



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ДГТУ)**

КАФЕДРА «ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ КОРАБЛЕСТРОЕНИЯ И
ВОДНОГО ТРАНСПОРТА»

Методические указания

по выполнению контрольной работы № 1, 2
по дисциплине «Основы классификации и технического наблюдения за
судами и плавучими объектами»

Ростов-на-Дону

2025 г.

Составитель: к.т.н., доцент Косенко Е.Е.,

Методические указания по выполнению контрольной работы № 1, 2 по дисциплине «Основы классификации и технического наблюдения за судами и плавучими объектами», ДГТУ, г. Ростов-на-Дону, 2025 г.

В методических указаниях изложены рекомендации по изучению основных вопросов темы, требования к структуре, содержанию и оформлению контрольной работы № 1, 2.

Предназначено для обучающихся заочной формы обучения для направления подготовки 26.03.02 Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской инфраструктуры.

Ответственный за выпуск:

Зав. кафедрой «Техника и технологии кораблестроения и водного транспорта»
Косенко Е.Е.

1. Цель и задачи дисциплины

Целью освоения дисциплины «Проектирование судов и объектов морской инфраструктуры» является усвоение аспирантами начальных знаний по конструкции корпуса морских судов; общее ознакомление с основными конвенционными требованиями к морским судам.

Задачей освоения дисциплины «Конструкция корпуса морских судов» является получение первичных знаний о технической эксплуатации корпусов морских судов.

2. Место дисциплины в структуре программы

Рабочая программа дисциплины «Конструкция корпуса морских судов» разработана для аспирантов 2 курса, обучающихся по научной специальности 2.5.19. Технология судостроения, судоремонта и организация судостроительного производства (уровень подготовки кадров высшей квалификации).

Дисциплина «Конструкция корпуса морских судов» является элективной дисциплиной и относится к образовательному компоненту учебного плана по научной специальности 2.5.19. Технология судостроения, судоремонта и организация судостроительного производства, осваивается на 2 курсе. Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 2 з.е. (72 часа). Учебным планом предусмотрено 16 часов аудиторной работы, включая лекционные занятия – 8 часов, практические занятия – 8 часов, самостоятельная работа – 56 часов, контроль – зачет.

Для освоения дисциплины используются знания, умение и навыки, полученные при освоении образовательных программ специалитета и магистратуры. Содержание дисциплины основывается на подготовке по математике и физике, инженерной графике, технологии конструкционных материалов и сопротивлению материалов.

Знания, умения и навыки, приобретенные аспирантами при освоении дисциплины, будут использованы в ходе освоения дисциплины «Технология судостроения, судоремонта и организация судостроительного производства», а также при прохождении научно-исследовательской практики, выполнении научной деятельности, направленной на подготовку диссертации к защите.

Рабочая программа дисциплины «Конструкция корпуса морских судов» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких аспирантов.

3. Планируемые результаты освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины «Конструкция корпуса морских судов» аспирант должен:

Знать:

- основы устройства и конструкции морских судов;
- основные методы расчета балок судового набора;
- методы расчета судовых перекрытий.

Уметь:

- пользоваться справочными материалами и документами РС;
- строить эпюры нагрузок;
- применять дифференциальные методы расчета общей и местной прочности.

Владеть:

- технической терминологией по устройству и конструкции судов;
- физическими методами нагружения корпуса судна в ремонте и эксплуатации;
- методами расчета корпуса судна по правилам РС.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

№ п/п	Раздел дисциплины	Трудоемкость раздела	Виды учебной работы аспирантов (в часах), в том числе			Формы контроля
			в форме аудиторной работы		в форме самостоятельной работы	
			Л	ПЗ	СР	
Объем дисциплины в часах:						72
Объем дисциплины в зачетных единицах (кредитах):						2
2 курс						
1	Основные элементы конструкции корпуса морских судов	19	2	2	15	контрольная работа
2	Общая и местная прочность корпусов судов	19	2	2	15	контрольная работа
3	Конструкция и работа элементов судовых перекрытий	34	4	4	26	контрольная работа
Всего:		72	8	8	56	-
Форма промежуточной аттестации за 2 курс:						Зачет

Условные обозначения:

Л – лекционные занятия;

ПЗ – практические занятия;

СР – самостоятельная работа

5. Структура и содержание дисциплины по разделам

Темы лекций

Номер раздела	Тема/содержание лекции	Количество часов
1	2	3
1	Архитектурно-конструктивные типы судов. Пояска наружной обшивки. Продольный разрез корпуса судна и растяжка наружной обшивки.	2
	Классификация судов и элементы их поперечных сечений.	
2	Физические основы общей продольной прочности и ее нормирования. Стандарт общей продольной прочности.	2
	Физические основы местной прочности корпусов судов и ее нормирования.	
3	Основные принципы работы элементов набора в составе судовых перекрытий.	4
Итого:		8

Темы практических заданий

Номер раздела	Тема/содержание практического занятия	Количество часов
1	Растяжка наружной обшивки, пояска наружной обшивки. Продольный разрез. Элементы поперечных сечений судов.	2
2	Конструкция корпуса и судостроительные материалы. Расчеты общей и местной прочности корпуса судна.	2
3	Расчеты элементов судовых перекрытий.	4
Итого:		8

Самостоятельная работа

Номер раздела	Наименование/содержание работ	Количество часов
1	Изучение литературы, выполнение контрольной работы по теме «Построение растяжки наружной обшивки».	15
2	Изучение литературы, выполнение контрольной работы по теме «Выбор элементов поперечного сечения корпуса судна».	15
3	Изучение литературы, выполнение контрольной работы по теме «Расчет эквивалентного бруса в первом приближении».	26
Итого:		56

6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

6.1. Основная литература

1. Эксплуатационная прочность судов [Электронный ресурс]: учебник для вузов / Е. П. Бураковский, Ю. И. Нечаев, П. Е. Бураковский, В. П. Прохнич. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 404 с. Режим доступа: URL <https://e.lanbook.com/book/166928>

2. Даманский Д.В. Исследование методологии моделирования корпусных судовых конструкций в САД системе КОМПАС-3D [Электронный ресурс]/ Д. В. Даманский; Комсомольский-на-Амуре государственный университет, – Комсомольск-на-Амуре, 2022. – 102 с.– Режим доступа: URL <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=692414>
3. Гирин, С. Н. Строительная механика и прочность корабля [Электронный ресурс]: учебное пособие / С.Н. Гирин, А.М. Фролов. – Нижний Новгород: ВГУВТ (Волжский государственный университет водного транспорта), 2011. – 260 с. – Режим доступа: URL http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=44853.
4. Кеслер, А. А. Теория и устройство судна. Часть 1 [Электронный ресурс]: учебное пособие. – Нижний Новгород: ВГУВТ (Волжский государственный университет водного транспорта), 2012. – 68 с. – Режим доступа: URL http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=44871.
5. Жинкин В. Б. Теория и устройство корабля [Электронный ресурс]: учебник для вузов / В. Б. Жинкин. – 5-е изд., испр. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2022. – 379 с. – Режим доступа: URL <https://urait.ru/bcode/494164>.
6. Правила классификации и постройки морских судов [Электронный ресурс]. – Морской Регистр Судоходства. – СПб.: РС, 2022 – 286 с. – Режим доступа: URL <https://lk.rs-class.org/regbook/rules?a=circular>
7. Конструкция корпуса морских судов в 2х томах – Барабанов Н.В. И др.. СПб.: Судостроение., 1993. – 445+473 с.
8. Конструкция корпуса морских судов [Текст]: учебник для вузов в 2х томах/Н.В. Барабанов. – Изд. 5-е, перераб. и доп. – СПб.: Судостроение, 2002. – 448,472 с.

6.2. Дополнительная литература

1. Худяков С. А. Техническая эксплуатация флота [Электронный ресурс]: учебное пособие / С. А. Худяков. – Владивосток: МГУ им. адм. Г.И. Невельского, 2010. – 110 с. – Режим доступа: URL <https://e.lanbook.com/book/20072>
2. Гаврилов В.С. Управление технической эксплуатацией морского флота [Текст]: учебник для морских вузов / В. С. Гаврилов, М. М. Гальперин. – 2-е изд., перераб и доп. – М.: Транспорт, 1987. – 300 с.
3. Москаленко М.А. Устройство и оборудование транспортных средств [Текст]: учебник / М.А. Москаленко, И.Б. Друзь, А.Д. Москаленко. – Владивосток: Мор. гос. ун-т, 2010.– 193с.
4. Сизов В.Г. Теория корабля [Текст]: учеб.пособие / В.Г. Сизов. – Одесса: ФЕНИКС, 2003. – 284с.
5. Барабанов Н.В., Турмов Г.П. Конструкция корпуса морских судов [Текст]: учебник в двух томах. Т.2. – СПб.: Судостроение, 2002. – 472 с.
6. Васильев А.Л. Вопросы проектирования конструкций корпуса судов. Системы набора перекрытий корпуса. Выбор шпации [Текст]: учеб.

пособие. – СПб.: Изд. Центр СПбГМТУ, 2000. – 64 с.

7. Лазарев В.Н., Юношева Н.В. Проектирование конструкций судового корпуса и вопросы прочности судов [Текст]: учебник. – Л.: Судостроение, 1989. – 320с.

8. Справочник по судостроительному черчению [Текст]/ Матвеев В.Г., Борисенко В.Д. и др. – Л.: Судостроение, 1983. – 248с.

9. Москаленко М.А. Проектирование геометрических характеристик поперечного сечения корпуса морского судна [Текст]/ М.А. Москаленко. – Владивосток: Мор.гос.ун-т, 2022. – 22 с.

10. Москаленко М.А. Расчет общей продольной прочности корпуса судна в первом приближении [Текст]/ М.А. Москаленко. – Владивосток: Мор.гос.ун-т, 2022.– 19с.

11. ОСТ 5.9324-89 «Точность изготовления узлов и секций корпуса»

12. ОСТ 5.9912-83 «Корпуса стальных надводных судов. Типовые технологические процессы изготовления узлов и секций корпуса»

13. ОСТ 5Р.9091-2002 «Изготовление стальных деталей корпусов металлических судов»

6.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

№ п/п	Наименование информационного ресурса	Ссылка на информационный ресурс
1	Университетская библиотека Online	https://biblioclub.ru/
2	ЭБС "Юрайт"	https://urait.ru/
3	ЭБС "Лань"	https://e.lanbook.com/
4	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	http://elibrary.ru
5	Сайт для кораблестроителей	http://deckofficer.ru/titul/study/item/sovrem
6	ГНИНГИ	http://www.gningi.ru/index.php/publications/navigation-on-and-gidrographiy
7	КиберЛенинка	http://cyberleninka.ru/
8	ООО «Международный Центр Качества»	http://files.stroyinf.ru/
9	Открытая база ГОСТов	http://standartgost.ru/
10	Электронная библиотека «Электронные книги – источник знаний XXI века»	http://eknigi.org/

6.4. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

№ п/п	Наименование информационного ресурса	Ссылка на информационный ресурс
1	Справочно-правовая система «КОНСУЛЬТАНТ ПЛЮС»	www.consultant.ru/

6.5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов по дисциплине

Формами самостоятельной работы аспиранта по дисциплине являются чтение учебной и научной литературы в процессе подготовки к практическим занятиям:

1. Москаленко М.А. Устройство и оборудование транспортных средств [Текст]: учебник / М.А. Москаленко, И.Б. Друзь, А.Д. Москаленко. – Владивосток: Мор. гос. ун-т, 2010. – 193с.
2. Сизов В.Г. Теория корабля [Текст]: учеб.пособие / В.Г. Сизов. – Одесса: ФЕНИКС, 2003. – 284с.
3. Барабанов Н.В., Турмов Г.П. Конструкция корпуса морских судов [Текст]: учебник в двух томах. Т.2. – СПб.: Судостроение, 2002. – 472 с.
4. Васильев А.Л. Вопросы проектирования конструкций корпуса судов. Системы набора перекрытий корпуса. Выбор шпации [Текст]: учеб. пособие. – СПб.: Изд. Центр СПбГМТУ, 2000. – 64 с.
5. Лазарев В.Н., Юношева Н.В. Проектирование конструкций судового корпуса и вопросы прочности судов [Текст]: учебник. – Л.: Судостроение, 1989. – 320с.
6. Справочник по судостроительному черчению [Текст]/ Матвеев В.Г., Борисенко В.Д. и др. – Л.: Судостроение, 1983. – 248с.

6.6. Методические указания для аспирантов по освоению дисциплины

1. Рекомендации по планированию и организации времени, отведенного на изучение дисциплины.

Согласно учебному плану на изучение дисциплины отводится 72 часа, из них 56 часов выделено на самостоятельную работу аспирантов и 16 часов – на аудиторные занятия.

Лекция представляет собой систематичное, последовательное устное изложение преподавателем определенного раздела учебной дисциплины. И именно лекция позволяет преподавателю в течение очень непродолжительного промежутка времени сориентировать аспирантов в рассматриваемой научной проблеме (теме), раскрыть ее наиболее важные, существенные стороны, дать анализ различных взглядов и теоретических концепций по рассматриваемому вопросу, указать наиболее значительные научные работы, посвященные данной проблеме.

В процессе посещения лекций обязательно вести конспект. Ведение конспекта является творческим процессом, требует определенных умений и навыков.

Практическое занятие представляет собой систематическое освоение практической составляющей дисциплины, позволяющие применить полученные знания на лекциях для получения профессиональных умений и навыков. Подготовка к практическому занятию включает в себя изучение методических указаний по теме занятия, изучение конспекта лекций с

соответствующим теме занятия разделом. Если в процессе изучения возникнут вопросы, неосвещённые в методических указаниях или лекциях, аспиранту необходимо обратиться к основному или дополнительному списку литературы и выбрать любой доступный в библиотеке университета источник информации. Обучающийся вправе использовать любой другой источник информации, рекомендованный по проблемной тематике.

