

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Техника и технологии кораблестроения и водного транспорта»

Проектирование скоростных судов

Методические указания по выполнению курсового проекта по дисциплине
«Конструкция корпуса судов»

Ростов-на-Дону
ДГТУ
2024

УДК 629.5

Составители: Е. Е. Косенко, Д. И. Карпов

Проектирование скоростных судов: методические указания по выполнению курсового проекта / сост. Косенко Е. Е., Карпов Д. И. – Ростов-на-Дону: Донской государственный технический университет, 2024. – 92 с.

Предназначены для обучающихся направления подготовки 26.03.02 «Кораблестроение, океанотехника и ремонт судов и объектов морской инфраструктуры», 26.03.02 «Судостроение и судоремонт» всех форм обучения.

УДК 629.5

Печатается по решению методической комиссии факультета
«Кораблестроение и морская техника»

Научный редактор: доцент, к.т.н., доцент М. С. Полешкин

В печать 2024 г.

Формат 60×84/16. Объем ____ усл. п. л.

Тираж ____ экз. Заказ № ____

Издательский центр ДГТУ

Адрес университета и полиграфического предприятия:

344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1

© Донской
государственный
технический университет, 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
1. Содержание курсового проекта	5
1.1. Цель курсового проектирования	5
1.2. Задание на проектирование	5
2. Оформление курсового проекта	6
2.1. Пояснительная записка	6
2.2. Графическая часть проекта	6
3. Определение прочных связей корпуса	7
3.1. Архитектурно-конструктивный тип судна	7
3.2. Нормальная шпация и выбор материала корпуса	7
3.3. Расчет минимальных толщин связей корпуса	11
3.4. Выбор системы набора корпуса	13
3.5. Расчет момента сопротивления поперечного сечения корпуса	
3.6. Водонепроницаемые переборки. Разбивка корпуса на отсеки	16
3.7. Определение расчетных нагрузок на корпус судна	19
3.8. Расчет элементов конструкций корпуса по Правилам Регистра	22
3.9. Подбор рационального сечения балки с присоединённым пояском обшивки	29
3.10. Пиллерсы	32
3.11. Ледовые усиления	33
4. Указания к выполнению конструктивных чертежей корпуса	34
4.1. Выполнение чертежа "Конструктивный мидель-шпангоут"	34
4.2. Разработка и выполнение чертежа "Конструктивный продольный разрез"	34
4.3. Разработка рабочего чертежа секции корпуса морского судна	35
Заключение	36
Библиографический список	37
Приложение А	38
Приложение Б	41
Приложение В	42
Приложение Г	43

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания составлены в соответствии с программой дисциплины "Конструкция корпуса судов" по направлению 26.03.02 Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской инфраструктуры, профилю «Судостроение и судоремонт». При разработке указаний использовались курсы общего устройства судов, сопротивления материалов и другие.

Дисциплина "Конструкция корпуса судов" является базой при проектировании конструкции корпуса морских судов и плавучих сооружений. Задачи, решаемые при проектировании конструкций корпуса, требуют обеспечения прочности, надежности и работоспособности при минимальной металлоемкости. Необходимые характеристики надежности и работоспособности конструкций можно получить путем грамотного конструирования, базирующегося на анализе предшествующего опыта эксплуатации и изучения современных и перспективных судов.

Поэтому при выполнении курсового проекта предусматривается использование основного нормативного документа по конструкции морских судов – Правил классификации и постройки морских судов, часть II "Корпус" (в дальнейшем Правил), альбомов конструктивных мидель-шпангоутов и типовых конструкций, конструктивных чертежей технических и рабочих проектов судов, ГОСТов и ОСТов, а также другой нормативной документации, статей журнала "Судостроение" и др.

Выполнение курсового проекта способствует подготовке студента к изучению курсов строительной механики корабля, технологии судостроения и других специальных дисциплин.

Чертежи конструктивного мидель-шпангоута и конструктивного продольного разреза могут быть использованы при выполнении курсового проекта по курсу "Конструкция корпуса судов", а рабочий чертеж секции – для выполнения курсового проекта по "Технологии судостроения".

1. СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

1.1. Цель курсового проектирования

Целью курсового проекта является разработка конструкции корпуса судна, для которого известны главные размерения и обводы корпуса.

В состав проекта входят:

- пояснительная записка, включающая выбор архитектурно-конструктивного типа судна и определение прочных связей корпуса по Правилам;
- конструктивные чертежи, содержащие конструктивный мидель-шпангоут, конструктивный чертеж набора (продольный разрез части корпуса) и рабочий чертеж секции перекрытия.

Разработке подлежат корпуса судов, поднадзорных Регистру, в том числе сухогрузных (универсальных, навалочных грузов, контейнеровозов), наливных и комбинированных, промысловых и рыболовных, судов технического флота (плавающих кранов, ледаколов и др.). Рекомендуемые варианты судов приведены в прил. А.

При выполнении проекта следует обращать внимание на вопросы оптимизации и разработки новых конструкций корпуса и применения новых материалов. Студентам, связанным договорами с предприятиями и конструкторскими бюро, рекомендуется выполнять проекты по профилю будущей работы.

1.2. Задание на проектирование

Задание содержит следующие данные:

- тип и назначение судна;
- главные размерения судна, в том числе L – длина между перпендикулярами, м; B – ширина, м; D – высота борта, м; d – осадка в грузу, м;
- ледовая категория Регистра.

Исходные чертежи:

- теоретический чертеж;
- чертеж общего расположения прототипа.

В задании также указывается расположение машинного отделения по длине судна, часть корпуса для вычерчивания конструктивного чертежа набора и секция для разработки рабочего чертежа.

Исходные данные приведены в таблицах А.1, А.2, А.3 приложения А.

2. ОФОРМЛЕНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

2.1. Пояснительная записка

В пояснительную записку входят все расчеты с необходимыми пояснениями в соответствии с объемом работ, предусмотренным заданием.

Пояснительная записка должна включать титульный лист (прил. Б), оглавление, текст, библиографический список, приложение.

Оглавление должно включать заголовки разделов и подразделов и номера соответствующих страниц.

Текст основной части пояснительной записки излагается на листах формата А4 (210х297).

Каждый раздел нумеруется арабскими цифрами, а подраздел – арабскими цифрами в пределах каждого раздела (1.1, 1.2, и т.д.).

Рисунки и таблицы нумеруются последовательно в пределах всего проекта арабскими цифрами.

Формулы, на которые имеются ссылки в тексте, должны нумероваться в пределах раздела арабскими цифрами. Номер формулы должен состоять из номера раздела и порядкового номера формулы, разделенных точкой (1.2, 6.7).

В библиографический список включают все использованные источники в порядке появления ссылок в тексте.

2.2. Графическая часть проекта

Конструктивные чертежи должны быть выполнены в соответствии с требованиями ЕСКД и отраслевым стандартом ОСТ 5.0287-79 "Обозначения условные графические" (конструктивные элементы корпуса).

Конструктивный мидель-шпангоут и рабочий чертеж секции вычерчиваются на формате А1 (594х841) при горизонтальном расположении листа. Конструктивный чертеж набора для части судна выполняют на формате А1 или А2 (594х420).

В соответствии с размерами судна или конструкции корпуса и номером формата выбирается масштаб чертежа (М 1:10, 1:20, 1:25, 1:50, 1:100).

Все графические изображения конструкций (виды, разрезы, сечения) должны сохранять ориентацию относительно главных базовых плоскостей (основной, диаметральной или мидель-шпангоута), то есть соответствовать фактическому положению конструкции в составе корпуса.

Штамп к чертежам и спецификации приведены в прил. В.

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНЫХ СВЯЗЕЙ КОРПУСА

3.1. Архитектурно-конструктивный тип судна

При проектировании конструкций судна необходимо учитывать архитектурные требования к внешнему виду и его конструктивный тип. Конструктивный тип транспортного судна определяется наилучшей приспособленностью к грузовым операциям, размещению и хранению груза во время транспортировки при необходимом качестве, хорошей обитаемости для команды, достаточной прочности и минимальной массе.

