

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт кораблестроения и морского транспорта
Кафедра «Океанотехника и кораблестроение»

РАСЧЁТ ЭКВИВАЛЕНТНОГО БРУСА
И ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ
В КОРПУСЕ СУДНА НА ВОЛНЕНИИ

Методические указания
к выполнению практического занятия

Севастополь
СевГУ
2016

УДК 629.5.02

Рецензент: В.П. Комаров - докт. техн. наук, профессор

Составители: А.В. Кузьмина, М.Г. Балашов

Расчёт эквивалентного бруса и определение напряжений в корпусе судна на волнении: метод. указания к выполнению практического занятия / сост. А.В. Кузьмина, М.Г. Балашов. – Севастополь: СевГУ, 2016. – 24 с.: ил.

Целью настоящих методических указаний является оказание методической помощи студентам направления 26.03.02 Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской инфраструктуры при выполнении расчетов, относящихся к общей продольной прочности корпуса судна по дисциплине "Конструкция корпуса судов".

УДК 629.5.02

Рассмотрено и рекомендовано на заседании учебно-методического совета Института кораблестроения и морского транспорта в качестве методических указаний по дисциплине «Конструкция корпуса судов» к выполнению практического занятия студентами направления подготовки 26.03.02 Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской инфраструктуры всех форм обучения (протокол № 10 от 15.10.2015).

© ФГАОУ ВО «Севастопольский
государственный университет», 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
Цель работы	4
1. Теоретический раздел	4
2. Порядок выполнения расчета	7
2.1. Эскизирование мидель-шпангоутов различных типов судов	7
2.2. Расчет эквивалентного бруса и определение напряжений в корпусе судна на волнении	8
2.3. Контрольные вопросы	10
3. Пример расчета	11
Библиографический список	14
Приложение А	15
Приложение Б	18
Приложение В	21

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания составлены по теме дисциплины «Конструкция корпуса судов», относящейся к общей продольной прочности корпуса судна.

Данные, необходимые для решения поставленной задачи, студент выбирает для корпуса конкретного архитектурно-конструктивного типа судна по указанию преподавателя из таблиц приложения А.1, А.2, А.3.

Решение должно сопровождаться краткими пояснениями. При этом пересказывать текст учебника не следует.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работы является закрепление теоретических знаний студентов путём практического расчета геометрических характеристик эквивалентного бруса при проверке общей прочности судна.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Предлагается изучить конструктивные мидель-шпангоуты сухогрузных, наливных и навалочных судов, приведённые в альбоме конструктивных мидель-шпангоутов [5].

По указанию преподавателя выполнить 3 эскиза на листах формата А4: мидель-шпангоут сухогрузного, нефтеналивного и навалочного судна.

Материалы, применяющиеся для изготовления корпусных конструкций, регламентируются частью II "Корпус" (раздел 1.2 "Материалы") и должны удовлетворять требованиям XIII "Материалы" Правил Регистра [1].

Для изготовления элементов конструкции корпуса предусматривается применение судостроительных сталей категорий:

– нормальной прочности, категорий А, В, D и E с пределом текучести $R_{ен} = 235$ МПа;

– повышенной прочности, категорий A32, D32, E32 с $R_{ен} = 315$ МПа; A36, D36, E36 с $R_{ен} = 355$ МПа; A40, D40, E40 с $R_{ен} = 390$ МПа.

Элементы конструкций корпуса в зависимости от уровня напряженности, наличия значительной концентрации напряжений, сложности узлов и влияния их на безопасность судна делятся на 3 группы (табл. 1.1).

Для конструкций с высоким уровнем концентрации напряжений, следует применять стали категорий D или E. Сталь категории А не допускается.

Выбор стали для элементов конструкций корпуса, в т.ч. подверженных воздействию низких температур, производится по рис. 1.1 – 1.3.

Т а б л и ц а 1.1

Группы связей элементов конструкций корпуса

Связи корпуса	Группа связи	
	средняя часть	вне средней части
1. Ширстрек, палубный стрингер расчетной палубы 2. Скуловой пояс 3. Настил расчётной палубы в углах вырезов 4. Непрерывные продольные комингсы 5. Переходные участки окончаний продольных стенок надстроек	III	II
6. Прочие пояса расчётной палубы 7. Продольные балки расчётной палубы, ширстрека, продольных стенок подпалубных цистерн 8. Обшивка днища, горизонтальный киль 9. Верхнепоясы продольных переборок 10. Разрезные продольные комингсы расчётной палубы	II	I
11. Наружные продольные связи, обшивка и набор длинных переборок.	II	I
12. Обшивка и набор в районе ледового пояса - судов категории Ice3, Ice2, Ice1; - судов категории Arc7, Arc5 и ледоколов	I II	I II