Подготовка к промежуточной аттестации (зачет) производится на основании вопросов, приведённых в рабочей программе дисциплины.

2. Рекомендации по работе с литературой

Литературные источники, необходимые для изучения данной дисциплины, приведены в разделе 6 «Учебно-методическое обеспечение дисциплины» рабочей программы дисциплины.

Проработка литературы необходима в следующих случаях:

- для более глубокого изучения данной дисциплины;
- для самостоятельного освоения непонятого на лекции материала, если нет возможности прийти на консультацию к преподавателю;
- для подготовки к защите практических работ;
- для восстановления рукописного конспекта при пропуске лекционных занятий.

3. Рекомендации по подготовке к зачету.

Вопросы для подготовки к зачету приведены в разделе 9.3 «Оценочные средства для проведения промежуточного контроля с описанием показателей, критериев и шкалы оценивания» рабочей программы дисциплины.

Готовиться к зачету необходимо с самого начала изучения дисциплины.

Вопросы для контроля аттестации составлены таким образом, что их изучение обеспечит освоение до 90% материала, необходимого для успешной сдачи зачета.

7. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются следующие информационные технологии:

1. Программное обеспечение дисциплины:

- операционная система MS Windows;
- пакет прикладных программ MS Office (включает в себя MS Word, MS Excel, MS PowerPoint);
- антивирусная система (Касперского);

2. Электронные учебники:

Эксплуатационная прочность судов [Электронный ресурс]: учебник для вузов / Е. П. Бураковский, Ю. И. Нечаев, П. Е. Бураковский, В. П. Прохнич. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 404 с. Режим доступа: URL <https://e.lanbook.com/book/166928>

Даманский Д.В. Исследование методологии моделирования корпусных судовых конструкций в CAD системе КОМПАС-3D [Электронный ресурс]/ Д. В. Даманский; Комсомольский-на-Амуре государственный университет, –

Комсомольск-на-Амуре, 2022. – 102 с.– Режим доступа: URL <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=692414>

Гирин, С. Н. Строительная механика и прочность корабля [Электронный ресурс]: учебное пособие / С.Н. Гирин, А.М. Фролов. – Нижний Новгород: ВГУВТ (Волжский государственный университет водного транспорта), 2011. – 260 с. – Режим доступа: URL http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=44853.

Кеслер, А. А. Теория и устройство судна. Часть 1 [Электронный ресурс]: учебное пособие. – Нижний Новгород: ВГУВТ (Волжский государственный университет водного транспорта), 2012. – 68 с. – Режим доступа: URL http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=44871.

Жинкин В. Б. Теория и устройство корабля [Электронный ресурс]: учебник для вузов / В. Б. Жинкин. – 5-е изд., испр. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2022. – 379 с. – Режим доступа: URL <https://urait.ru/bcode/494164>.

Правила классификации и постройки морских судов [Электронный ресурс]. – Морской Регистр Судоходства. – СПб.: РС, 2022 – 286 с. – Режим доступа: URL <https://lk.rs-class.org/regbook/rules?a=circular>

Худяков С. А. Техническая эксплуатация флота [Электронный ресурс]: учебное пособие / С. А. Худяков. – Владивосток: МГУ им. адм. Г.И. Невельского, 2010. – 110 с. – Режим доступа: URL <https://e.lanbook.com/book/20072>

3. Информационные справочные системы:

– Справочно-правовая система «КОНСУЛЬТАНТ ПЛЮС».

При реализации дисциплины используются различные образовательные технологии – аспирантам предоставляется возможность пользоваться электронной информационной базой: лекции, практические задания и другие материалы по теме «Конструкция корпуса морских судов».

Самостоятельная работа аспирантов проходит в компьютерном классе с подключением локальной сети компьютерного класса к распределенной сети МГУ Интранет, глобальной сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МГУ.

8. Материально-техническое обеспечение, необходимое для осуществления образовательного процесса по дисциплине

№ п/п	Виды учебной работы, предусмотренные РПД	Перечень специализированных аудиторий, лабораторий, тренажеров и оборудования
1	лекционные занятия	компьютерный класс (ауд. 0413) с подключением локальной сети компьютерного класса к распределенной сети МГУ Интранет, глобальной сети Интернет
2	практические занятия	лаборатория судоремонта и технических измерений (ауд. 145), лаборатория ремонта деталей судового оборудования (ауд. 11, 13 НОТЦ).
3	самостоятельная работа	компьютерный класс на 20 посадочных мест, компьютерные столы, 22 шт.; стулья поворотные, 12 шт.; стулья, 19 шт., компьютер Celeron(R) (2.3 ГГц, 512 МБ), 16 шт.

9. Фонд оценочных средств для проведения текущей и промежуточной аттестации аспирантов по дисциплине

9.1. Паспорт фонда оценочных средств для проведения текущей и промежуточной аттестации аспирантов

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Этапы формирования знаний, умений, навыков в рамках освоения дисциплины	Наименование оценочного средства по видам контроля	
			текущий контроль	промежуточная аттестация
1	2	3	4	5
1	Основные элементы конструкции корпуса морских судов	Знает: основы устройства и конструкции морских судов. Умеет: пользоваться справочными материалами и документами РС. Владеет: технической терминологией по устройству и конструкции судов.	конт- рольная работа	зачет
2	Общая и местная прочность корпусов судов	Знает: основные методы расчета балок судового набора. Умеет: строить эпюры нагрузок. Владеет: физическими методами нагружения корпуса судна в ремонте и эксплуатации.	конт- рольная работа	
3	Конструкция и работа элементов судовых перекрытий	Знает: методы расчета судовых перекрытий. Умеет: применять дифференциальные методы расчета общей и местной прочности. Владеет методами расчета корпуса судна по правилам РС:.	конт- рольная работа	

9.2. Оценочные средства для проведения текущего контроля с описанием показателей, критериев и шкалы оценивания

9.2.1. Критерии оценивания оценочного средства текущего контроля – контрольная работа:

- правильность выполнения задания;
- понимание методики и умение ее правильно применить;
- полнота выполнения задания;
- оформление задания;
- степень осознанности, понимания изученного;
- знание терминологии при изложении ответа.

9.2.2. Шкала и показатели оценивания оценочного средства текущего контроля – контрольная работа:

- оценка «отлично» ставится в том случае, когда аспирантом:
 - найден верный способ решения задачи;
 - логически обосновываются все ключевые моменты выбранного способа;

- используются изученные понятия;
- самостоятельно объясняется последовательность всех шагов решения;
- демонстрируется правильное решение задачи и усвоение изученной темы;
- оценка «хорошо»:
 - найден верный способ решения задачи;
 - логически обосновываются все ключевые моменты выбранного способа;
 - используются изученные понятия;
 - допускаются негрубые ошибки в последовательности решения, не влияющие на результат;
- при решении получен верный ответ;
- оценка «удовлетворительно»:
 - найден правильный ход решения, но решение задачи не завершено;
 - не объясняются используемые приемы решения задачи;
 - неточно используются изученные понятия;
 - допускаются ошибки в последовательности решения, не влияющие на результат;
- оценка «неудовлетворительно»:
 - демонстрируется незнание большей части пройденного материала;
 - выбран неверный способ решения задачи;
 - неправильно используются изученные понятия;
 - допускаются грубые ошибки, в результате которых получен неверный ответ.

Перечень контрольных работ

Раздел «Основные элементы конструкции корпуса морских судов»

Контрольная работа по теме «Построение растяжки наружной обшивки»

Техническая эксплуатация и ремонт морских судов, в обязательном порядке требует овладением профессиональными компетенциями в области дефектации корпуса судна и корпусных конструкций, для целей безаварийной технической эксплуатации и подготовки производства в судоремонте.

Для достижения целей получения компетенций в области оценки технического состояния корпуса судна по результатам замеров остаточных толщин, учебное пособие содержит наглядный материал для изучения методов оценки технического состояния корпуса судна, индивидуально для каждого обучающегося. Методы основанные на нормах допускаемых износов корпуса морского судна по Правилам РС, изложенные в учебном пособии, разбираются на практических занятиях, и необходимы для дальнейшей самостоятельной работы обучающихся. Материал включает методики выполнения расчетно-графических заданий. Соблюдение требований изложенных в учебном пособии позволяет быстро определить износы конструкций и принять решение о дальнейшей эксплуатации или ремонте.

Общие теоретические сведения

Наружная обшивка корпуса судна и настил верхней палубы образуют замкнутую оболочечную коробчатую конструкцию, обеспечивающую общую и местную прочность корпуса судна. Днищевая часть наружной обшивки с набором образует днищевое перекрытие, бортовая – бортовое и палубная часть – палубное перекрытие. Наружная обшивка цельносварного судна состоит из отдельных поясов, образованных стальными листами, уложенными вдоль длины корпуса судна и сваренными продольными швами, называемыми пазовыми и поперечными швами называемыми стыками. Каждый пояс наружной обшивки имеет свое название (рисунок 1).

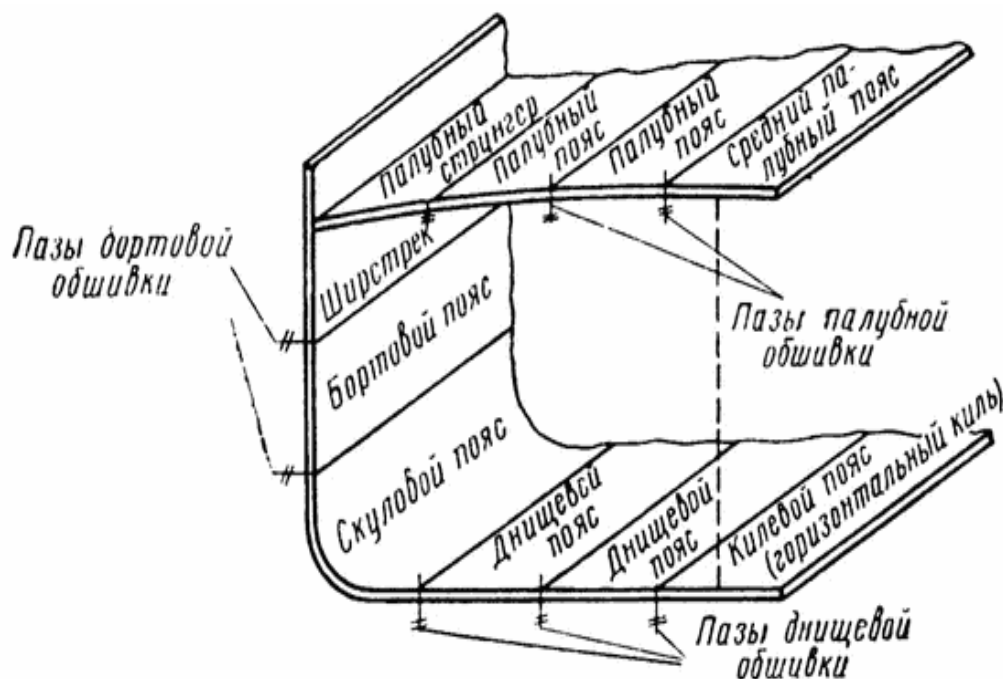


Рисунок 1 – Поясъя наружной обшивки

Если корпус судна разрезать по килевой линии в районе диаметральной плоскости, снять палубу и развернуть на плоскость, то точно (без искажения) развернутся только относительно простые цилиндрические обводы в средней части. Для простоты построений можно развернуть носовую и кормовую части судовой поверхности по образующей совместив с разверткой средней части, в результате получится чертеж называемый – растяжка наружной обшивки, имеющий искажения в носовой и кормовой частях судна (см. рис.2).

Чертеж растяжки наружной обшивки представляет собой развертку наружной обшивки одного борта, построенную по длине периметра шпангоутов. Шпангоуты в средней части корпуса судна имеют больший периметр по образующей кривой, чем в оконечностях, поэтому ширина поясьев в средней части больше, чем в оконечностях. Сужающиеся поясья в оконечностях обрывают на стыковых швах потерями (рисунок 2 – 4). В данной работе, обучающиеся строят растяжку наружной обшивки по выданным

индивидуальным теоретическим чертежам. По длине растяжка наружной обшивки строится по проекции шпангоутов на диаметральную плоскость и равна длине судна, а не периметру бортов. Поэтому растяжка наружной обшивки не соответствует истинной длине листов в оконечностях со сложной погибью обводов.

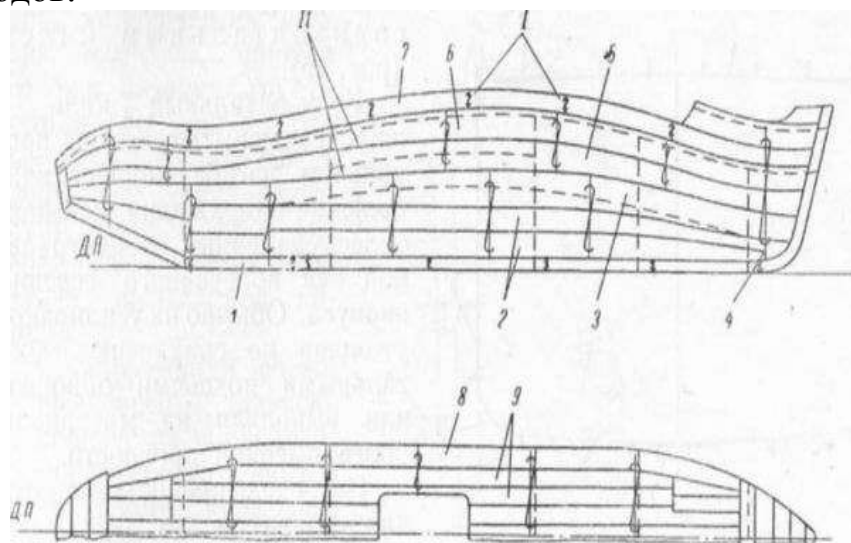


Рисунок 2 – Растяжка наружной обшивки и палубы

I – стыковые швы, II – пазовые швы; 1 – пояс горизонтального киля, 2 – днищевые пояса, 3 – скуловой пояс, 4 – потеряй, 5 – бортовые пояса, 6 – ширстрек, 7 – фальшборт, 8 – лист палубного стрингера, 9 – пояса палубы

Разбивку растяжки на пояса и монтажные пазы и стыки выполняют исходя из стандартных размеров проката и с учетом толщин листов полученных при выполнении РГЗ, по определению геометрических элементов поперечного сечения корпуса судна по Правилам РС. Остаточные толщины для анализа, на растяжке наружной обшивки, наносит преподаватель.