Основой архитектурного вида являются формы основного корпуса, обеспечивающие минимальное сопротивление при движении в воде и хорошие мореходные качества на волнении, а также расположение, количество и форма надстроек, расположение машинного отделения, жилых помещений и трюмов.

Исходя из указанных требований, необходимо дать краткое описание архитектурно-конструктивного типа судна, его назначения, условий эксплуатации и выполнить схему общего расположения основных помещений на формате А4. На продольном разрезе судна показать расположение главных поперечных переборок, палуб, двойного дна, надстроек, обозначить названия основных помещений. Указанная схема должна дополняться по мере выполнения остальных разделов расчета.

При разработке схемы можно использовать описание судна-прототипа или близкого по назначению и размерам судна, приведенного в технической документации или журналах ("Судостроение" и др.).

3.2. Нормальная шпация и выбор материала корпуса

3.2.1. Нормальная шпация

Шпация является наиболее общим элементом почти всех корпусных конструкций: от величины шпации зависят прочные размеры (толщины) наружной обшивки, настилов второго дна, палуб и платформ, обшивки переборок, размеры набора и т.д. Шпация не является независимым параметром, так как взаимосвязана с характеристиками прочности и жёсткости почти всех связей корпуса.

На протяжении всей истории металлического судостроения величина шпаций увеличивалась, но делалось это достаточно осторожно – по мере углубления знаний о характере работы корпуса и его деталей, совершенствования конструкций и материала. Являясь индивидуальной характеристикой судна (сооружения), оптимальная шпация для различных судов различна, однако это не значит, что каждое судно должно иметь свою

шпацию. При большей шпации обеспечивается уменьшение объема работ по изготовлению, установке, сборке и приварке балок набора и деталей их соединений. Шпация, отвечающая минимуму веса, меньше шпации, отвечающей минимуму стоимости.

В связи с этим в Правилах Регистра, начиная с 1968 года, разрешено изменять размеры шпации в широких пределах (изменяя величину a по формуле 1,1 до $\pm 25\%$) без специального согласования с Регистром. Должна быть выбрана стандартная шпация в соответствии с отраслевым стандартом "Шпации морских стальных судов", предусматривающим для средней части судна следующие размеры шпации, мм: 400, 500, 550, 600, 700, 750, 800, 850, 900, 950, 1000.

Нормальная шпация (расстояние между балками основного набора) в средней части судна определяется по формуле

$$a_0 = 0,002L + 0,48, \text{ м.} \quad (3.1)$$

Полученное значение шпации округляется до стандартного размера. При поперечной системе набора на длине отсеков укладывается кратное число шпаций, а при продольной системе набора днища и палубы расстояние между флорами и рамными бимсами кратно шпации для шпангоутов борта.

В форпике и ахтерпике шпация должна быть не более 0,6 м; между переборкой форпика и сечением $0,2L$ в корму от носового перпендикуляра – не более 0,7 м.

С учетом выбранной шпации на схеме общего расположения следует показать положение практических шпангоутов и пронумеровать их.

3.2.2. Выбор материала корпуса

Выбор стали, для элементов конструкций корпуса, производится в зависимости от толщины и расчётной температуры конструкции по методике согласованной с Регистром, для различных групп связей.

Расчётные температуры конструкций можно определить в соответствии с ниже приведёнными в табл. 3.1 требованиями.

Расчётная температура конструкций, соприкасающихся с атмосферным воздухом, выражается через минимальную расчётную температуру атмосферного воздуха T_A . При отсутствии каких-либо указаний за T_A принимается минимальная среднесуточная температура воздуха в течение 5 лет эксплуатации судна, во всех случаях T_A должна быть не выше:

– 40 °С для ледоколов категории Icebreaker9, Icebreaker8, Icebreaker7 и судов ледового плавания категорий Arc7, Arc5;

– 30 °С для ледоколов категории Icebreaker 6 и судов ледового плавания категории Arc4;

- 10 °С для судов ледового плавания категорий Ice3 и Ice2;
- 0°С для судов ледового плавания категории Ice1, а также не имеющих ледовых усилений [1].