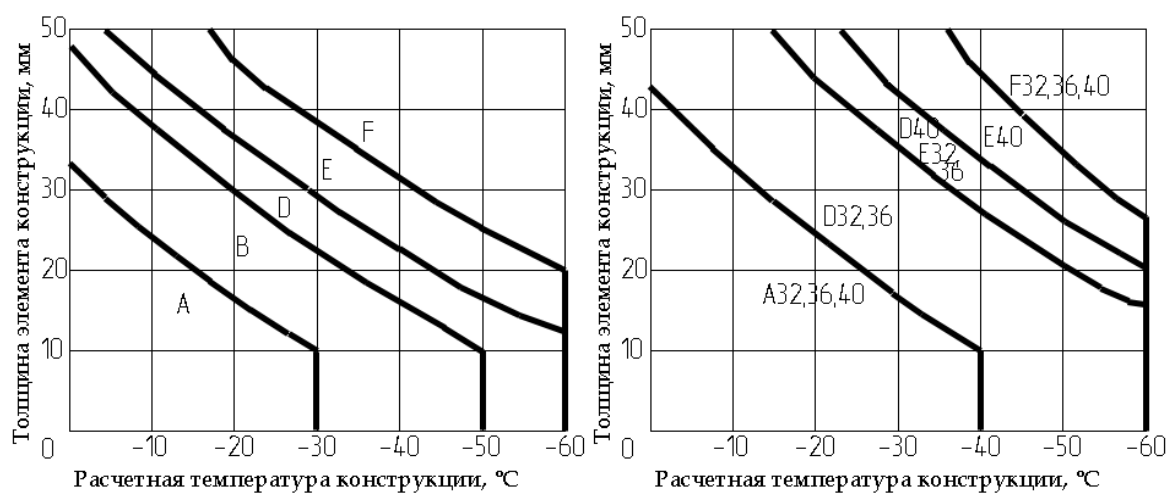


Рис. 1.1. Группа связей I

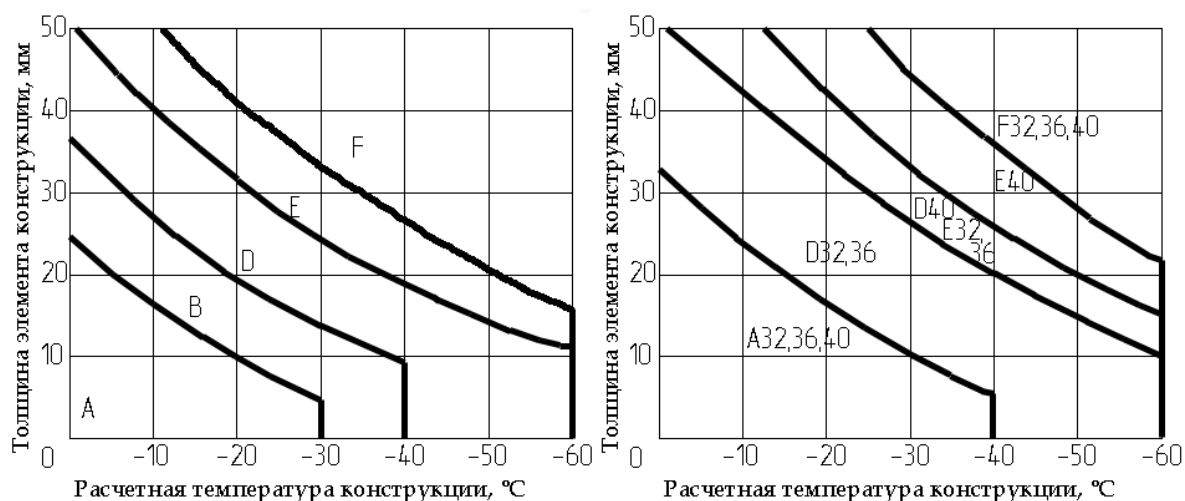


Рис. 1.2. Группа связей II

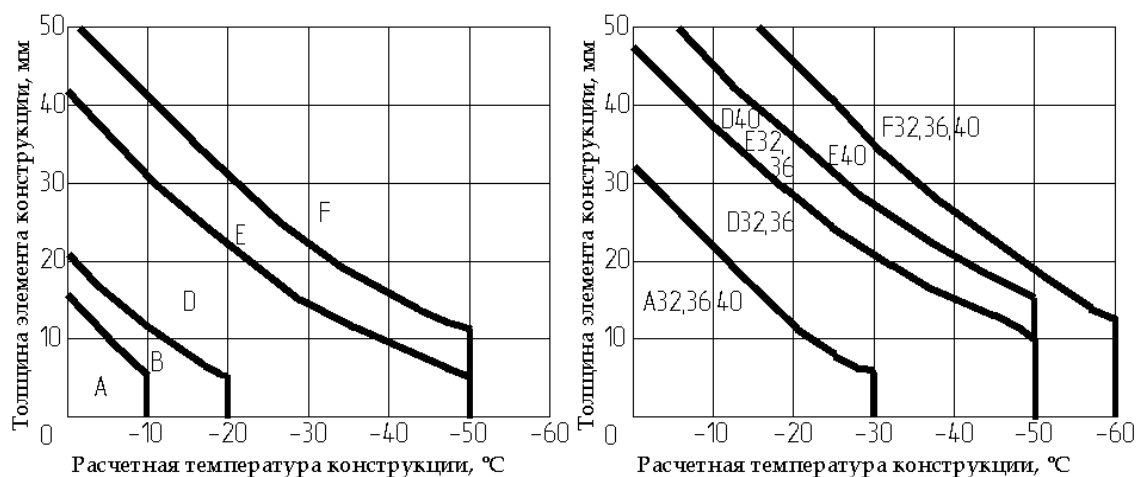


Рис. 1.3. Группа связей III

Корпус судна является сложным пространственным сооружением, состоящим из перекрытий палуб, днища, бортов, продольных и поперечных переборок. Действующие на корпус судна силы веса и силы поддержания воды распределены по длине неравномерно, в результате чего в поперечных сечениях возникают изгибающие моменты и перерезывающие силы, вызывающие общий изгиб судна. Продольный изгибающий момент воспринимается всеми продольными связями корпуса, идущими по всей длине корпуса или по значительной его части (палубы, борта, днище, продольные переборки, балки продольного набора). Схема продольных связей, участвующих в обеспечении общей продольной прочности, приведена на рис. 2.1,а.

Для определения напряжений, действующих в связях корпуса, необходимо определить момент инерции, моменты сопротивления и статический момент расчётного поперечного сечения (например, мидель-

шпангоута), включающего только продольные связи. В расчётах действительное поперечное сечение корпуса судна заменяют совокупностью продольных связей, которую называют эквивалентным брусом (рис. 2.1,б). Он представляет собой условный брус (балку) с поперечным сечением, составленным из поперечных сечений продольных балок, площадь и момент инерции которых равны площади и моменту инерции поперечного сечения корпуса.

Стенкой этого бруса являются вертикальные борта и продольные переборки, а поясками – наружная обшивка днища, второго дна и настилы палуб. Поперечное сечение бруса эквивалентно в смысле сопротивления изгибу, рассматриваемому поперечному сечению корпуса.