Оценка остаточных толщин

Для замеров остаточных толщин, как правило, применяется ультразвуковой толщиномер. Для обеспечения точности замеров, поверхность под замер шлифуется от краски, грязи и ржавчины диском “турбинки”, после чего обрабатывается вязкой смазкой для осуществления полного контакта щупа толщиномера в точке замера остаточной толщины. Замеры толщины листа выполняются в 3х точках или из расчета одного замера на 5 м^2 площади листа, смотря по тому, что больше см. рис.3-а). В случае, если разность между замерами более 1,5 мм, но не менее 3 мм, количество замеров увеличивают до 7ми и более (рисунок 3-б).

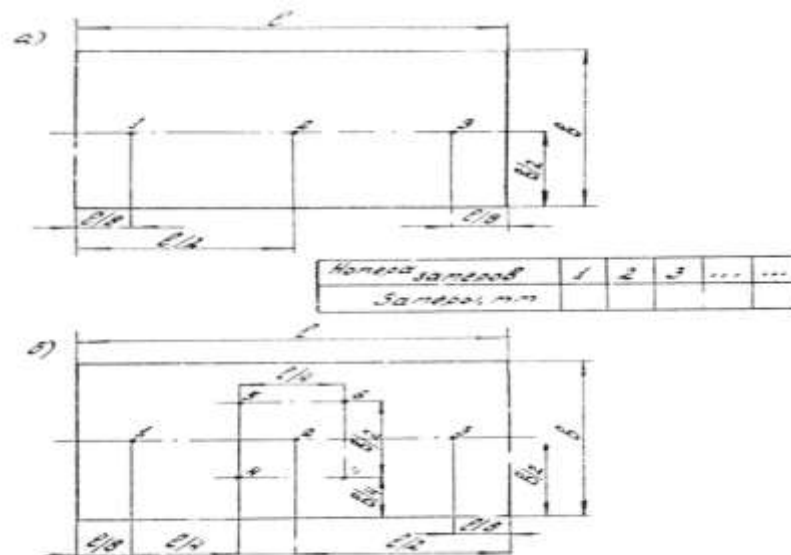


Рисунок 3 – Схема замеров остаточных толщин

Техническое состояние элементов корпуса судна устанавливается по результатам сопоставления величин параметров его элементов с дефектами, определенными по результатам дефектации в соответствии с нормативами. Виды износов (рисунок 4).

При общем износе средняя остаточная толщина листа определяется как среднее арифметическое замеров остаточных толщин в точках, расположенных равномерно по поверхности листа.

Если на части листа выделен участок с износами пятнами, то его средняя остаточная толщина используется как остаточная толщина в одной точке замера.

Точность измерений толщин элементов корпуса должна быть не менее 0,1 мм.

Измерения глубины язвин выполняются с помощью глубиномера, индикатора часового типа или иными подобными приборами с точностью не менее 0,1 мм.

Результаты измерений должны быть оформлены в виде таблиц, а также чертежей растяжки наружной обшивки, планов палуб, второго дна, переборок с указанием замеров на листах, балках набора, сварных швах.

РС рекомендует для представления материалов использовать программу "VOLNA", представление материала в данной программе см. в Приложении 1 (замеры остаточных толщин) и в Приложении 2 (оценка технического состояния), виды износа листовых элементов корпуса судна (рисунок 4).

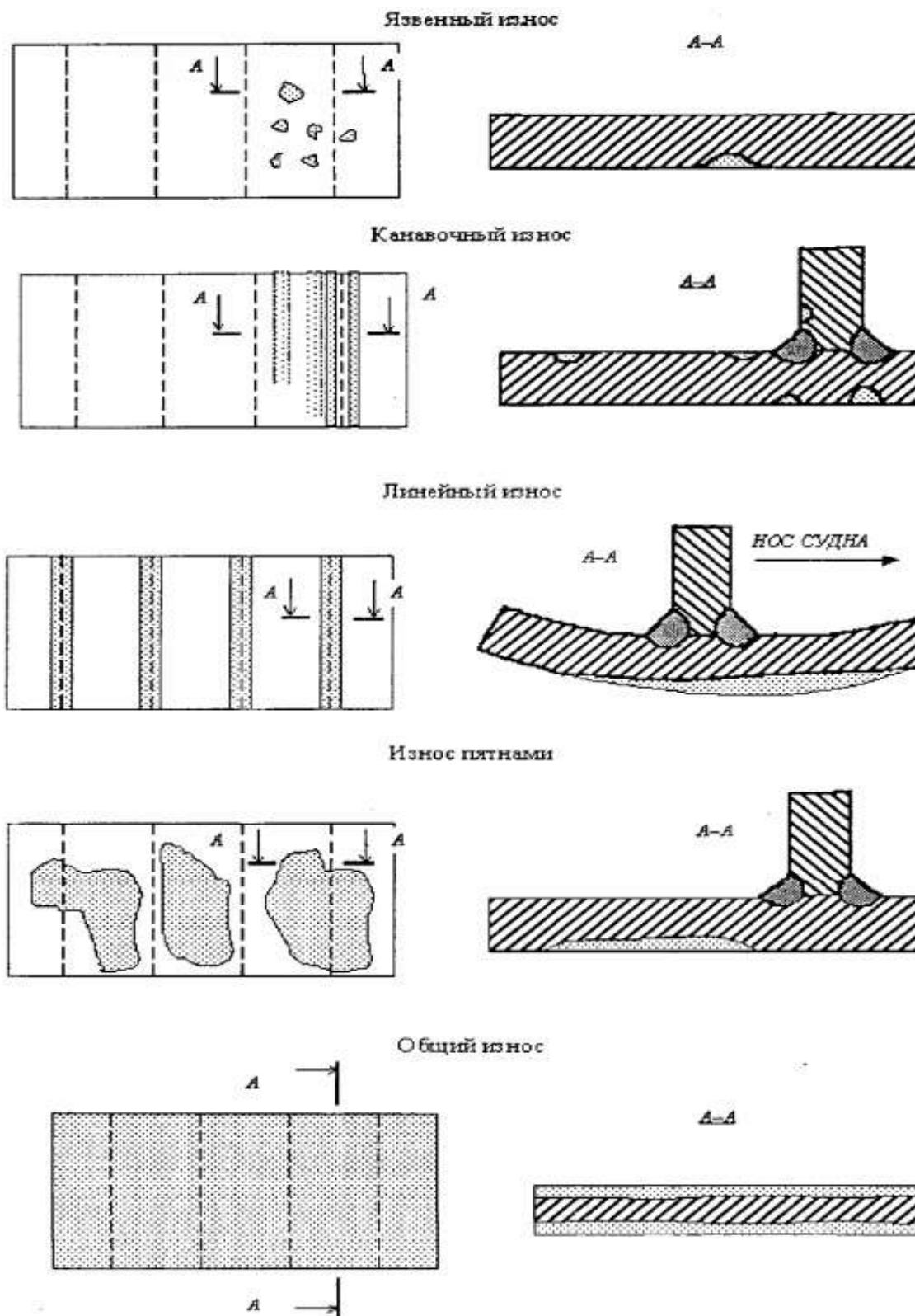


Рисунок 4 – Виды износа

При местном износе средняя остаточная толщина участка листа определяется на основании замеров в точках, расположенных в пределах изношенного участка листа:

– при износе пятнами и линейном износе участка листа как среднее арифметическое замеров в точках остаточных толщин;

– при канавочном износе по формуле:

$$S3' = S1' - (h1 + h2),$$

где $S1'$ – средняя остаточная толщина листа;

$h1$ и $h2$ – глубина канавки/канавок, мм, соответственно с лицевой и обратной поверхностей листа.

Точки замеров должны быть расположены равномерно по изношенному участку листа. Число точек замеров остаточных толщин должно быть не менее следующего:

– при износе листа пятнами – трех равномерно расположенных в ячейке листа;

– при линейном износе листа – трех в полосе на расстоянии не ближе 10мм и не далее 20 мм в сторону наибольшего износа от подкрепляющей балки набора;

– при канавочном износе листа – одной на каждые 0,3 м длины канавки. При язвенном износе остаточная толщина листа определяется на основании замеров износов в язвинах в пределах ячейки листа по формуле:

$$S4' = S1' - h4,$$

где $S1'$ – средняя остаточная толщина листа, мм;

$h4$ – максимальный замеренный износ в язвинах относительно поверхности участка листа, мм.

Число язвин, подлежащих замерам, определяется в каждом случае по результатам их визуального осмотра.

При общем износе лист должен удовлетворять условию

$$S1' \geq [S1],$$

где $S1'$ – средняя остаточная толщина листа;

$[S1]$ – допускаемая остаточная толщина листа.

При местном износе участок листа должен удовлетворять условию

$$S3' \geq [S3],$$

где $S3'$ – средняя остаточная толщина участка листа;

$[S3]$ – допускаемая остаточная толщина участка листа.

При язвенном износе лист должен удовлетворять

$$\text{условию } S4' \geq [S4],$$

где $S4'$ – остаточная толщина листа в язве;

$[S4]$ – допускаемая остаточная толщина листа в язве.

При общем износе допускаемая остаточная толщина листа $[S1]$, мм, определяется по формуле

$$[S1] = m1 (S - \Delta S),$$

где $m1$ – коэффициент, принимаемый по таблице 1;

S – толщина листа, мм, требуемая правилами постройки;

ΔS – надбавка на износ, мм, определяемая правилами постройки.

Допускаемая остаточная толщина листа $[S1]$, мм, дополнительно должна удовлетворять условию:

$$[S1] \geq m2 S_{\min}, \text{ но не менее } 0,50 S0,$$

где $m2$ – коэффициент, принимаемый по таблице 1;

S_{min} – минимальная толщина листа, мм, требуемая правилами постройки;

S_0 – построечная толщина листа, мм.

Указанные в таблице 1 коэффициенты m_1 и m_2 принимаются для судов длиной 90 м и более.

При местном износе допускаемая остаточная толщина листа $[S_3]$, мм, определяется по формуле:

$$[S_3] = 0,85 [S_1].$$

Для участка листа с канавочным износом протяженностью 100 мм менее $[S_3]$ следует принимать как для листа с язвенным износом.

При язвенном износе допускаемая остаточная толщина листа $[S_4]$, мм, определяется по формуле:

$$[S_4] = 0,30 S_0, \text{ но не менее } 3 \text{ мм.}$$

Таблица 1

Коэффициент m_1 и m_2 для сухогрузных судов

№ п/п	Элементы корпуса	Район по длине судов	m_1	m_2
1	Палубы и платформы			
1.1	Верхняя расчетная палуба, непрерывный продольный комингс	Средняя часть оконечности	0,85 0,75	0,75 0,65
1.2	Вторая непрерывная палуба	Средняя часть оконечности	0,80 0,75	0,65 0,60
1.3	Другие палубы и платформы	—	0,75	0,65
2	Борта			
2.1	Ширстрек	Средняя часть оконечности	0,85 0,75	0,75 0,65
2.2	Наружный борт: в поясе переменных ватерлиний вне пояса переменных ватерлиний	по всей длине средняя часть оконечности	0,75 0,80 0,75	0,65 0,70 0,60
2.3	Внутренний борт: Верхний пояс	Средняя часть оконечности по всей длине	0,80 0,75 0,75 0,80 0,75	0,70 0,60 0,65 0,65 0,60
3	Днище			
3.1	Горизонтальный киль	Средняя часть оконечности	0,85 0,75	0,75 0,65
3.2	Днище со скулой	Средняя часть оконечности	0,85 0,75	0,75 0,65
4	Второе дно			
4.1	Второе дно	по всей длине	0,80	0,65
5	Переборки			
5.1	Переборка форпика	—	0,80	0,65
5.2	Поперечные переборки, переборки коффердамов: верхний	—	0,75	0,60

	пояс средний поясничный пояс		0,75 0,80	0,60 0,65
5.3	Продольные переборки: верхний пояс средний поясничный пояс	Средняя часть оконечности по всей длине Средняя часть оконечности	—	—
5.4	Отбойные переборки	—	—	—
6	Цистерны			
6.1	Цистерны и коффердамы двойного дна и двойного борта	—	0,85	0,75
6.2	Подпалубные и скуловые цистерны	Средняя часть оконечности	— —	— —
6.3	Другие цистерны	—	0,80	0,60
7	Надстройки и рубки			
7.1	Борт надстройки	—	0,80	0,60
7.2	Концевые переборки надстройки и рубки и боковые стенки рубки	—	0,80	0,70
7.3	Палуба надстройки и рубки	—	0,80	0,60
8	Районы усиления			
8.1	Ледовые усиления	район А район В район С	1,0 0,90 0,90	—
8.2	Усиления судов, швартующихся в море	— —	0,85 —	—
8.3	Усиления в районах воздействия экстремальных гидродинамических давлений	—	0,75	—
9	Прочие элементы корпуса			
	Прочие элементы корпуса		0,70	0,55

Оценку технического состояния корпуса судна и его элементов РС рекомендует проводить с использованием специального программного обеспечения – “VOLNA”, см. Приложение. Обучающиеся для своих данных производят оценку технического состояния корпуса судна используя форму таблицы (рисунок 5).