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

Т а б л и ц а 3.1

Расчетные температуры для судовых конструкций

Конструкция	Условия работы		Расчётная температура T_p		
	наличие изоляции	наличие подогрева	район грузовых помещений		район помещений вне грузовых
			танки	трюм	
1. Открытая часть расчётной палубы и примыкающий набор, конструкции подпалубных цистерн и переборок шириной 1 м	Есть	Нет	T_A		
	Нет	Есть	$0,5T_A$		
	Нет	Нет	$0,7T_A$	$T_A + 5\text{ }^{\circ}\text{C}$	$0,6T_A$
2. Расчётная палуба над не-обогреваемой надстройкой	Нет	Нет	$-10\text{ }^{\circ}\text{C}$		
3. Наружные конструкции надстроек	Есть	Есть	$0,5T_A$		
		Нет	$0,7T_A$		
4. Конструкции, охлаждаемые с двух сторон	Нет	Нет	T_A		
5. Бортовая обшивка выше ВЛ, выше ледового пояса, примыкающего к ней набора, и палуб, кроме расчётной, переборок на ширине 1 м	Есть	Нет	T_A		
	Есть	Есть	$0,7T_A$		
	Нет	Есть	$0,5T_A$		
	Нет	Нет	$0,7T_A$	$T_A + 5\text{ }^{\circ}\text{C}$	$0,6T_A$
6. Часть бортовой обшивки в районе переменной ВЛ, ледовый пояс	Есть	Нет	$0,55T_A$ – для сухогрузных судов		
			T_A – для ледоколов		
	Нет	Есть	$0,35T_A$		
	Нет	Нет	$0,4T_A$		

Для изготовления элементов конструкции корпуса предусматривается применение судостроительных сталей:

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

– повышенной прочности АН, ДН, ЕН и FH, категорий А32, D32, E32, F32 с $R_{ен} = 315\text{ МПа}$; А36, D36, E36, F36 с $R_{ен} = 355\text{ МПа}$; А40, D40, E40, F40 с $R_{ен} = 390\text{ МПа}$.

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. 3.2).

Т а б л и ц а 3.2

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. Верхние пояса продольных переборок 10. Разрезные продольные комингсы расчётной палубы	II	I
11. Наружные продольные связи, обшивка и набор длинных переборок.	II	I
Обшивка и набор в районе ледового пояса: - судов категории Ice3, Ice2, Ice1; - судов категории Arc7, Arc5 и ледоколов	I II	I II

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

Выбор стали для элементов конструкций корпуса, в т.ч. подверженных воздействию низких температур, производится по рис. 3.1 – 3.3.