Для проверки прочности корпуса при общем продольном изгибе необходимо определить характеристики эквивалентного бруса, составленного для расчётного сечения: момент инерции, моменты сопротивления и статические моменты.

По данным характеристикам рассчитывают максимальные нормальные напряжения в связях рассматриваемого сечения и сравнивают их с допускаемыми. По результатам сравнения даются рекомендации по изменению конструктивных элементов или замене категории материала.

2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТА

2.1. Эскизирование мидель-шпангоутов различных типов судов

Эскизы мидель-шпангоутов выполняются на листах формата А4. Каждый студент должен выполнить 3 эскиза различных типов судов (сухогрузного, наливного, навалочного судна).

Порядок выполнения работы:

а) ознакомиться с конструктивными мидель-шпангоутами. Определить входящие в них связи и элементы (обшивка, балки), установив их размеры и тип;

б) пользуясь альбомами вычертить обводы шпангоутов с нанесением линий палуб, платформ и второго дна;

в) наметить положение и вычертить все продольные связи: днищевые и бортовые стрингеры, карлингсы, комингсы люков и т.п.;

г) вычертить шпангоуты, бимсы, флоры и прочие элементы набора корпуса;

д) показать пазы листов наружной обшивки, палуб, платформ, второго дна и межсекционные монтажные пазы;

е) выполнить все необходимые надписи чертежным шрифтом.

2.2. Расчет эквивалентного бруса и определение напряжений в корпусе судна на волнении

1. По выбору преподавателя для одного из выполненных эскизов типов судов определяются главные размерения.

2. Используя выбранный мидель-шпангоут, составить схему продольных связей, участвующих в обеспечении общей продольной прочности судна (эквивалентный брус), рис. 2.1,а.

3. Выбрать материал корпуса судна.

4. Вычислить водоизмещение судна, т

$$\Delta = L \cdot B \cdot d \cdot C_b \cdot \gamma ,$$

где $\gamma = 1,025 \text{ т/м}^3$;

C_b – коэффициент общей полноты судна;

$C_b = 0,8$ – для танкеров; $0,75$ – для сухогрузных и навалочных судов;

$0,6$ – для промысловых судов.

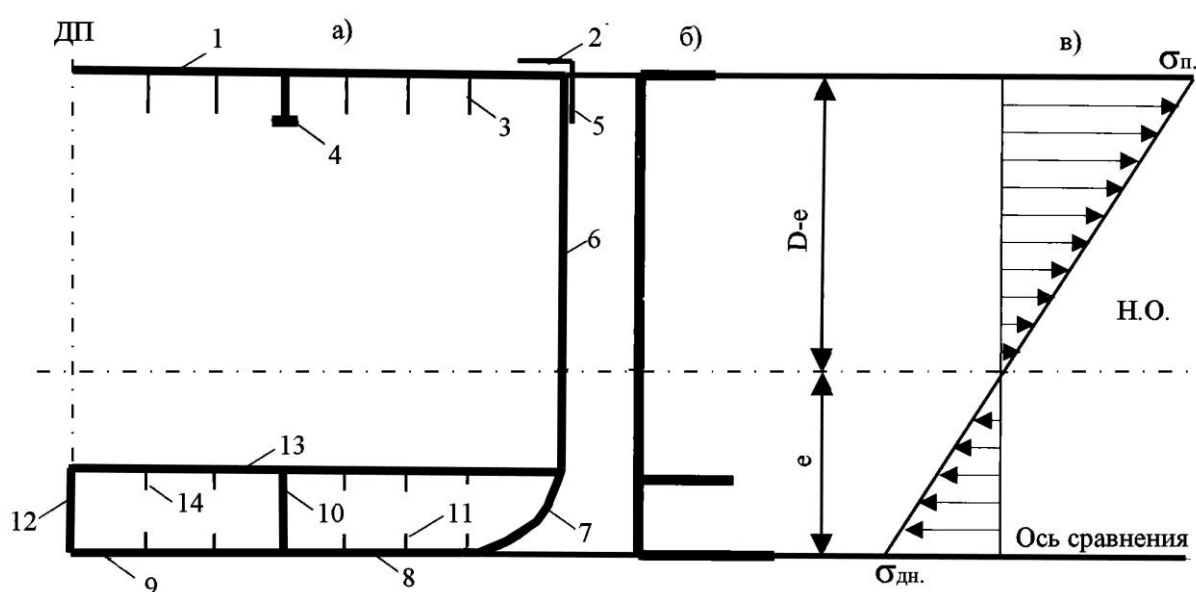


Рис. 2.1. Схема поперечного сечения корпуса судна:

а – продольные связи; б – эквивалентный брус;

в – распределение нормальных напряжений по высоте корпуса

(эквивалентного бруса). 1 – лист настила верхней палубы;

2 – палубный стрингер; 3 – продольные подпалубные балки; 4 – карлингс;

5 – ширстрек; 6 – обшивка борта; 7 – скуловой лист; 8 – обшивка днища;

9 – горизонтальный киль; 10 – днищевой стрингер; 11 – продольные

балки днища; 12 – вертикальный киль; 13 – настил второго дна;

14 – продольные балки второго дна

5. Вычислить изгибающий момент, возникающий в корпусе на волнении, по приближённой формуле, кН·м.

$$M = \frac{\Delta \cdot L}{K},$$

где $K = 40$ – для сухогрузного и навалочного судов;

$K = 35$ – для танкера.

Момент положительный при положении на вершине волны и отрицательный при положении судна на подошве волны.

6. Вычислить характеристики эквивалентного бруса в табличной форме (табл. 2.1).

Собственные моменты инерции следует учитывать только для связей, ориентированных вертикально и имеющих сравнительно большую высоту (вертикальный киль, обшивка борта и т.д.) по формулам, $\text{см}^2\text{м}^2 [\text{м}^4]^*$.

$$\text{Для прямоугольного сечения } i = \frac{Fh^2}{12}.$$

$$\text{Для скулового листа } i = 0,096 \cdot r^2 F,$$

где F – площадь связи, $\text{см}^2 [\text{м}^2]$;

h – высота связи, м;

r – радиус закругления скулы, м.