РЕЗУЛЬТАТЫ ЗАМЕРОВ ТОЛЩИН ЛИСТОВ ОБЫШВСК

Название судна _____ Рег. № _____
от « _____ » _____ г.

1	Конструкция	Элемент корпуса	Борт	Номер элемента, пояс	Индекс элемента	Начальный штамп	Конечный штамп	Категория стали	Построенная толщина S_0 , мм	Допускаемая остаточная толщина [5], мм	Замеренные толщины S , мм	Средние значения			Примечание
												Остаточная толщ на S_1^* , мм	Уменьшение толщины		
													относительное, %	абсолютное, мм	
2			3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Подпись исполнителя

Подпись инспектора Регистра

Контрольная работа по теме «Выбор элементов поперечного сечения корпуса судна»

Эффективная и безаварийная работа современного морского транспорта, постройка, модернизация и ремонт морских судов, в обязательном порядке требует овладения профессиональными компетенциями в области устройства и оборудования транспортных средств, имеющих на рынке перевозок.

Для достижения целей получения компетенций в области конструкции корпуса, учебное пособие содержит наглядный материал для изучения названий и принадлежности элементов конструкции набора морского сухогрузного судна, разбираемые на практических занятиях, и необходимые

для дальнейшей самостоятельной работы обучающихся. Материал включает методики выполнения расчетно-графического задания, для выбора геометрических характеристик поперечного сечения корпуса и разработки чертежа мидель-шпангоута. Приведены основные расчетные требования к проектированию конструкции корпуса по требованиям Правил классификации и постройки морских судов Российского Морского Регистра Судоходства (далее Правила). Правила содержат эмпирические формулы позволяющие назначить прочные размеры связей судового стального цельносварного корпуса судов многих типов и размеров. Соблюдение требований Правил позволяет быстро определить большинство размеров корпусных конструкций, не прибегая к сложным методам расчетного проектирования. Определение размеров связей в Правилах производится по расчетным схемам, представляющим конструкции в виде стержневых систем, работающих на изгиб, сдвиг и кручение, с учетом влияния смежных конструкций. При этом, регламентируются расчетные нагрузки, методы расчета и запасы прочности с учетом запасов на износ. Правила являются постоянно развивающимся инструментом, проектирования и проверки прочности конструкций корпусов судов, совершенствуясь на основе опыта эксплуатации, модельных экспериментов и научных исследований. В учебном пособии требования Правил адаптированы в учебных целях, для поперечной системы набора. Учитывая, что эмпирические формулы не имеют физического смысла, все значения величин следует использовать строго в назначенных размерностях. После проведения расчета, полученные значения округляются до первого знака после запятой или с учетом специальных указаний. Прочные размеры, принятые для разработки чертежа мидель-шпангоута, выбираются с учетом фактических параметров сортамента проката указанных в приложениях.

Конструкция корпуса сухогрузного судна

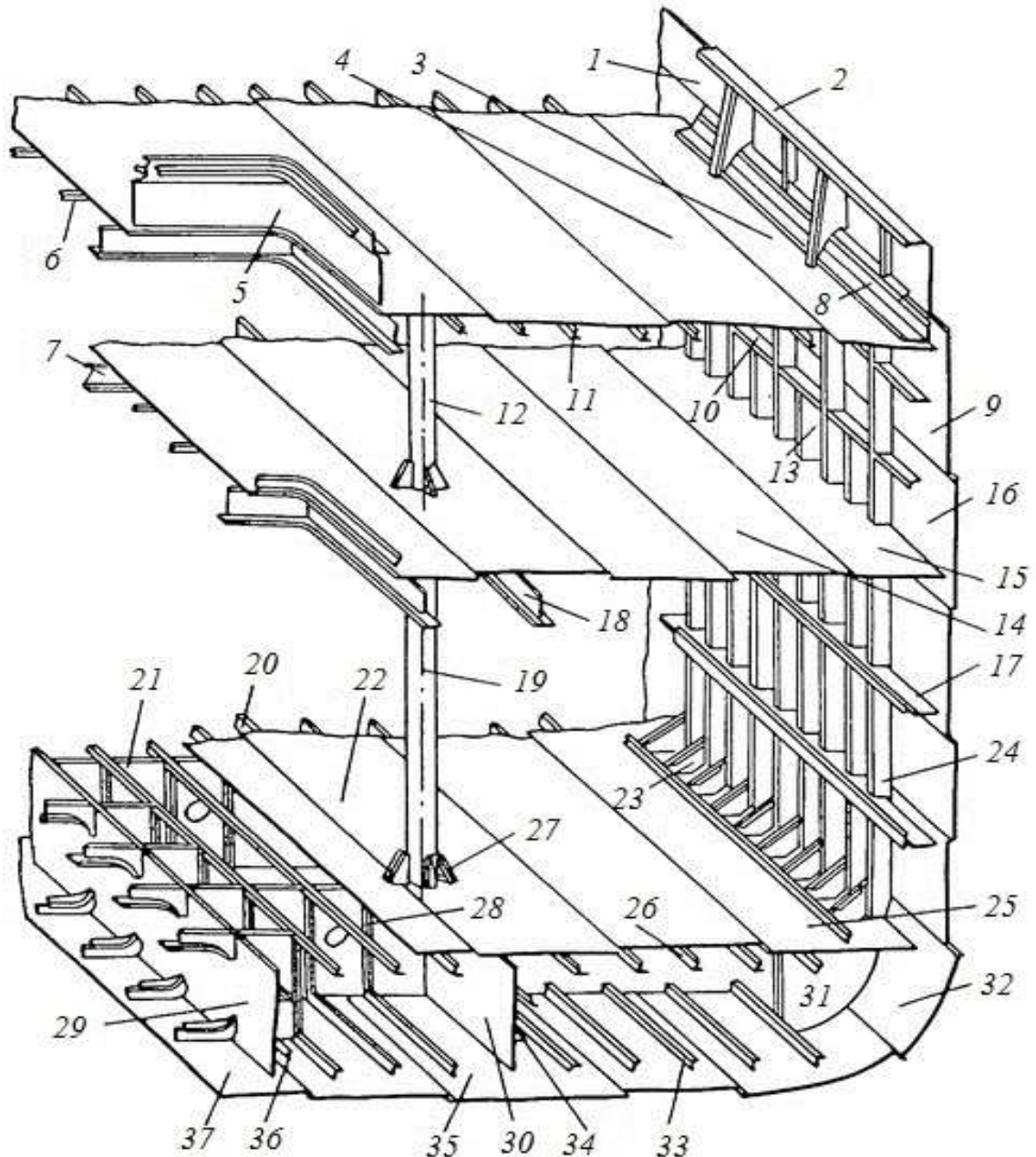


Рисунок 1 – Элементы судового набора

Корпус цельносварного судна представляет собой сложное инженерное сооружение состоящее из листов наружной обшивки объединенных по длине между пазовыми сварными швами в поясья. Наружная обшивка в носу оканчивается балкой которая называется – форштевнем, в корме – ахтерштевнем. В состав корпуса входят настилы палуб и второго дна, платформы, поперечные и продольные переборки (иногда второй борт). Листы сваренные в полотнища подкрепляются продольным и поперечным набором, который “выгораживает” так называемые судовые пластины. Если, судовые пластины расположены длинными сторонами вдоль корпуса судна, то они образуют продольную систему набора, если поперек корпуса – поперечную систему набора. Если, размер судовой пластины одинаков вдоль и поперек

корпуса, то система набора называется – клетчатой. Корпус судна конструктивно состоит из пластин перекрытий – днища, борта и палубы. Каждое перекрытие набирается по определенной системе набора. Если, в состав одного перекрытия входят разные системы набора, то говорят, что перекрытие набрано по комбинированной системе набора. Если, судовые перекрытия набраны по различным системам набора, то говорят, что корпус судна имеет смешанную систему набора.

Основные элементы судового набора изображенные на (рис.1.) и имеют свои названия:

1. Фальшборт.
2. Планширь фальшборта.
3. Палубный стрингер.
4. Настил верхней палубы.
5. Комингс выреза грузового люка.
6. Полубимс.
7. Рамный бимс.
8. Угольник палубного стрингера.
9. Ширстрек.
10. Продольное ребро жесткости борта.
11. Продольное ребро жесткости верхней палубы.
12. Пиллерс твиндека.
13. Промежуточный (основной) шпангоут.
14. Настил твиндечной палубы.
15. Палубный стрингер твиндечной палубы.
16. Наружная обшивка бортового перекрытия.
17. Бортовой стрингер.
18. Карлингс.
19. Пиллерс.
20. Продольное ребро жесткости второго дна.
21. Флор.
22. Настил второго дна.
23. Скуловая кница.
24. Шпангоут.
25. Крайний междудонный лист.
26. Продольное ребро жесткости второго дна.
27. Кница пиллерса.
28. Поперечное ребро жесткости флора.
29. Туннельный киль.
30. Днищевой стрингер.
31. Скуловая бракета.
32. Скуловой пояс.
33. Продольное ребро жесткости днища.
34. Продольное ребро жесткости днищевого стрингера.
35. Наружная обшивка днищевого перекрытия.
36. Продольное ребро жесткости туннельного кия.

37. Горизонтальный киль.

Исходные данные

Исходные расчетные данные для выполнения задания определяются (с округлением до целого числа) по следующим формулам:

- Длина (расчетная) $L = 70 + 3K_1 + K_2 + K_3$, м.;
- Ширина судна $B = 0,157L$, м.;
- Высота борта $D = 0,082L$, м.;
- Осадка $d = 0,069L$, м.;
- Радиус скулы $R = 0,096L$, м.;
- Ширина люка $b_{\text{л}} = 0,1095L$, м.;
- Скорость $v_0 = 0,18L$, узл.;
- Высота двойного дна у киля $h = (L - 40)/570 + 0,04B + 3,5d/L$, м. (принимается фактическая высота второго дна $h_{\text{ф}}$ – кратно 100 мм., с округлением до целого в большую сторону, но не менее 0,65м.).

Значения величин коэффициентов K_1 , K_2 , K_3 выбираются в соответствии с шифром зачетной книжки обучающегося. Принимаются K_1 , K_2 – последняя и предпоследняя цифры шрифта, K_3 – последняя цифра года поступления в Вуз.

Методика расчета основных элементов поперечного сечения корпуса морского сухогрузного судна

Шпация

Расстояние между балками основного набора, определяется по формуле:

$$a_0 = 0,002L + 0,48, \text{ м.} \quad (1)$$

Рекомендуется округлять шпацию в большую сторону до целого числа кратного 50 мм, при этом не следует принимать шпацию более $1,25a_0$.

Материал корпуса

Принимается в качестве судостроительной стали подразделяющейся на категории по механическим свойствам и по виду проката (листовой и профильный) толщины и характеристики см. в приложениях. В обозначении категории стали используется буквенное обозначение (A,B,D,E,F) характеризующее нормируемые механические свойства при определенной температуре. Вместе с буквой может стоять двухзначная цифра, определяющая верхний предел текучести стали в кгс/мм². Для целей выбора материала в первом приближении рекомендуется использовать таблицу 1.

Таблица 1

Выбор материала корпуса судна

Расчетная длина L , м	Категория стали	Верхний предел текучести $R_{\text{ен}}$, МПа	Нормативный предел текучести σ_n , МПа
Менее 120	A,B,D,E	235	235
100-160	A32,D32,E32,F32	315	301
140-200	A36,D36,E36,F36	355	326
Более 200	A40,D40,E40,F40	390	345

Расчетный нормативный предел текучести по нормальным напряжениям определяется по формуле:

$$\sigma_n = 235/\eta, \text{ МПа}, \quad (2)$$

где η – коэффициент использования механических свойств стали определяемый по таблице 2.

Таблица 2

Коэффициент использования механических свойств стали

R_{eH}	235	315	355	≥ 390
η	1,0	0,78	0,72	0,68

Расчетные нагрузки

Расчетное давление P в кПа, действует на корпус судна со стороны моря и распределено по поперечному сечению в виде эпюры нагрузок изображенной на (рис. 2). При этом, давление делится на статическую и волновую составляющие. Волновая составляющая обусловлена перемещением корпуса относительно профиля волны.

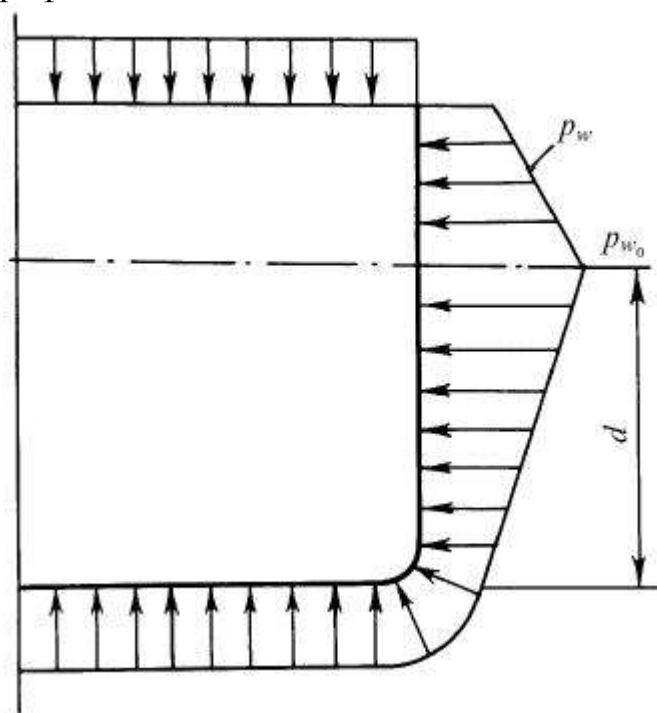


Рисунок 2 – Распределение нагрузки по контуру поперечного сечения судна

Внешнее давление на наружную обшивку днищевого и бортового перекрытий определяется по формуле:

$$P = P_{st} + P_w, \quad (3)$$

где P_w – давление выше ГВЛ, оно должно быть не менее определяемого по формуле:

$$P_w \geq (0,03L + 5), \text{ кПа} \quad (4)$$

При $L \geq 250$ м. принимают $L = 250$ м.

