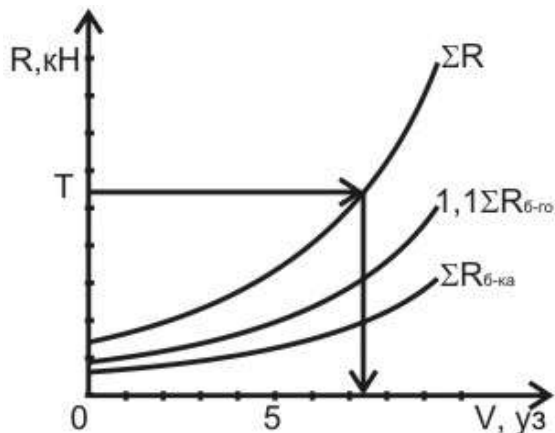


Рис.2. График сопротивления каравана при различных скоростях буксировки: $\Sigma R_{б-ка}$ - сопротивление буксировщика; $1,1\Sigma R_{б-го}$ - сопротивление буксируемого судна с учетом сопротивления погруженной части стального троса; ΣR – общее сопротивление каравана.

Таблица 3

Данные сопротивления буксировщика

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

Таблица 4

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 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 [2], кН:

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

где $H_{\text{в}}$ - шаг винта, м;

D_g - диаметр винта, м;

P_g - мощность, потребляемая гребным винтом, кВт;

n - частота вращения гребного винта, c^{-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 $\Sigma R_{б-го}$ и сопротивления троса $R_{тр}$ (рис. 3). Эта нагрузка называется «тяга на гаке» F_T .

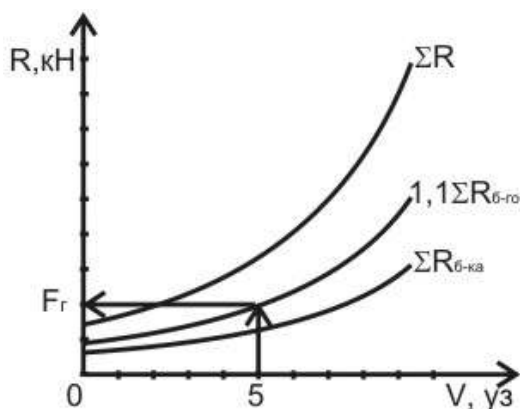


Рис. 3. Определение тяги на гаке

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 [3] 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:

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

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:

$$F_{Г.доп} = P_{раз} / n. \quad (22)$$

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

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

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.

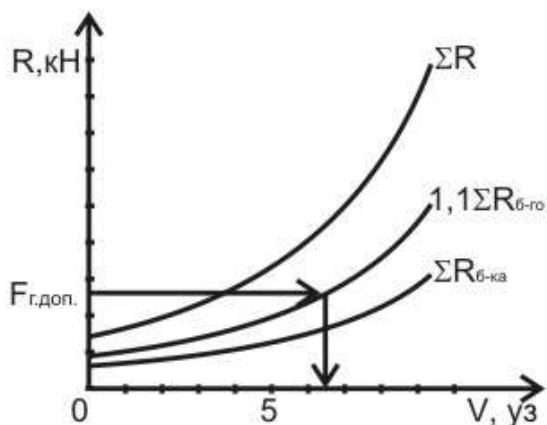


Рис. 4. Определение предельно допустимой скорости буксировки для штатного буксирного троса

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

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

В данной работе ставятся две задачи:

- 1) определить параметры однородной буксирной линии, изготовленной из швартовных тросов;
- 2) определить параметры амортизатора, изготовленного из швартовных 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 швартовных 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.4. Учитывая, что буксирная линия, изготовленная из швартовных тросов, под натяжением вообще не будет погружаться в воду, то в качестве величины тяги на гаке следует принимать $\Sigma R_{б-го}$ 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 швартовного троса $P_{раз.шт.}$ и необходимую прочность буксирной линии $P_{раз.бл.}$, определяется количество швартовов, удовлетворяющих условиям задачи:

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

Для определения необходимой длины следует исходить из того, что в общем случае упругое удлинение синтетического каната определяется выражением [2]:

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

где L_c - длина синтетического троса, м;

F - сила, растягивающая трос, кН ;

α - безразмерный коэффициент, зависящий от характеристик троса, выбираемый из табл.5.

Таблица 5

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_{Γ} , а нагрузка на волнении может меняться от величины постоянной тяги на гаке F_{Γ} до предельно допустимой нагрузки $P_{раз.шв} / 2$, то величина упругого удлинения примет вид:

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

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 $h_{\epsilon} = \Delta L_{шв}$.