*Здесь и далее в тексте и обозначениях физические величины показаны в единицах, принятых в судостроении, а в квадратных скобках приведены физические величины в единицах СИ.

По результатам расчётов в табл. 2.1 определяются характеристики эквивалентного бруса.

Отстояние нейтральной оси от оси сравнения, м

$$e = \frac{B}{A}.$$

Момент инерции относительно нейтральной оси, $\text{см}^2\text{м}^2 [\text{м}^4]$

$$I_{HO} = 2 \cdot \left(C - \frac{B^2}{A} \right).$$

Моменты сопротивления поперечного сечения относительно палубы и днища, $\text{см}^3 [\text{м}^3]$

$$W_{\Pi} = \frac{I_{HO}}{H - e}; \quad W_{\text{Д}} = \frac{I_{HO}}{e}.$$

7. Вычислить напряжение в основных связях корпуса по формуле, МПа

$$\sigma_i = \frac{M}{I_{HO}} Z_i,$$

где Z_i – отстояние рассматриваемой связи от нейтральной оси, м.

Т а б л и ц а 2.1

Вычисление геометрических характеристик эквивалентного бруса

Наименование связи	Размер $b \cdot t$, мм [м]	Площадь сечения F_i , см ² [м ²]	Отстояние от оси сравне- ния Z_i , м	Моменты			Напряжение от обще- го изгиба	
				Статический $F_i \cdot Z_i$, см ² ·м [м ³]	Переносный $F_i \cdot Z_i^2$, см ² ·м ² [м ⁴]	Собственный i_i , см ² ·м ² [м ⁴]	На вершине волны σ_v , МПа	На подошве волны σ_n , МПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Лист настила ВП	1600*13	208,0	12,6	2621	33022		66,9	6,5
2. Палуб- ный стрингер								
...								
14. Про- дольные балки II дна	5*8,63	43,2						
Σ		A		B	C			

Сравнить полученные напряжения в связях с допускаемыми напряжениями $\sigma_{\text{доп}}$, МПа: $\sigma_i \leq \sigma_{\text{доп}}$.

Допускаемые напряжения принять:

$\sigma_{\text{доп}} = 0,5 \cdot R_{EH}$ – для сухогрузных и навалочных судов;

$\sigma_{\text{доп}} = 0,45 \cdot R_{EH}$ – для наливных судов,

где R_{EH} – предел текучести стали, МПа.

Сделать заключение об общей прочности корпуса судна.

При невыполнении данного условия дать рекомендации по изменению конструктивных элементов корпуса судна или замене марки материала. На рис. 2.1, в показать распределение нормальных напряжений по высоте поперечного сечения корпуса судна (эквивалентного бруса).

Исходные данные для расчета эквивалентного бруса приведены для судов различного архитектурно-конструктивного типа в таблицах приложения А.1, А.2, А.3.

2.3. Контрольные вопросы

1. Как выбрать марку материала для корпусных конструкций?

2. Как рассчитать минимальные толщины связей корпуса судна по Регистру?
3. Какие силы действуют на корпус судна?
4. Что такое эквивалентный брус?
5. Назвать геометрические характеристики эквивалентного бруса.
6. В чем заключается условие прочности?
7. Какие можно дать рекомендации к конструкции корпуса, если условие прочности не выполняется?

3. ПРИМЕР РАСЧЕТА

Танкер предназначен для перевозки сырой нефти.

Судно морское самоходное, со стальным сварным корпусом, нормальных образований, однопалубное, с кормовым расположением МКО.

Судно спроектировано по Правилам классификации и постройки морских судов на класс: КМ★ Ice2 R1 [1] Aut1 Oiltanker.

Главные размерения:

$$L = 108,5 \text{ м.}$$

$$B = 16 \text{ м.}$$

$$d = 5,8 \text{ м.}$$

$$D = 7,8 \text{ м.}$$

Основной материал корпуса – сталь категории А32, $R_{eH} = 315 \text{ МПа}$.

Система набора продольная.

Нормальная шпация в средней части судна считается и определяется по формуле:

$$a_o = 0,002 L + 0,48, \text{ м;}$$

$$a_o = 0,002 * 108,5 + 0,48 = 0,697 \text{ м.}$$

Принимаем $a_o = 0,7 \text{ м}$ в средней части судна.

Вычислим водоизмещение судна, т.

$$\Delta = L * B * d * C_b * \gamma = 108,5 * 16 * 5,8 * 0,8 * 1,025 = 8256,4 \text{ т} \\ = 8256,4 * 10^3 \text{ кг}$$

C_b - коэффициент общей полноты судна, $C_b = 0,8$ для танкеров.

Вычисляем изгибающий момент, возникающий в корпусе на волнении, по приближенной формуле, кН*м

$$M = \frac{\Delta * L}{K} = \frac{8256,4 * 108,5}{35} = -25594,8 \frac{\text{т} * \text{м}}{\text{с}^2} * \text{м} \\ = -25594,8 * 10^4 \left[\frac{\text{кг} * \text{м}}{\text{с}^2} \text{м} \right] = -25594,8 \text{ кН} * 10^4 \text{ кН} * \text{м}$$

где $K = 35$ - для танкера.

Расчет эквивалентного бруса выполняется в табл. 3.1

Отстояние нейтральной оси от оси сравнения:

$$L_{н.о.} = B / A,$$

где A – сумма площадей продольных связей.

Собственный момент инерции учитывается только для связей, ориентированных вертикально и имеющих сравнительно большую высоту – листы вертикального киля, ширстрек, обшивка борта, палубный стрингер, скуловой пояс, днищевой стрингер.

Для прямоугольного сечения:

$$i = \frac{Fh^2}{12}.$$

Для скулового листа, заменяя его одной четвертой окружности:

$$i = 0,096 \cdot r^2 F,$$

где F – площадь связи, см^2 [м^2];

h – высота связи, м;

r – радиус закругления скулы, м.