Для судна с двойным дном составляющие давлений определяются по формулам:

$$P_{st} = 10(D - d), \text{ кПа} \quad (5)$$

Расчетное давление ниже ГВЛ

$$P_w = P_{w0} - 1,5C_w Z_i / d, \text{ кПа} \quad (6)$$

где Z_i место приложения нагрузки ниже ГВЛ (см. рис.3). Основным параметром расчетных нагрузок и ускорений воспринимаемых корпусом судна со стороны моря, является волновой коэффициент в зависимости от расчетной длины:

$$C_w = 0,0856L \text{ при } L \leq 90 \text{ м.} \quad (7)$$

$$C_w = 10,75 - ((300-L) / 100)^{3/2} \text{ при } 90 \leq L \leq 300 \text{ м.} \quad (8)$$

$$C_w = 10,75 \text{ при } 300 \leq L \leq 350 \text{ м.} \quad (9)$$

$$P_{w0} = 5C_w a_v a_x,$$

где параметры ускорений центра тяжести судна определяются по формулам:

$$a_v = 0,8v_0(L/10^3 + 0,4)/L^{0,5} + 1,5 \quad (10)$$

$$a_x = 0,8(1 - 2X_1/L), \quad (11)$$

где $X_1 = L/10$

Величина давления на бортовую обшивку должна определяться по (6), но быть не менее:

$$P_6 \geq 10z + 0,3L + 1, \text{ кПа (при } L < 60 \text{ м.)} \quad (12)$$

$$P_6 \geq 10z + 0,15L + 10, \text{ кПа (при } L \geq 60 \text{ м.)}, \quad (13)$$

где z – отстояние от середины пролета шпангоута до ГВЛ (см. рис. 3).

Расчетное давление на палубное перекрытие:

$$P_n = (0,7P_w) \geq (0,015L + 7), \text{ кПа} \quad (14)$$

Толщины и размеры элементов обшивки

(должны округляться в большую сторону до целого значения)

Поправка к толщинам на износ:

$$\Delta S = u (T - 12), \text{ мм.} \quad (15)$$

где $T = 25$ лет – планируемый срок службы судна, u – среднегодовое уменьшение толщины связи в мм/год, принимается:

для верхней палубы, надводного борта и бортового набора – 0,1 мм/год;

для поясьев ПВЛ – 0,17 мм/год;

для поясьев ниже ПВЛ и второго дна, включая скулу – 0,14 мм/год;

для набора палуб и платформ включая второе дно в трюмах – 0,12 мм/год;

крайний междудонный лист, набор днища и второго дна в балластных танках – 0,2 мм/год.

Толщина вертикального киля:

$$S_{вк} = \alpha_k h (h/h_\phi) \eta^{0,5} + \Delta S, \text{ мм.}, \quad (16)$$

где $\alpha_k = (0,03L + 8,3) \leq 11,2$

Толщина флоров:

$$S_\phi = \alpha_\phi k h_\phi \eta^{0,5} + \Delta S, \text{ мм.}, \quad (17)$$

где $\alpha_\phi = (0,12L - 1,1) \leq 6,5$, $k = 1,15$

Толщины рамного набора, непроницаемых участков балок и листов:

$$S = m a_0 k (P/(K_\sigma \sigma_n))^{0,5} + \Delta S, \text{ мм.}, \quad (18)$$

где $k = (1,2 - 0,5a_0/h_\phi) \leq 1$, P определяется по (3) на середине высоты балки (листа), коэффициенты изгибающего момента m и допускаемых напряжений K_σ принимаются:

-15,8 и 0,75 для днищевых стрингеров $S_{дс}$ и вертикального киля $S_{вк}$;

- 15,8 и 0,85 для флоров S_{ϕ} ;
- При этом внутри второго дна элементы конструкции должны иметь толщину не менее $(0,045L + 3,9)$ при $L < 80\text{м.}$ и $(0,025L + 5,5)$ при $L \geq 80\text{м.}$;
- 15,8 и 0,8 для листов настила второго дна и крайнего междудонного листа $S_{\text{дд}}$, но всегда $S_{\text{дд}} \geq (3,8 + 0,05L) \eta^{0,5}$ при $L < 80\text{м.}$, $S_{\text{дд}} \geq (5 + 0,035L) \eta^{0,5}$ при $L \geq 80\text{м.}$, должно выполняться также условие – $S_{\text{вк}} = S_{\phi} + 1$, мм, $S_{\text{дс}} \geq S_{\phi}$;
- 15,8 и 0,5 для настилов палуб и платформ $S_{\text{п}}$;
- 15,8 и 0,6 для наружной обшивки днища и борта $S_{\text{д}}$ и $S_{\text{б}}$, толщины которых должны быть всегда больше $(5,5 + 0,04L) \eta^{0,5}$.

Толщина листов горизонтального киля и шпунтовых поясьев:

$$S_{\text{к}} = S_{\text{д}} + 2, \text{ мм.} \quad (19)$$

Толщина ширстрека и палубного стрингера:

$$S_{\text{ш}} \geq S_{\text{б}}, S_{\text{пс}} \leq S_{\text{ш}}, \quad (20)$$

где $S_{\text{пс}} \geq (4 + 0,05L) \eta^{0,5}$ при $L < 100\text{м.}$ и $S_{\text{пс}} \geq (7 + 0,02L) \eta^{0,5}$ при $L \geq 100\text{м.}$

Ширина горизонтального киля и ширстрека:

$$(800 + 5L) \leq b_{\text{к}} \leq 2000, \text{ мм.,} \quad (21)$$

$$b_{\text{к}} \leq b_{\text{ш}} \leq 2000$$

Ширина палубного стрингера (палубный стрингер применяется при $S_{\text{п}} < S_{\text{б}}$):

$$1800 \geq b_{\text{пс}} \geq (5L + 800), \text{ мм.} \quad (22)$$

Скуловая и бимсовая кницы должны иметь толщины $S_{\text{кн}}$ в мм., не менее толщины стенки подкрепляемой балки и катет не менее:

$$C = 5(W/S_{\text{кн}})^{0,5}, \text{ см.,} \quad (23)$$

где W момент сопротивления подкрепляемой балки в см^3 .

Элементы набора

(выбираются по параметрам момента инерции или момента сопротивления, для ближайших больших значений параметров балок из Приложений 2 и 3)

Поперечные ребра жесткости флоров и вертикального киля (момент инерции балки):

$$i = \gamma \alpha s^3 10^{-3}, \text{ см}^4., \quad (24)$$

где $\gamma = 0,6$;

α – расстояние между ребрами жесткости в см. (рекомендуется принимать не менее 100см.) ;

s – фактическая толщина стенки подкрепляемой балки в мм.

Балки основного набора:

$$W = W' w_{\text{к}}, \text{ см}^3., \quad (25)$$

где

поправка на износ для соответствующей балки набора:

$w_{\text{к}} = 1 + \alpha_{\text{к}} \Delta S$, (ΔS по (15), $\alpha_{\text{к}} = 0,07 + 6/W'$ при $W' < 200 \text{ см}^3$ и $\alpha_{\text{к}} = (1/0,15)(0,01 + 1/W')$ при $W' \geq 200 \text{ см}^3$)

момент сопротивления соответствующей балки набора:

$$W' = (Ql) 10^3 / (m K_{\sigma} \sigma_{\text{н}}), \text{ см}^3., \quad (26)$$

где $Q = P \alpha l$, (P -расчетное давление на соответствующее перекрытие в кПа.; α – расстояние между балками набора в м.; l – пролет балки набора в м.).

$m = (12 - \text{ для продольных балок днища и второго дна; } 18 - \text{ для основных шпангоутов и бортовых стрингеров; } 10 - \text{ для бимсов и карлингсов })$.

$K_{\sigma} = (0,55 - \text{ для продольных балок днища и второго дна; } 0,65 - \text{ для основных шпангоутов и бортовых стрингеров; } 0,5 - \text{ для бимсов и карлингсов })$.

Выполнение чертежа мидель-шпангоута

Мидель – шпангоут означает средний по длине корпуса судна шпангоут. Назначение чертежа – полностью показать конструкцию в поперечном сечении, с вычерчиванием всех элементов обшивки, продольного и поперечного набора.

Чертеж мидель-шпангоута выполняется с помощью компьютерных графических приложений или карандашами на ватмане формата А 4. Чертеж выполняют для половины поперечного сечения корпуса судна, как показано на чертеже – образце (см. рис. 3). Для выполнения чертежа выбирается один из следующих масштабов:

1: 50; 1:75; 1:100; 1: 150; 1:200. При этом, исходят из соображений максимального заполнения поля формата (рамки на чертеже мидель-шпангоута не вычерчиваются).

При использовании компьютерной графики необходимость масштабирования возникает только при выводе задания на печатающее устройство. Для размеров и условных обозначений используется 12 размер шрифта, пояснительных надписей 14 размер шрифта (обозначения и надписи выполняются линиями толщиной 1,2-1,8 мм карандашом М или В). Все продольные связи, попадающие в поперечное сечение, затемняются сплошной основной толстой линией толщиной до 2,2мм (рекомендуется использовать карандаш 2М или 2В). Элементы набора не попадающие в сечение, выполняют толщиной 0,8-1,2 мм (рекомендуется использовать карандаш М или В). Выносные и размерные линии выполняются тонкими до 0,5 мм (рекомендуется использовать карандаш Т или Н). Крайний междудонный лист выполняется наклонным. Натурные размеры вырезов для прохода усиления сварных швов (голубницы) делаются радиусом 25 мм. Натурные размеры овальных вырезов во флорах делаются размерами не менее 350 x 450 мм, круглые вырезы во флорах и бракетах не менее 250 мм. Днищевые стрингера устанавливают на одинаковом расстоянии по 2 на каждый борт. Для выбора элементов набора и листов обшивки расчетные параметры округляют до ближайших размеров сортамента листового и профильного проката, если не удастся подобрать катаный профиль, то применяют сварные тавровые профили (размеры смотри в приложениях). Элементы поперечного сечения, корпуса судна, не определяемые в задании, принимаются по чертежу – образцу (рисунок 3).

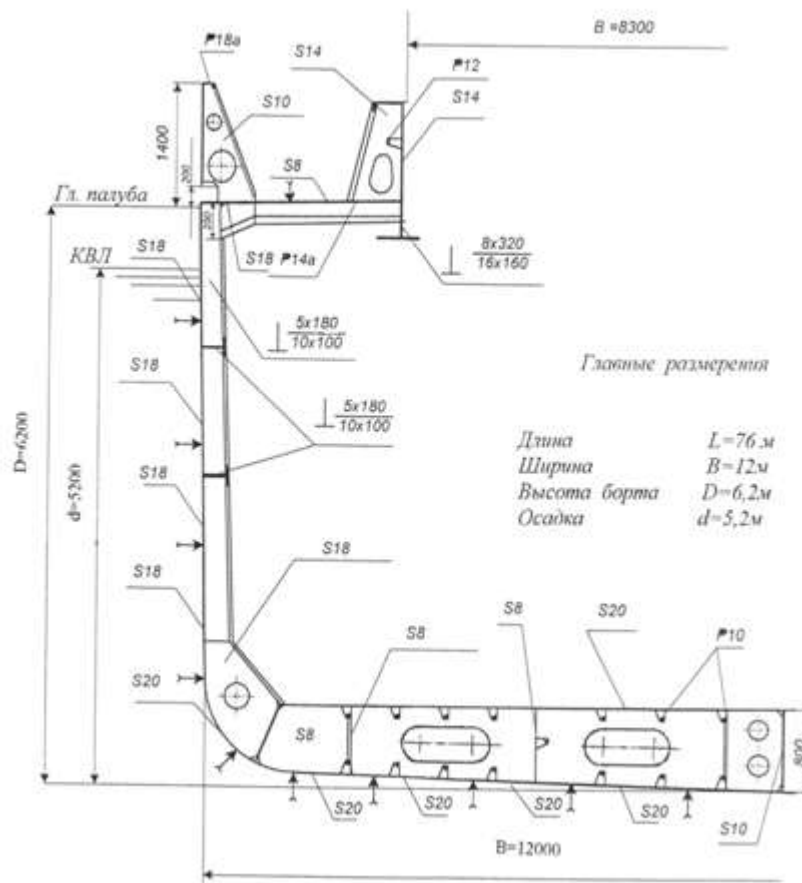
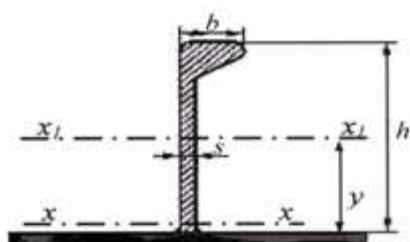