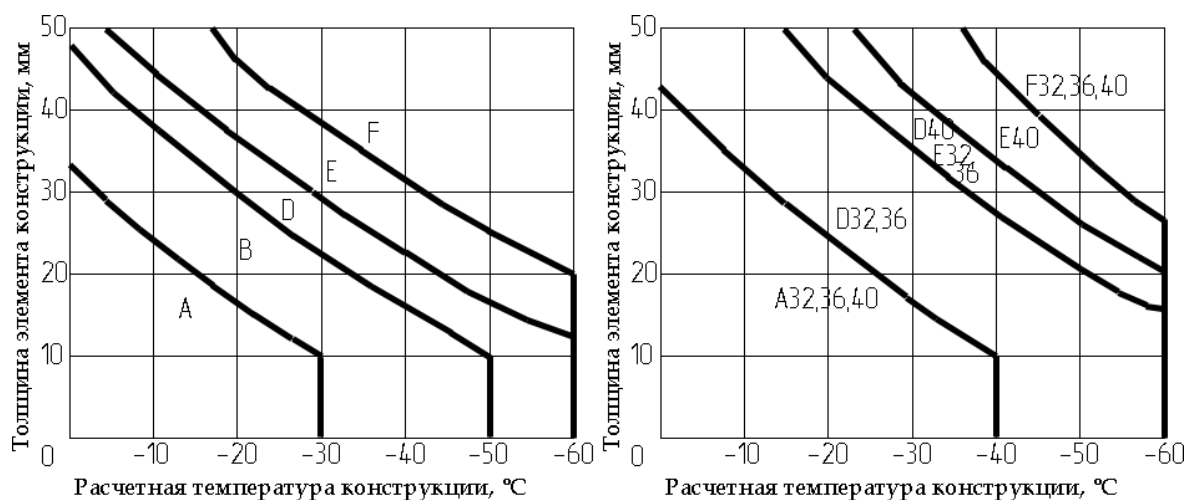


Рис. 3.1. Группа связей I

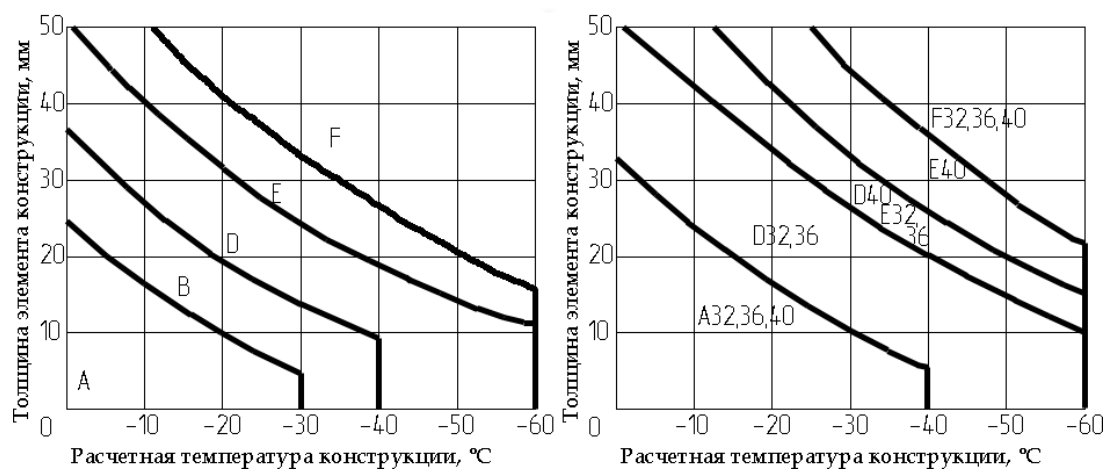


Рис. 3.2. Группа связей II

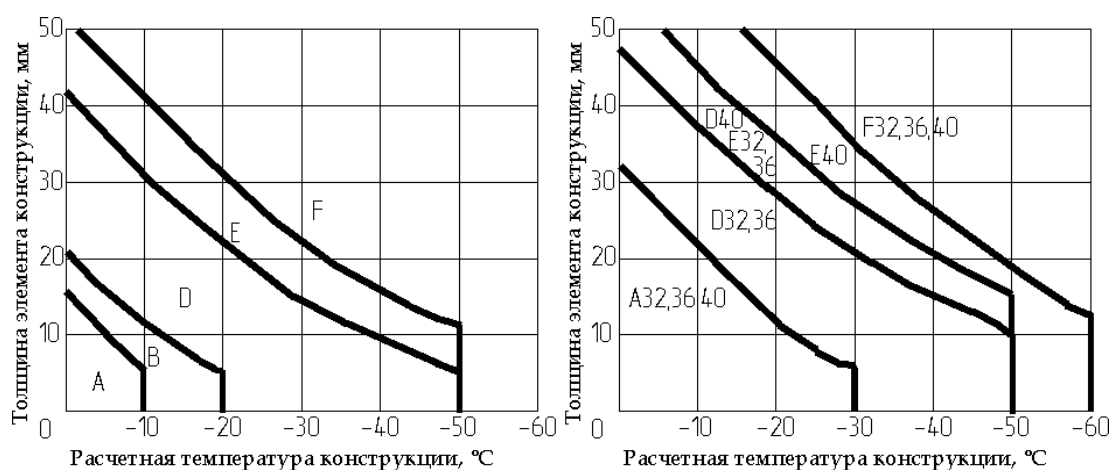


Рис. 3.3. Группа связей III

3.3. Расчет минимальных толщин связей корпуса

При разработке конструкций корпуса Правилами Регистра рекомендуются минимальные толщины элементов, ниже которых расчетные толщины элементов не допускаются.