Отстояние нейтральной оси от оси сравнения:

$$e = \frac{B}{A} = 3,87 \text{ м.}$$

Момент инерции сечения относительно нейтральной оси:

$$I_{HO} = 2 * \left(C - \frac{B^2}{A} \right) = 2 * \left(122591,47 - \frac{(19558,55)^2}{5048,3} \right) = 93632 \text{ см}^2\text{м}^2 \\ = 93632 * 10^{-4} \text{ м}^4$$

Моменты сопротивления поперечного сечения относительно палубы и днища, см^3 [м^3]

$$W_{\Pi} = \frac{I_{HO}}{H - e} = \frac{93632}{7,800 - 3,87} = 23824,9 \text{ см}^2\text{м} = 23824,9 * 10^{-4} \text{ м}^3;$$

$$W_{\text{д}} = \frac{I_{HO}}{e} = \frac{93632}{3,87} = 24194,3 \text{ см}^2\text{м} = 24193,3 * 10^{-4} \text{ м}^3$$

Напряжения в основных связях корпуса, МПа, вычисляются в табличной форме, табл. 3.1

$$\sigma_i = \frac{M}{I_{HO}} Z_i \left[\frac{\text{Н} * \text{м} * \text{м}}{\text{м}^4} \right] = \left[\frac{\text{Н}}{\text{м}^2} \right] = [\text{Па}],$$

где Z_i – отстояние рассматриваемой связи от нейтральной оси, м.

Т а б л и ц а 3.1

Расчет эквивалентного бруса

Наименование связи	Размер t*b, мм [м]	Площадь сечения $F_i, \text{см}^2 [\text{м}^2]$	Отстояние от оси сравнения $Z_i, \text{м}$	Моменты			Напряже- ние от общего
				Статический $F_i * Z_i, \text{см}^2 \text{м} [\text{м}^3]$	Переносный $F_i * Z_i^2, \text{см}^2 \text{м}^2 [\text{м}^4]$	Собственный $i_i \text{см}^2 \text{м}^2 [\text{м}^4]$	
1	2	3	4	5	6	7	8
1. Настил ВП	11*6200	682	7,7945	5315,849	41434,4		-107,1
2. Палубный стрингер	14*1800	252	7,7943	1964,214	15310,1		-105,7
3. Ширстрек	16*1800	288	6,9	1987,2	13711,7	1142,64	-82
4. НО борта	12*4450	534	3,775	2015,85	7609,83	634,15	-2,6
5. Скула	12*2433	292	0,775	226,3	175,38	67,34	84,5
6. НО днища	14*5450	763	0,007	5,341	0,037		105,4
7. ГК	18*1000	180	0,008	1,44	0,0115		105,4
8. ВК	14*1800	252	0,9	22,68	20,412	17,01	81
9. Поясок ГК	24*400	96	1,812	173,952	315,20		56,2
10. Отбой- ный лист	11*1450	159,5	7,075	1128,463	7983,88	665,323	-87,5
11. Поясок отбойного листа	16*150	24	6,342	152,208	965,303		-67,4
12. Бортовой стрингер x2	11*600	66	3,9	514,8	2007,72		-8,2
13. РЖ дни- ща	9 шт	21,6	0,0975	18,954	1,848		103
14. РЖ ВП	10 шт	21,6	7,7025	1663,74	12814,96		-104,6
15. РЖ ВК	2 шт	21,6	0,9	38,88	35		-81,1
16. РЖ от- бойного ли- ста x2	-	21,6	7,075	305, 64	2162,4		-87,5
17. Гофр. переборка	10*8970	897		4023,045	18043,4	1503,61	-16,8
Σ		A = =5048,3		B = = 19558,55	C = 122591,47		

Сравнить полученные напряжения в связях с допускаемыми напряжениями $\sigma_{доп}$, МПа:

$$\sigma_i \leq \sigma_{доп}.$$

Допускаемые напряжения принять:

$$\sigma_{don} = 0,45 \cdot R_{EH} - \text{для наливных судов,}$$

где R_{EH} – предел текучести стали, МПа;
 $R_{EH} = 315$ МПа.

$$\sigma_{don} = 0,45 \cdot R_{EH} = 141,75.$$

Вывод: расчетные напряжения в связях корпуса меньше допускаемых, то есть условие прочности выполняется.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Правила классификации и постройки морских судов. Российский морской регистр судоходства. – СПб.: Российский морской регистр судоходства, 2015. – Т.1. – 502 с.
2. Кузьмина А.В. Конструкция стационарных и плавучих сооружений: учеб. пособие/ А.В. Кузьмина, В.Р. Душко, В.С. Игнатович, М.Г. Балашов. – Севастополь: СевНТУ, 2013. – 212 с.: ил.
3. Барабанов Н.В. Конструкция морских судов / Н.В. Барабанов, Г.П. Турмов. – СПб.: Судостроение, 2002. – Т.1. – 448 с.
4. Барабанов Н.В. Конструкция морских судов / Н.В. Барабанов, Г.П. Турмов. – СПб.: Судостроение, 2002. – Т.2. – 472 с.
5. Альбом конструктивных мидель-шпангоутов: учеб. пособие. – Л.: ЛКИ, 1970. – 136 с.