Для подбора длины буксирной линии по заданной высоте волны подставим h_{ϵ} вместо ΔL . Тогда искомая длина будет:

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

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

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

и

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

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 $P_{раз.шт.}$:

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

Исходя из этого количество тросов в пучке должно быть:

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

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:

$$h_{в.шт.} = h_{в.} - h_{в.шт.} \quad (33)$$

Таким образом, для расчета минимально необходимой длины упругой вставки в качестве амортизатора следует в формулы (30) вместо $h_{в.}$ следует подставлять $h_{в.шт.}$, а предельно допустимую кратковременную нагрузку на линию определять по прочности стального троса ($P_{раз.шт.}/2$), как более слабого звена:

$$L_{шт.} = \frac{h_{в.шт.}}{\sqrt{(P_{раз.шт.} / 2 - F_{Г}) / N \alpha P_{раз.шт.}}} \quad (34)$$

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.

Приложение 1

Сборник индивидуальных заданий

№ пп	Буксируемое судно (исходные данные)	№ варианта	
		1	2
	<i>Общие характеристики</i>		
1	Длина по действующей ватерлинии, м	73	94,6
2	Ширина корпуса, м	13,6	15,2
3	Осадка средняя, м	5,2	4,6
4	Водоизмещение, т	3362	4950
5	Лобовая площадь парусности, м ²	110	150
6	Бортовая площадь парусности, м ²	365	470
7	Диаметр винта, м	3,4	2,9
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	132	186
12	Материал	полипро- пилен круче- ный 8- рядный	капрон плете- ный 8- рядный
	<i>Штатный стальной буксирный трос</i>		
13	Длина, м	190	190
14	Разрывная прочность, кН	338	527,8
	<i>Погодные условия</i>		
15	Скорость ветра, м/с	7	9
16	Волнение, м	1	2
17	Волнение, балл	4	5

Продолжение приложения 1

№ варианта						
№ пп	3	4	5	6	7	8
	Общие характеристики					
1	112,4	113,5	115,8	118	140	151
2	17	16,7	17	16,8	20,5	20
3	6,8	7	7,3	7,2	7,5	7
4	8900	9550	10000	9800	15730	15300
5	140	210	186	206	308	280
6	670	790	810	840	1020	1050
7	4,3	4,3	4,9	4,9	5,3	5,2
8	0,71	0,43	0,55	0,55	0,54	0,45
9	3.	В.	В.	3.	3.	3.
	Швартовые тросы:					
10	170	170	170	180	180	180
11	201	216	216	230	324	324
12	полипропилен крученый 3-рядный	капрон крученый 3-рядный	полипропилен крученый 3-рядный	капрон крученый 3-рядный	полипропилен крученый 3-рядный	полиэфир крученый 3-рядный
	Штатный стальной буксирный трос					
13	190	190	190	200	200	200
14	527,8	638,6	638,6	638,6	892,2	892,2
	Погодные условия					
15	10	12	14	15	7	9
16	2	3	5	5	1	2
17	5	6	7	7	4	5

Продолжение приложения 1

№ варианта						
№ пп	9	10	11	12	13	14
	Общие характеристики					
1	160	73	94,6	112,4	113,5	115,8
2	24	13,6	15,2	17	16,7	17
3	7,3	5,2	4,6	6,8	7	7,3
4	21057	3362	4950	8900	9550	10000
5	384	110	150	140	210	186
6	1120	365	470	670	790	810
7	4,75	3,4	2,9	4,3	4,3	4,9
8	0,53	0,52	0,58	0,71	0,43	0,55
9	3.	В.	3.	3.	В.	В.
	Швартовые тросы:					
10	190	160	170	170	170	170
11	353	132	186	201	216	216
12	капрон крученый 3-рядный	полипропилен крученый 8-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	1025	338	527,8	527,8	638,6	638,6
	Погодные условия					
15	10	12	14	15	7	9
16	2	3	5	5	1	2
17	5	6	7	7	4	5

Продолжение приложения 1

№ варианта						
№ пп	15	16	17	18	19	20
	Общие характеристики					
1	118	140	141,9	151	160	73
2	16,8	20,5	22,2	20	24	13,6
3	7,2	7,5	7,3	7	7,3	5,2
4	9800	15730	15111	15300	21057	3362
5	206	308	232	280	384	110
6	840	1020	980	1050	1120	365
7	4,9	5,3	4,5	5,2	4,75	3,4
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	230	324	324	324	353	132
12	капрон круче- ный 3- пряд- ный	полипро- пилен круче- ный 3- прядный	поли- эфир плете- ный 8- прядный	поли- эфир круче- ный 3- прядный	капрон круче- ный 3- прядный	полипро- пилен круче- ный 3- прядный
	Штатный стальной буксирный трос					
13	200	200	200	200	220	190
14	638,6	892,2	892,2	892,2	1025	338
	Погодные условия					
15	10	12	14	15	7	9
16	2	3	5	5	1	2
17	5	6	7	7	4	5