Рисунок 3 – Чертеж мидель-шпангоута

Сталь толстолистовая для судостроения. Сортамент

Толщина листа, мм.	Ширина листов, мм.							
	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600	3000
	Длина листов, м.							
4;5	6							
6	6	6;7;8	6;7;8					
7	6	6;7;8	6;7;8	6;7;8				
8;9		6;7;8	6;7;8					
10;11	6	6;7;8	6;7;8	6;7;8	10;12	10;12		
12	6	6;7;8;10	6;7;8;10	6;7;8;10	10;12	10;12	10;12	12
14;16;18		6;7;8;10	6;7;8;10	6;7;8;10	10;12	10;12	10;12	12
20;22;24;26		10	10	10				
28;30;32		6	6;7;8	6;7;8	12	12	12	12
36;40		6			12	12	12	12
45;50;56		6						

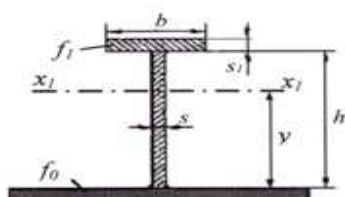
Элементы набора – полособульб



Полособульб несимметричный по ГОСТ 21937-76

Номер про- филя	Элементы профиля								Момент сопро- тивле- ния, см ³
	Высота <i>h</i> , мм	Шири- на бульба <i>b</i> , мм	Толщина, мм		Пло- щадь без пояска, см ²	Рассто- яние до ц. т. <i>y</i> , см	Момент инерции, см ⁴		
			стен- ки	пояс- ка			<i>J</i> _{<i>x</i>₁<i>x</i>₁}	<i>J</i> _{<i>xx</i>}	
5	50	16	4	10	2,86	3,13	6,85	44	9
6	60	19	5	10	4,28	3,74	14,60	87	15
7	70	21	5	10	5,07	4,40	23,80	137	20
8	80	22	5	10	5,84	5,07	35,98	202	25
9	90	24	5,5	10	7,03	5,65	55,60	295	33
10	100	26	6	10	8,63	6,29	83,45	434	45
12	120	30	6,5	10	11,13	7,55	157,36	767	68
14a	140	33	7	10	14,05	8,82	271,51	1274	100
14б	140	35	9	10	16,85	8,53	324,11	1398	112
16a	160	36	8	10 15	17,94	9,99	452,07	1980 2200	140 147
16б	160	38	10	10 15	21,11	9,75	531,10	2190 2434	159 165
18a	180	40	9	10 15	22,18	11,13	712,53	2860 3280	188 200
18б	180	42	11	10 15	25,78	10,83	823,78	3130 3530	206 218
20a	200	44	10	15	27,36	12,35	1083,4	4730	268
20б	200	46	12	15	31,36	12,06	1236,1	5110	293
22a	220	48	11	15	32,82	13,53	1574,9	6500	345
22б	220	50	13	15	37,22	13,20	1777,3	6930	372
24a	240	52	12	15	38,75	14,71	2217,0	8720	434
24б	240	54	14	15	43,55	14,41	2478,8	9250	466

Элементы набора – тавр



Тавр по ГОСТ 5.9373-80

Номер про- филя	Элементы профиля								Момент инерции $J_{x_1x_1}$, см ⁴
	Высота h , мм	Шири- на пол- ки b , мм	Толщина, мм		Плю- щадь без прис. пояска, см ²	Рассто- яние до ц. т. y , см	Момент сопротив- ления, см ³		
			стен- ки s	полки s_l			при $f_0 = f_l$	при $f_0 = \infty$	
8	80	40	4	6	5,6	5,84	22,6	28,1	42,5
10	100	50	4	6	7,0	7,27	35,6	43,8	81,5
12	120	60	4	6	8,4	8,7	51,5	62,9	139,2
14	140	80	4	6	10,4	10,4	73,5	88,9	229,2
16а	160	80	4	6	11,2	11,6	92,4	112	325,3
16б	160	100	5	8	16,0	12,2	146	172	452,8
18а	180	100	4	8	15,2	13,9	162	188	529,0
18б	180	100	5	10	19,0	14,0	202	236	670,5
20а	200	100	5	8	18,0	14,6	186	228	813,9
20б	200	100	6	10	22,0	14,8	234	282	1001
22а	220	100	5	10	21,0	16,5	205	250	1137
22б	220	120	6	12	27,6	17,0	356	417	1459
25а	250	120	6	12	29,4	18,9	413	489	2042
25б	250	140	8	14	39,6	19,0	557	655	2768
28а	280	120	7	12	34,0	20,2	483	589	3050
28б	280	140	8	14	42,0	20,8	636	756	3722
32а	320	140	8	14	45,2	23,2	743	906	5280
32б	320	180	10	14	57,2	23,3	957	1160	6661
32в	320	160	8	16	51,2	24,4	932	1099	5797
36а	360	160	8	16	54,4	26,8	952	1154	7901
36б	360	200	10	14	64,0	26,2	1200	1450	9395
40а	400	180	10	14	65,2	28,0	1250	1550	11960
40б	400	220	12	16	83,2	28,8	1690	2060	15180
45а	450	200	10	14	73,0	31,4	1570	1940	16880
45б	450	250	14	18	108,0	32,2	2440	2990	26000
50а	500	220	12	16	95,2	34,5	2230	2790	28180
50б	500	250	14	18	115,0	35,1	2781	3442	32960
56а	560	250	14	18	123,4	38,5	3180	4000	44370
56б	560	300	16	20	149,6	39,6	4122	5070	53637
63а	630	300	14	20	148,2	44,7	4620	5650	66880
63б	630	360	18	22	152,6	44,9	6080	7430	87050
71а	710	360	16	22	152,8	50,5	6860	8340	110200
71б	710	400	20	24	238,0	50,3	8300	10170	136800
80а	800	360	18	22	223,2	54,6	8140	10220	163000
80б	800	450	22	26	253,0	56,5	11500	14130	213700

Контрольная работа по теме «Расчет эквивалентного бруса в первом приближении»

Безаварийная работа современного морского транспорта, компетенции постройки и ремонта судов, в обязательном порядке требуют овладения профессиональными знаниями, умениями и навыками в области контроля прочности транспортных средств, имеющих на рынке перевозок. Необходимо представлять конструкцию и возможности корпуса судна для осуществления безопасной работы при перевозке различных грузов морем, постройке и ремонте корпусов судов.

Для достижения целей получения компетенций в области расчетов и контроля общей продольной прочности корпуса морского судна, учебное пособие содержит теоретические сведения и наглядный пример расчета. Данный материал разбирается на практических занятиях и необходим для дальнейшей самостоятельной работы обучающихся. Материал включает методику выполнения расчетно-графического задания, расчетные требования к изгибающим моментам на тихой воде и на регулярном волнении, и к нормированию общей продольной прочности по требованиям Правил классификации и постройки морских судов Российского Морского Регистра Судоходства (далее Правила). Правила содержат эмпирические формулы позволяющие назначить прочные размеры связей судового стального цельносварного корпуса для судов многих типов и размеров, исходя из условий их эксплуатации. Соблюдение требований Правил позволяет быстро определить большинство размеров корпусных конструкций, не прибегая к сложным методам расчетного проектирования. Определение размеров связей в Правилах производится по расчетным схемам, представляющим конструкции в виде стержневых систем, работающих на изгиб, сдвиг и кручение, с учетом влияния смежных конструкций. При этом, регламентируются расчетные нагрузки, методы расчета и запасы прочности с учетом запасов на износ. Правила являются постоянно развивающимся инструментом, проектирования и проверки прочности конструкций корпусов судов, совершенствуясь на основе опыта эксплуатации, модельных экспериментов и научных исследований. В учебном пособии приводится методика проверочного расчета общей продольной прочности корпуса судна, прочные размеры которого были определены по Правилам. В учебных целях в пособии для выполнения расчетно-графического задания рассмотрена методика расчета эквивалентного бруса в первом приближении и выбор размеров расчетного сечения корпуса судна по эмпирическим формулам.

Теоретические сведения

Судно – это сложное инженерное сооружение, которое должно обладать рядом важнейших мореходных качеств, одним из которых является – прочность. Прочность корпуса судна принято условно разделять на общую продольную и местную прочность (местный изгиб, от непосредственно действующих сил, между жесткими связями корпуса как опорами). Корпус

судна представляет собой тонкостенную коробчатую балку переменного сечения, состоящую из листов наружной обшивки, настила второго дна, палуб и переборок, подкрепляемых поперечным и продольным набором. Корпус судна, как коробчатая балка, должен обладать достаточной общей прочностью, т.е. не разрушаться при общем продольном изгибе, вызванном воздействием внешних нагрузок. Расчетные нагрузки, определяющие продольную прочность судна, включают изгибающие моменты и перерезывающие силы на тихой воде, волновые изгибающие моменты и перерезывающие силы, и для судов с большим развалом бортов – изгибающие моменты от удара волн (их рост наблюдается для судов с большими коэффициентами общей полноты). За критерии прочности принимаются опасные состояния корпуса в виде пластических деформаций, потери устойчивости, хрупких разрушений и усталости материала. Нормирование прочности производят путем сравнения действующих напряжений с допускаемыми – нормируемыми от предела текучести материала. За опасное состояние принимают предельные характеристики поперечного сечения корпуса при жестко – пластическом изгибе (предельную прочность).

Для расчета общей продольной прочности, прежде всего, необходимо выяснить усилия, возникающие от действия внешних факторов.

При плавании судна на тихой воде за счет неуравновешенности сил веса и поддержания по длине корпуса (рисунок 1) возникают изгибающий момент и перерезывающие силы в поперечных сечениях, которые меняются по величине в зависимости от распределения весовой нагрузки при эксплуатации судна.

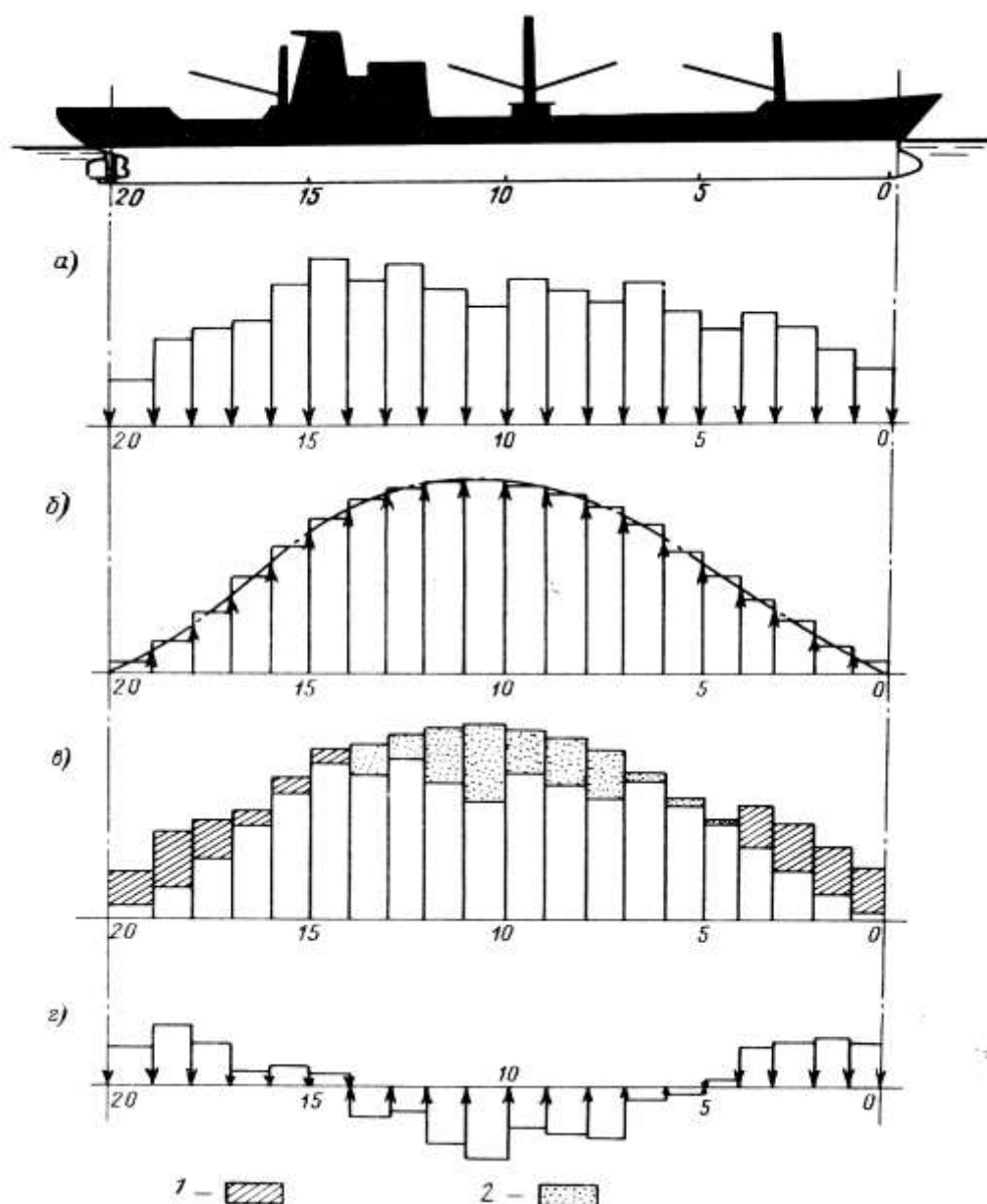


Рисунок 1 – Распределение сил веса и поддержания по длине корпуса судна:
а – ступенчатая кривая сил веса; б – кривая сил поддержания;
в – ступенчатая кривая распределения сил (1 – преобладание сил веса, 2 – преобладание сил поддержания); г – эпюра нагрузки

С увеличением коэффициента общей полноты неуравновешенность эпюр снижается, уменьшая изгибающий момент в миделевом сечении.

Морские суда, помимо нагрузок на тихой воде получают дополнительные составляющие нагрузки при плавании на волнении, за счет изменения действующей ватерлинии и возникновения большей неуравновешенности при распределении эпюры весовой нагрузки и сил поддержания по длине корпуса. В зависимости от перемещения профиля волны судно может испытывать как прогиб, так и перегиб, вызывая напряжения в палубе и днище. Усилия вызывающие перегиб корпуса, считаются положительными, а вызывающие прогиб корпуса – отрицательными (рисунок 2).