Информационные ресурсы

1. <http://www.twirpx.com/files/transport/shipbuilding/>
2. <http://deckofficer.ru/seasoft/item/hull>
3. <http://nashaucheba.ru/>
4. <http://korabley.net/news/>

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Т а б л и ц а А.1

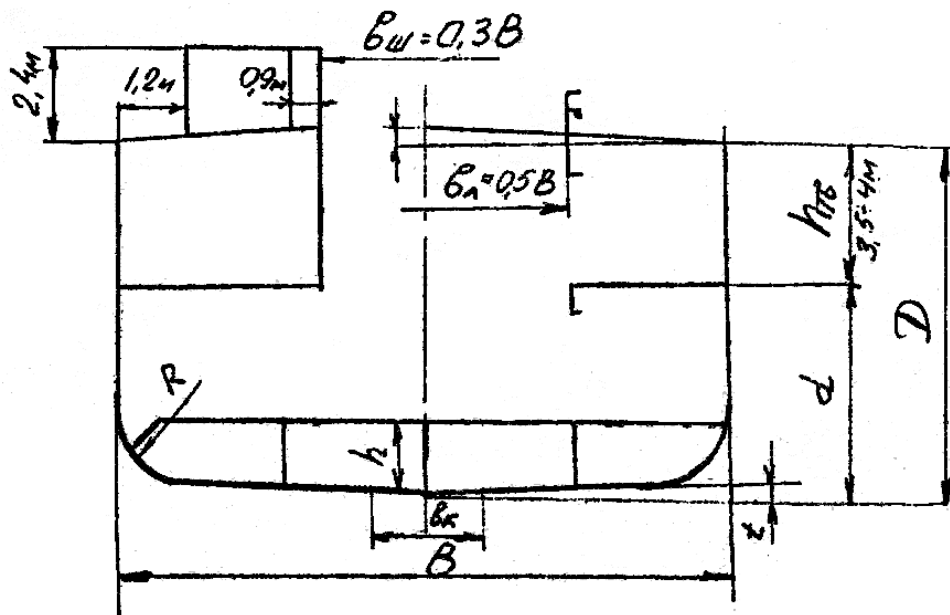
Основные характеристики сухогрузных судов

Характеристики		Сухогрузное судно									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Длина, м	L	140	148	143	142	91	145	141	110	156	95
Ширина, м	B	20,0	21,0	20,5	23,0	14,0	22,0	22,8	14,8	21,8	14,3
Высота борта, м	D	12,0	12,6	11,8	14,4	8,0	12,3	14,2	8,6	12,9	7,1
Осадка, м	d	7,5	8,0	6,9	8,4	5,5	7,9	8,1	6,2	9,4	6,5
Водоизмещение полное, т	x103	13,7	16,2	13,2	17,8	4,6	16,4	16,9	6,6	21,5	6,37
Водоизмещение порожнем, т	x103	4,6	5,4	4,4	5,9	1,5	5,5	5,6	2,2	10,1	3,0
Палубы (количество)	n1	1	2	1	2	2	1	2	2	2	1
Расположение	МО	К*	Пр**	К	Ср**	К	К	К	К	К	К
Ширина люка	b1	0,5B									
Ширина шахты	b2	0,3B									
Радиус скулы	Rc	0,9 высоты двойного дна									
Категория подкреплений	***	Ice2	Arc4	Ice3	Arc4	Ice2	Ice3	Arc4	Arc4	Ice3	Arc4
Район эксплуатации		R1	R2	R1	R2	R1	R1	R2	R1	R1	R2
Подъем линии днища	t	0,15	0,16	0,14	0,17	0,11	0,16	0,16	0,17	0,16	0,16

* Кормовое расположение машинного отделения (МО).

** Промежуточное, среднее расположение машинного отделения (МО).

*** По Правилам Регистра.



Т а б л и ц а А.2

Основные характеристики наливных судов

Характеристики		Наливное судно									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Длина, м	L	150	195	213	174	215	165	182	208	188	214
Ширина, м	B	21,0	27,0	32,0	23,4	31,0	23,0	24,3	28,2	25,8	31,0
Высота борта, м	D	11,2	14,2	15,2	12,5	15,5	12,4	13,8	14,2	13,7	15,4
Осадка, м	d	8,0	10,5	11,0	9,0	11,3	9,5	10,5	11,0	10,7	11,6
Водоизмещение полное, т	x103	20,7	45,3	61,5	30,1	61,8	29,6	38,1	52,9	39,7	62,6
Водоизмещение порожнем, т	x103	6,9	15,1	20,5	10,0	20,6	9,9	12,7	17,6	12,6	17,8
Продольные переборки	n2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Расположение	MO	K*	K	K	K	K	K	K	K	K	K
Ширина шахты	b2	0,3B									
Радиус скулы	Rc	0,9 высоты двойного дна									
Категория подкреплений	***	Ice2	Arc4	Ice3	Arc4	Ice2	Ice3	Arc4	Ice3	Ice2	Arc4
Район эксплуатации	***	R1	R2	R1	R2	R1	R1	R2	R1	R1	R2

* Кормовое расположение машинного отделения (МО).

** Промежуточное, среднее расположение машинного отделения (МО).

*** По Правилам Регистра.

Т а б л и ц а А.3

Основные характеристики навалочных судов

Характеристики		Навалочное судно									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Длина, м	L	215	186	180	172	181	190	178	204	189	201
Ширина, м	B	31,0	27,6	28,0	22,8	20,5	29,5	23,4	28,5	27,2	31,8
Осадка, м	d	11,0	10,0	11,2	9,1	9,4	12,3	10,2	12,4	10,0	12,3
Высота борта, м	D	16,0	15,6	16,0	13,6	14,4	16,8	14,6	15,9	15,6	16,9
Водоизмещение полное, т	$\times 10^3$	58,7	41,1	45,2	28,6	36,1	54,6	34,0	57,7	45,4	64,7
Водоизмещение порожнем, т	$\times 10^3$	19,6	13,7	15,1	9,5	12,0	18,2	11,3	19,2	12,2	16,8
Палубы (количество)	n1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Расположение	МО	К*	К	К	К	К	К	К	К	К	К
Ширина люка	b1	0,4B	0,5B	0,4B	0,5B	0,4B	0,5B	0,4B	0,5B	0,5B	0,5B
Ширина шахты	b2	0,25B									
Радиус скулы	Rc	0,9 высоты двойного дна									
Подпалубная цистерна	Нп	0,25B									
Скуловая цистерна	Нс	0,3D									
Отстояние цистерны	h3	0,35D									
Категория подкреплений	***	Ice2	Arc4	Ice3	Arc4	Ice2	Ice3	Arc4	Ice3	Ice2	Arc4
Район эксплуатации	***	R1	R2	R1	R2	R1	R1	R2	R1	R1	R2

* Кормовое расположение машинного отделения (МО).