Продолжение приложения 1

№ варианта						
№ пп	21	22	23	24	25	26
<i>Общие характеристики</i>						
1	94,6	112,4	113,5	115,8	118	140
2	15,2	17	16,7	17	16,8	20,5
3	4,6	6,8	7	7,3	7,2	7,5
4	4950	8900	9550	10000	9800	15730
5	150	140	210	186	206	308
6	470	670	790	810	840	1020
7	2,9	4,3	4,3	4,9	4,9	5,3
8	0,58	0,71	0,43	0,55	0,55	0,54
9	3.	3.	В.	В.	3.	3.
<i>Швартовые тросы:</i>						
10	170	170	170	170	180	180
11	186	201	216	216	230	324
12	капрон плетеный 8- рядный	поли- пропи- лен кру- ченый 3- рядный	капрон круче- ный 3- рядный	поли- пропи- лен кру- ченый 3- рядный	капрон круче- ный 3- ряд- ный	полипро- пилен круче- ный 3- рядный
<i>Штатный стальной буксирный трос</i>						
13	190	190	190	190	200	200
14	527,8	527,8	638,6	638,6	638,6	892,2
<i>Погодные условия</i>						
15	10	12	14	15	7	9
16	2	3	5	5	1	2
17	5	6	7	7	4	5

Продолжение приложения 1

№ варианта						
№ пп	27	28	29	30	31	32
	Общие характеристики					
1	141,9	151	160	73	94,6	112,4
2	22,2	20	24	13,6	15,2	17
3	7,3	7	7,3	5,2	4,6	6,8
4	15111	15300	21057	3362	4950	8900
5	232	280	384	110	150	140
6	980	1050	1120	365	470	670
7	4,5	5,2	4,75	3,4	2,9	4,3
8	0,72	0,45	0,53	0,52	0,58	0,71
9	3.	3.	3.	В.	3.	3.
	Швартовые тросы:					
10	180	180	190	160	170	170
11	324	324	353	132	186	201
12	поли-эфир плетеный 8-рядный	поли-эфир крученый 3-рядный	капрон крученый 3-рядный	полипропилен крученый 8-рядный	капрон плетеный 8-рядный	полипропилен крученый 3-рядный
	Штатный стальной буксирный трос					
13	200	200	220	190	190	190
14	892,2	892,2	1025	338	527,8	527,8
	Погодные условия					
15	10	12	14	15	7	9
16	2	3	5	5	1	2
17	5	6	7	7	4	5

Продолжение приложения 1

№ варианта						
№ пп	33	34	35	36	37	38
	Общие характеристики					
1	113,5	115,8	118	140	141,9	151
2	16,7	17	16,8	20,5	22,2	20
3	7	7,3	7,2	7,5	7,3	7
4	9550	10000	9800	15730	15111	15300
5	210	186	206	308	232	280
6	790	810	840	1020	980	1050
7	4,3	4,9	4,9	5,3	4,5	5,2
8	0,43	0,55	0,55	0,54	0,72	0,45
9	В.	В.	З.	З.	З.	З.
	Швартовые тросы:					
10	170	170	180	180	180	180
11	216	216	230	324	324	324
12	капрон круче- ный 3- ряд- ный	поли- пропилен круче- ный 3- рядный	капрон круче- ный 3- ряд-ный	поли- про- пилен круче- ный 3- рядный	поли- эфир плете- ный 8- рядный	поли- эфир круче- ный 3- рядный
	Штатный стальной буксирный трос					
13	190	190	200	200	200	200
14	638,6	638,6	638,6	892,2	892,2	892,2
	Погодные условия					
15	10	12	14	15	7	9
16	2	3	5	5	1	2
17	5	6	7	7	4	5

Приложение 2

Характеристики судов, из которых выбирается буксировщик

№ пп	Технические характеристики	Буксировщик №					
		1	2	3	4	5	6
1	Длина по действующей ватерлинии, м	75	105	115	150	168	200
2	Ширина корпуса, м	15,0	17,4	19,0	20,0	23,8	27,8
3	Осадка средняя, м	5,9	5,6	4,3	7,0	8,9	10,7
4	Водоизмещение, т	4059	7160	5338	15300	26500	44900
5	Лобовая площадь парусности, м ²	150	230	260	320	430	510
6	Бортовая площадь парусности, м ²	320	750	1200	1650	2100	2900
7	Мощность двигателя, эффективная, кВт	3820	2540	5550	2940	4595	11000
8	Обороты винта, об/мин	160	170	188	83	115	115
9	Диаметр винта, м	3,8	3,8	3,8	5,2	5,4	5,7
10	Шаг винта, м	2,7	2,7	2,6	5,4	4,0	4,7

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 2020

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

3. 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)