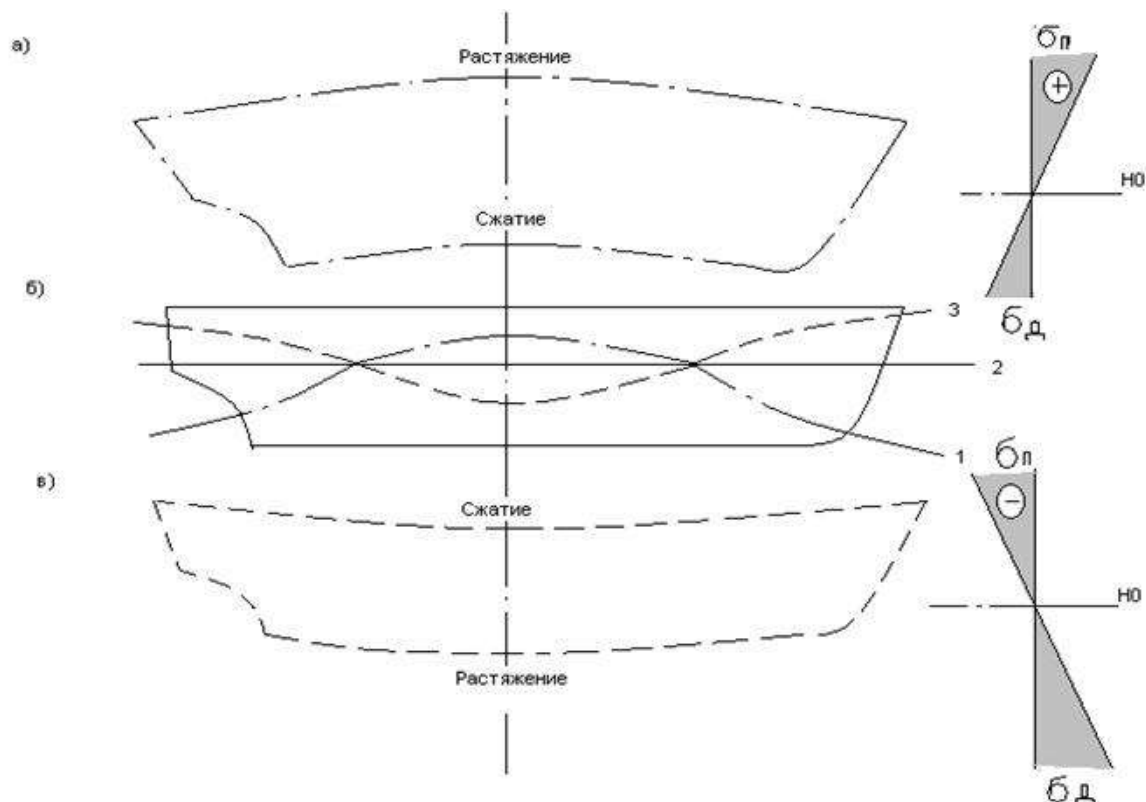


Рисунок 2 – Статическая постановка на волну:
а – перегиб; б – постановка на волну(1– вершина волны, 2 – тихая вода, 3 – подошва волны); в – прогиб

Предполагается, что судно находится в состоянии статического равновесия находясь на вершине или подошве волны. Эти положения судна соответствуют наибольшим силовым воздействиям при длине “стандартной волны” равной длине судна L и высоте $(1/20)L$, подобные соотношения обычно наблюдаются при плавании на мертвой зыби. Приближенный метод определения волнового изгибающего момента постановкой на волну называется методом Риды (по имени предложившего его английского корабельного инженера Э. Риды). Сумма изгибающего момента на тихой воде и волнового момента называется расчетным изгибающим моментом на регулярном волнении. В случае необходимости расчетный момент дополняется составляющей от удара волн.

В обеспечении общей продольной прочности участвуют только продольные непрерывные и достаточно протяженные связи корпуса судна. Пластины с вырезами учитывают не полностью. При расчетах во 2-ом и последующих приближениях уменьшают площадь сечения связей (редуцируют) привлекающихся к общему продольному изгибу частично (идущих не по всей длине корпуса и связей способных потерять устойчивость). Считается, что при изгибе продольные связи деформируются совместно как единая балка, которая может быть для целей расчета поперечного сечения, заменена моделью – эквивалентного бруса

(эквивалентного по общей продольной прочности корпусу судна) с высотой равной высоте борта судна и одинаковым законом распределения площади продольных связей (рисунок 3). Эквивалентный брус рассчитывают как балку на действие расчетного изгибающего момента и перерезывающей силы, для определения нормальных и касательных напряжений в поперечном сечении корпуса судна. При этом считается, что корпус судна гнется как балка относительно нейтральной оси, где нормальные напряжения равны нулю.

Изгибающие моменты и перерезывающие силы на тихой воде должны рассчитываться для всех реально возможных в эксплуатации случаев распределения весовой нагрузки по длине судна, включая состояние загрузки судна в полном грузу и балласте, в начале и конце рейса. Проверка продольной прочности выполняется для наиболее опасных сечений по длине корпуса судна. Как правило, в средней части в районе наибольшего изгибающего момента, в районе носовой переборки машинного отделения и первого трюма, местах значительного изменения поперечного сечения, и изменения системы набора.

Средством контроля прочности при загрузке судна является инструкция по загрузке и приборы контроля изгибающего момента и перерезывающей силы на тихой воде.

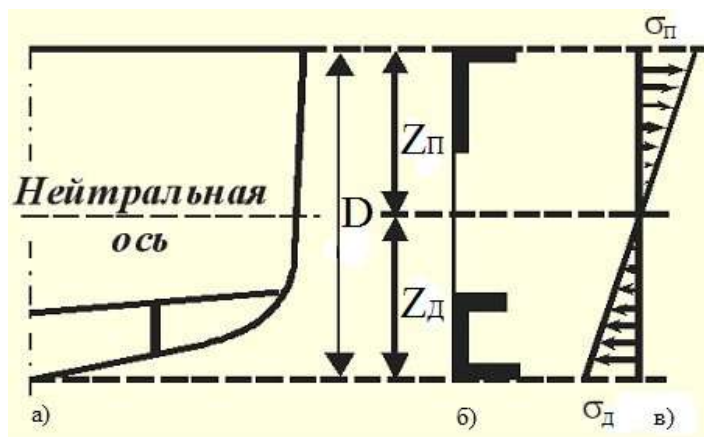


Рисунок 3 – Схема расчета общей продольной прочности:

А – схема продольных связей; б – эквивалентный брус;

в – нормальные напряжения в палубе и днище

Переломы судов как на тихой воде, так и на волнении происходили и происходят с завидной регулярностью. На заре цельносварного судостроения, из-за ошибок в проектировании, переломы и опасные трещины в поперечных сечениях корпуса массово появлялись на судах типа “Либерти” и танкерах типа “Т-2”. Наиболее известными из современных катастроф являются переломы танкеров “Эрика” и “Пристиж” связанные с большим экологическим ущербом и как следствие, политическим решением по выводу из эксплуатации до конца 2015г. однокорпусных танкеров. Перелом в 2013г. Суперконтейнеровоза «Мол-Комфорт2» и как следствие появление резолюции ИМО об обязательном взвешивании контейнеров. Достаточно велико число переломов судов для перевозки навалочных грузов, речных барж и судов типа река-море. Поэтому, для целей безопасной эксплуатации, согласно международной конвенции

СОЛАС-74, каждое морское судно свыше 500 регистровых тонн должно иметь на борту буклет – «информацию по остойчивости и прочности для капитана», где для безопасного плавания конкретного судна имеется диаграмма контроля продольной прочности (рисунок 4).

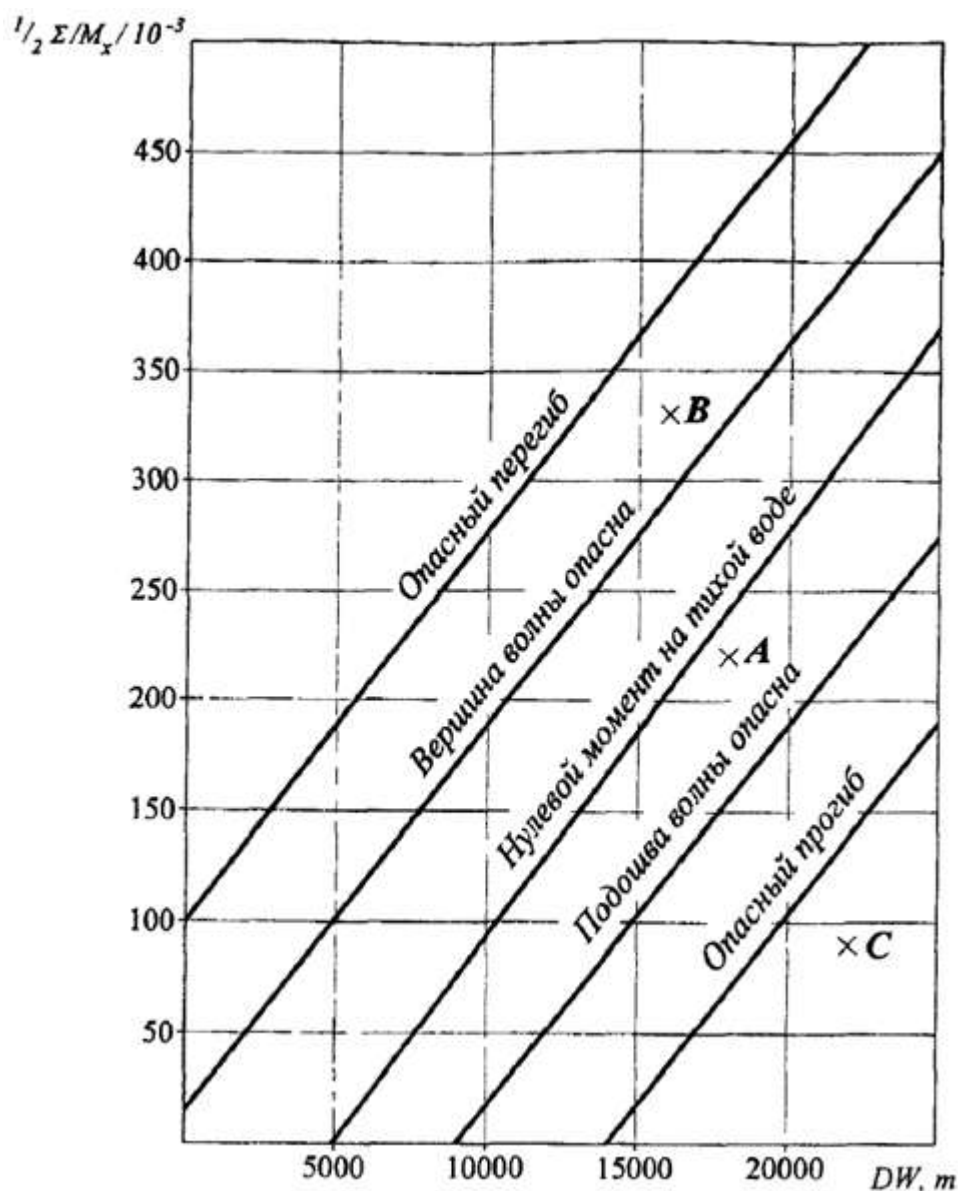


Рисунок 4 – Диаграмма контроля продольной прочности

Исходные данные

Исходные расчетные данные для выполнения задания определяются исходя из размеров продольных связей поперечного сечения корпуса судна по мидель-шпангоуту или (с округлением до целого числа) по следующим формулам:

- Длина (расчетная) $L = 70 + 3K_1 + K_2 + K_3$, м.;
- Ширина судна $B = 0,157L$, м.;

- Высота борта $D = 0,082L$, м.;
- Осадка $d = 0,069L$, м.;
- Радиус скулы $R = 0,096L$, м.;
- Ширина люка $b_{\text{л}} = 0,1095L$, м.;
- Высота двойного дна у киля $h = (L - 40)/570 + 0,04B + 3,5d/L$, м.
(принимается фактическая высота второго дна $h_{\text{ф}}$ – кратно 100 мм., с округлением до целого в большую сторону, но не менее 0,65м.);
- Коэффициент общей полноты $C_b = 0,8$;
- Толщина горизонтального киля, ширстрека и шпунтовых поясьев, вертикального киля и карлингса $S = 0,15L$, мм;
- Толщина флоров и днищевых стрингеров, днищевой и бортовой обшивки $(S - 1,0)$ мм;
- Толщина обшивки палуб и второго дна $(S - 2,0)$ мм;
- Ширина поясьев палуб, второго дна и наружной обшивки выбирается исходя из размеров поперечного сечения корпуса судна, и типоразмеров стандартной ширины листов судостроительной стали – (1400, 1600, 1800, 2000, 2200, 2400, 2600, 3000) мм;
- Размеры ребер жесткости подбираются исходя из ближайших больших параметров полособульбового профиля приведенных в приложении. Расчетные параметры высоты стенки ребра жесткости выбираются в зависимости от фактической высоты второго дна (измеренной в см.) по формулам:
Для продольных ребер жесткости днища и второго дна – $0,2 h_{\text{ф}}$ см.
Для продольных ребер жесткости палубы – $0,15 h_{\text{ф}}$ см.
Для продольных ребер жесткости вертикального киля и днищевой стрингера – $0,12 h_{\text{ф}}$ см.
- Значения величин коэффициентов K_1, K_2, K_3 выбираются в соответствии с шрифтом зачетной книжки обучающегося. Принимаются K_1, K_2 – последняя и предпоследняя цифры шрифта, K_3 – последняя цифра года поступления в Вуз.
- В случае выбора исходных данных по вышеуказанным формулам, расчетное сечение корпуса судна вычерчивается эскизно в масштабе как на рис. 5, с учетом выбранных размеров продольных связей.
- Материал корпуса принимается в качестве судостроительной стали подразделяющейся на категории по механическим свойствам и виду проката (листовой и профильный) толщины и характеристик поперечного сечения см. в приложении. В обозначении категории стали используется буквенное обозначение (A, B, D, E, F) характеризующее нормируемые механические свойства при определенной температуре. Вместе с буквой может стоять двухзначная цифра, определяющая верхний предел текучести стали в кгс/мм². Для целей выбора материала в первом приближении рекомендуется использовать таблицу 1.