** Промежуточное, среднее расположение машинного отделения (МО).

*** По Правилам Регистра.

$$\alpha = 30^0; \beta = 45 - 55^0$$

$$b_n = (0,4 \div 0,5) \cdot B$$

$$b_1 = (0,7 \div 0,75) \cdot B$$

$$b_2 = (0,1 \div 0,15) \cdot B$$

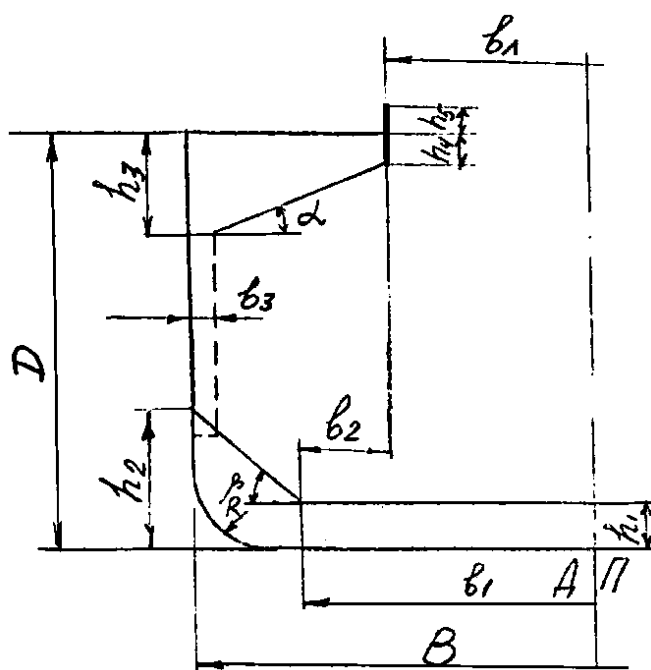
$$b_3 = (0,8 \div 1,2) \text{ м}$$

$$h_1 = (0,11 \div 0,13) \cdot D$$

$$h_2 = (0,35 \div 0,37) \cdot D$$

$$h_3 = (0,2 \div 0,3) \cdot D$$

$$h_4 = (1,6 \div 2,00) \text{ м}$$



ПРИЛОЖЕНИЕ Б

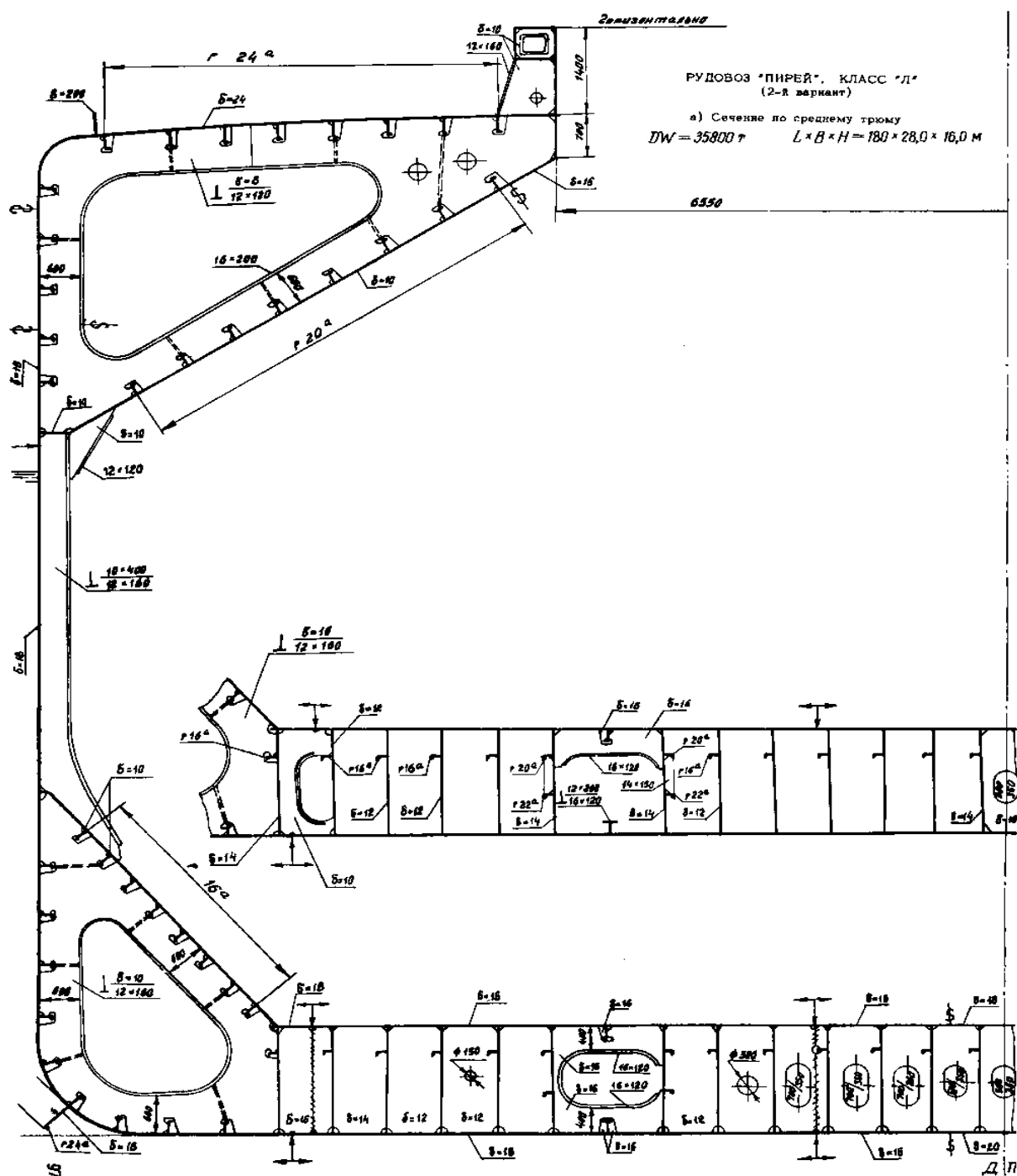


Рис. Б.1. Эскиз мидель-шпангоута навалочного судна

СУХОГРУЗНЫЙ ТЕПЛОХОД С ДВОЙНЫМИ БОРТАМИ, КЛАСС "Л",
ОГРАНИЧЕННЫЙ РАЙОН ПЛАВАНИЯ
(финской постройки)

Перевозка ген.груза, зерна, леса

а) Сечение по сплошному флору

$DW=1915 \text{ т}$

$L \times B \times H = 86 \times 12,0 \times 5,10 \text{ м}$

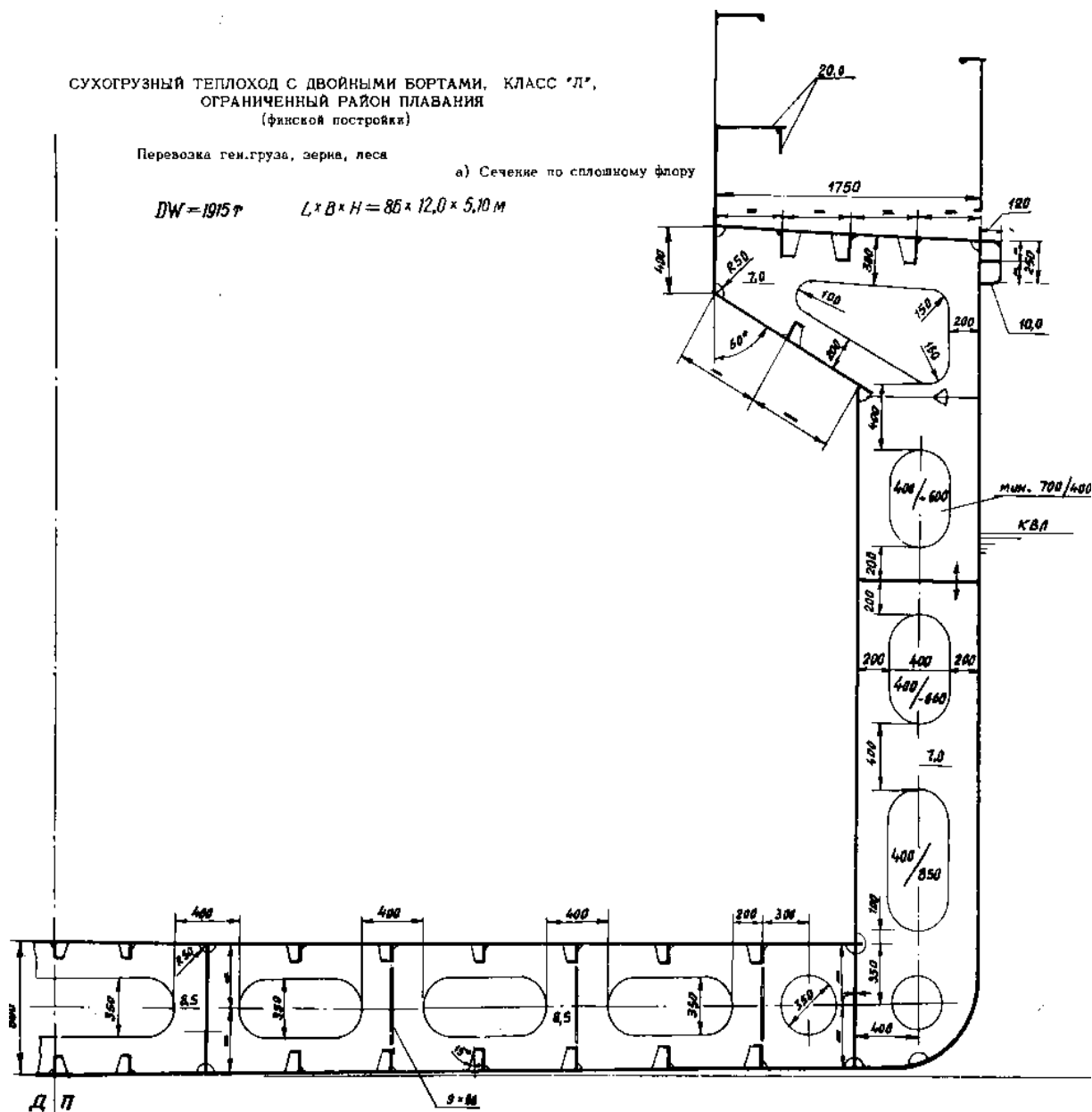


Рис. Б.2. Эскиз мидель-шпангоута сухогрузного судна

[illegible]

20

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Форма титульного листа

Федеральное государственное автономное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Севастопольский государственный университет»
Институт кораблестроения и морского транспорта
Кафедра «Океанотехника и кораблестроение»

РАСЧЁТНО-ГРАФИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

ПО _____
(название дисциплины)

Тема: _____

Студента (ки) _____ курса, группы

(фамилия и инициалы)

Преподаватель

(должность, ученое звание, ученая степень, фамилия
и инициалы)

Количество баллов: ____ оценка: ECTS

(подпись) (фамилия и инициалы)

Севастополь
20__ год

**РАСЧЁТ ЭКВИВАЛЕНТНОГО БРУСА
И ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ
В КОРПУСЕ СУДНА НА ВОЛНЕНИИ**

*Методические указания
к выполнению практического занятия*

Составители: **Кузьмина** Анна Валентиновна,
Балашов Михаил Георгиевич

Технический редактор – *Р.В. Дмитриева*

Подписано к печати 01.11.16. Изд. № 193/15. Зак. 184/2016. Тираж 50 экз.
Объем 1,5 п.л. Усл.печ. л. 1,39. Уч.-изд. л. 1,47.
Формат бумаги 60 x 84 1/16

РИИЦМ ФГАОУВО «Севастопольский государственный университет»