Таблица 1

Выбор материала корпуса судна

Расчетная длина L, м	Категория стали	Верхний предел текучести R _{ен} , МПа	Допускаемые напряжения σ, МПа
Менее 120	A,B,D,E	235	175
100-160	A32,D32,E32,F32	315	224
140-200	A36,D36,E36,F36	355	243
Более 200	A40,D40,E40,F40	390	257

Допускаемые напряжения определяется по формуле:

$$\sigma = 175/\eta, \text{ МПа}, \quad (1)$$

где η – коэффициент использования механических свойств стали определяемый по таблице 2.

Таблица 2

Коэффициент использования механических свойств стали

R _{ен}	235	315	355	≥390
η	1,0	0,78	0,72	0,68

Методика расчета эквивалентного бруса в первом приближении

Для расчета эквивалентного бруса в первом приближении, все продольные связи в расчетном поперечном сечении корпуса судна считаются абсолютно жесткими и не теряющими устойчивость при действии расчетных нагрузок. В учебных целях расчет производят для миделевого сечения.

Наибольшие изгибающие моменты в кНм., на тихой воде для судна с кормовым расположением машинного отделения, определяют по формулам:

$$\text{При перегибе } M_{sw}^* = 0,0034\Delta(L^2/d)(1,15 - C_b), \quad (2)$$

$$\text{При прогибе } M_{sw} = -0,5M_{sw}^*, \quad (3)$$

где весовое водоизмещение $\Delta = 10C_bLBd$, кН.

Волновые изгибающие моменты в кНм.:

$$\text{При перегибе } M_w^* = 190c_wBL^2C_b10^{-3}, \quad (4)$$

$$\text{При прогибе } M_w = -110c_wBL^2(C_b + 0,7)10^{-3}, \quad (5)$$

где волновой параметр – $c_w = 0,0856L$ при $L \leq 90$ м. и $c_w = 10,75 - ((300 - L)/100)^{3/2}$ при $L > 90$ м.

Для расчета эквивалентного бруса вычерчивают все продольные связи половины миделевого сечения корпуса судна. На чертеже пронумеровывают связи двигаясь по часовой стрелке от диаметральной плоскости (см. рис. 5) и проставляют размеры их поперечных сечений в см.

Расчет элементов эквивалентного бруса оформляют в табличной форме (таблица 3).

Собственные моменты инерции связей определяют по формуле:

$$\text{Для прямолинейных элементов } i_c = 100sh^3/12, \quad (6)$$

$$\text{Для наклонных листов } i_c = (100sbh^2)/(12\cos \alpha),$$

$$\text{Для скулового пояса } i_c = 14,88s R^3,$$

где s – толщина связи в см.; h – высота связи в м.; α – угол наклона элемента к основной плоскости.

Табл.3.

Расчет эквивалентного бруса в первом приближении

№	Наименование и размеры, см	Площадь сечения, f_i , см ²	Расстояние от оси сравнения, z_i , м	Статический момент, $f_i \cdot z_i$, м ³ ·см ²	Моменты инерции, м ² ·см ⁴		Расстояние от нейтральной оси, $z_i - e$, м	Напряжения σ_i , МПа		
					переносный $f_i \cdot z_i^2$	собственный i_c		при прогибе	при перегибе	допускаемые
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	БК, 0.6 x 100	60	0.5	30	15	5				
2	р.ж. БК, п/б 16б	10.58	0.5	5.29	2.65	0				
3	ГК, 1.2 x 90	108	0	0	0	0				
4	обшивка днища, 1.0 x 360	360	0	0	0	0				
5	настил 2 дна, 0.9 x 595	535.5	1	535.5	535.5	0				
6	прод. балки 2 дна, 6 x п/б 18а	133.2	0.89	118.55	105.5	0.43				
7	прод. балки днища, 5 x п/б 18б	129	0.11	14.2	1.56	0.42				
8	прод. балка днища, п/б 18б	21	0.25	6.45	1.61	0.07				
9	р.ж. дн. стрингера, 2 x п/б 16а	35.92	0.5	17.96	8.98	1.44				
10	двигатель стрингер, 1.0 x 100	100	0.5	50	25	8.33				
11	скуловой лист, s1.0 R150	235.6	0.44	103.66	45.6	40.37				
12	настил палубы, 0.8 x 250	200	4.1	820	3362	0				
...										
19	стенка карлингса, 0.9 x 38	34.2	6.86	234.6	1609.4	0.41				
20	полка карлингса, 1.2 x 15	18	6.67	120.1	800.8	0				
Суммы по столбцам		$A = 2957.2$		$B = 7129.2$	$C = 36291$					

После заполнения первых семи колонок определяются главные характеристики эквивалентного бруса необходимые для расчета общей продольной прочности с учетом обозначений принятых в таблице3.

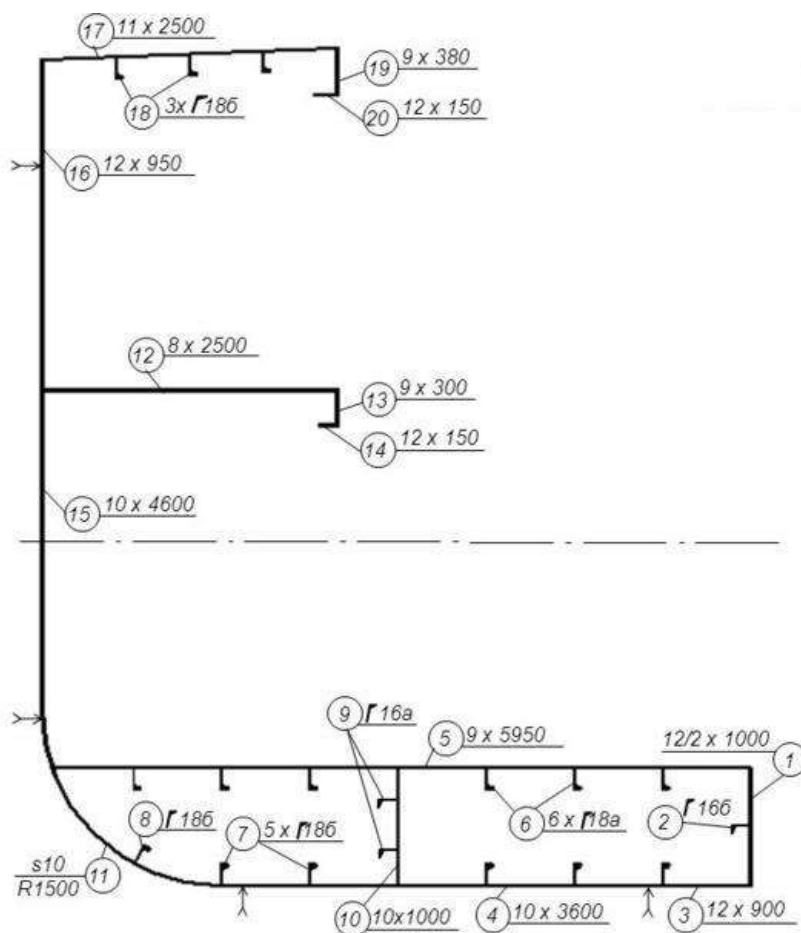


Рисунок 5 – Расчетное сечение корпуса судна

Отстояние нейтральной оси от оси сравнения в м.:

$$e = B/A \quad (7)$$

Момент инерции относительно нейтральной оси:

$$I = 2(C - e B) \quad (8)$$

После заполняется столбец 8 таблицы 3, при этом значения z_i ниже нейтральной оси принимаются со знаком минус.

Далее определяются фактические моменты сопротивления для палубы и днища в см^3 :

$$W_{\text{п}} = 100I/z_{\text{п}} ; W_{\text{д}} = 100I/z_{\text{д}} , \quad (9)$$

где $z_{\text{п}}$ и $z_{\text{д}}$ – отстояние крайних связей (днища и палубы) от нейтральной оси в м.

Вычисляются напряжения в продольных связях при прогибе и перегибе судна (столбцы 9 и 10 табл.3) по формуле:

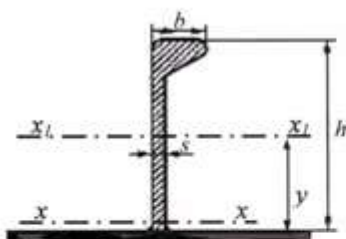
$$\sigma_i = 10 M_T (z_i / I) , \quad (10)$$

где z_i – отстояние i связи от нейтральной оси, в м.; M_T – расчетный изгибающий момент при прогибе и перегибе судна определяемый как сумма соответствующего волнового изгибающего момента (определяемого по формулам (4) и (5)) и момента на тихой воде (определяемого по формулам (2) и (3)). Напряжения в продольных связях должны сравниваться с допускаемыми

(столбец 11 табл. 3). В случае, если $\sigma_i \geq \sigma$ размеры соответствующей связи следует пересмотреть в сторону увеличения.

Момент сопротивления рассматриваемого поперечного сечения корпуса (палубы и днища) в см^3 должен быть не менее определенного по формуле:

$$W = (10^3 M_T / \sigma) \geq W_{\min} = c_w B L^2 (C_b + 0,7) \eta \quad (11)$$



Полособульб несимметричный по ГОСТ 21937-76

Номер про- филя	Элементы профиля								Момент сопро- тивле- ния, см ³
	Высота <i>h</i> , мм	Шири- на бульба <i>b</i> , мм	Толщина, мм		Пло- щадь без пояска, см ²	Рассто- яние до ц. т. <i>y</i> , см	Момент инерции, см ⁴		
			стен- ки	пояс- ка			<i>J_{x₁x₁}</i>	<i>J_{xx}</i>	
5	50	16	4	10	2,86	3,13	6,85	44	9
6	60	19	5	10	4,28	3,74	14,60	87	15
7	70	21	5	10	5,07	4,40	23,80	137	20
8	80	22	5	10	5,84	5,07	35,98	202	25
9	90	24	5,5	10	7,03	5,65	55,60	295	33
10	100	26	6	10	8,63	6,29	83,45	434	45
12	120	30	6,5	10	11,13	7,55	157,36	767	68
14a	140	33	7	10	14,05	8,82	271,51	1274	100
14б	140	35	9	10	16,85	8,53	324,11	1398	112
16a	160	36	8	10 15	17,94	9,99	452,07	1980 2200	140 147
16б	160	38	10	10 15	21,11	9,75	531,10	2190 2434	159 165
18a	180	40	9	10 15	22,18	11,13	712,53	2860 3280	188 200
18б	180	42	11	10 15	25,78	10,83	823,78	3130 3530	206 218
20a	200	44	10	15	27,36	12,35	1083,4	4730	268
20б	200	46	12	15	31,36	12,06	1236,1	5110	293
22a	220	48	11	15	32,82	13,53	1574,9	6500	345
22б	220	50	13	15	37,22	13,20	1777,3	6930	372
24a	240	52	12	15	38,75	14,71	2217,0	8720	434
24б	240	54	14	15	43,55	14,41	2478,8	9250	466

9.3. Оценочные средства для проведения промежуточного контроля с описанием показателей, критериев и шкалы оценивания

1. Критерии оценивания оценочного средства промежуточного контроля в виде зачета:

– логичность и аргументированность изложения материала вопроса;

- демонстрация глубоких знаний учебного материала по дисциплине;
- умение связывать знания, умения и навыки, полученные в ходе освоения дисциплины, с практикой собственной научной деятельности;
- умение обосновать собственную точку зрения при анализе конкретной проблемы исследования,
- умение свободно отвечать на поставленные дополнительные вопросы, делать обоснованные выводы.

2. Шкала оценивания и показатели оценивания оценочного средства промежуточного контроля в виде зачета:

– «зачтено» ставится за полное в устной или письменной форме изложение полученных знаний; в ответе допускаются несущественные ошибки, самостоятельно исправляемые аспирантом или после указания на них преподавателем; при изложении учебного материала аспирант выделяет основные определения изученного предмета, выявляет причинно-следственные связи, формулирует выводы по пройденным темам;

– «не зачтено» ставится в том случае если при устном или письменном ответе аспирант допускает грубые ошибки, демонстрирующие полное незнание и непонимание пройденного материала.

Перечень контрольных вопросов к зачету

№ п/п	Вопрос
1	2
1.	Системы набора корпуса судна
2.	Понятие общей продольной прочности
3.	Понятие местной прочности
4.	Эпюры нагрузки
5.	Эпюры ледовой нагрузки
6.	Расчет корпуса судна на действие льда
7.	Понятие слеминга и броученга, учет прочностных расчетов корпуса судна
8.	Системы набора контейнеровозов
9.	Системы набора накатных судов
10.	Системы набора балкеров
11.	Системы набора газовозов
12.	Системы набора универсальных судов
13.	Подкрепление судов в носовой конечности для работы во льдах
14.	Понятие проектирования ледовых поясьев
15.	Материалы для постройки корпусов судов
16.	Понятие конвенционного морского судна, стандарт прочности