Толщина наружной обшивки во всех случаях должна быть не менее, мм

$$S_{\min} = 3,1 + 0,12 \cdot L, \text{ при } L < 30 \text{ м}, \quad (3.2)$$

$$S_{\min} = (5,5 + 0,04 \cdot L) \cdot \sqrt{\eta}, \text{ при } L \geq 30 \text{ м},$$

где L – длина судна, м; η – коэффициент использования механических свойств стали, приведено в табл. 3.3.

Т а б л и ц а 3.3

$R_{сН}$	235	315	355	390
----------	-----	-----	-----	-----

η	1,0	0,78	0,72	0,68
--------	-----	------	------	------

Толщина настила верхней палубы судна на участке между бортом и линией больших вырезов в средней части и в районе танков наливного судна, мм.

$$S_{\min} = (4 + 0,05 \cdot L) \cdot \sqrt{\eta}, \text{ при } L < 100 \text{ м}; \quad (3.3)$$

$$S_{\min} = (7 + 0,02 \cdot L) \cdot \sqrt{\eta}, \text{ при } L \geq 100 \text{ м}.$$

Толщина второй (нижней) палубы судна на участке внутри линии больших вырезов и в оконечностях, мм.

$$S_{\min} = (4 + 0,04 \cdot L) \cdot \sqrt{\eta}, \text{ при } L < 100 \text{ м}; \quad (3.4)$$

$$S_{\min} = (7 + 0,01 \cdot L) \cdot \sqrt{\eta}, \text{ при } L \geq 100 \text{ м}.$$

Толщина третьей палубы и других нижележащих палуб или платформ, мм.

$$S_{\min} = (5 + 0,01 \cdot L) \cdot \sqrt{\eta}, \text{ при } L \geq 80 \text{ м}. \quad (3.5)$$

Толщина настила второго дна, мм.

$$S_{\min} = (3,8 + 0,05 \cdot L) \cdot \sqrt{\eta}, \text{ при } L < 80 \text{ м}; \quad (3.6)$$

$$S_{\min} = (5 + 0,035 \cdot L) \cdot \sqrt{\eta}, \text{ при } L \geq 80 \text{ м}.$$

Во всех случаях $S_{\min} \geq 5,5$ мм. В МО и трюмах без деревянного настила S_{\min} должна быть увеличена на 2 мм.

Толщина связей одинарного дна:

$$S_{\min} = 5,3 + 0,04 \cdot L, \text{ при } L < 80 \text{ м}; \quad (3.7)$$

$$S_{\min} = 6,5 + 0,025 \cdot L, \text{ при } L \geq 80 \text{ м}.$$

Толщина сплошных флоров в районе от форпиковой переборки до $0,25 \cdot L$ от носового перпендикуляра, в МО и пиках, в трюмах судов:

- при поперечной системе набора, мм

$$S_{\min} = 0,035 \cdot L + 5; \quad (3.8)$$

- при продольной системе набора, мм

$$S_{\min} = 0,035 \cdot L + 6. \quad (3.9)$$

Толщина элементов конструкции внутри двойного дна, мм

$$\begin{aligned} S_{\min} &= 0,045 \cdot L + 3,9, \text{ при } L < 80 \text{ м;} \\ S_{\min} &= 0,025 \cdot L + 5,5, \text{ при } L \geq 80 \text{ м.} \end{aligned} \quad (3.10)$$

Толщина S_{\min} вертикального киля должна быть увеличена на 1,5 мм, но не больше S_{\min} горизонтального киля, S_{\min} флоров может быть не меньше S_{\min} наружной обшивки днища.

Толщина обшивки борта в оконечностях, мм.

$$\begin{aligned} S_{\min} &= 0,01 \cdot L + 4,4, \text{ при } L < 80 \text{ м;} \\ S_{\min} &= 0,055 \cdot L + 8, \text{ при } L \geq 80 \text{ м.} \end{aligned} \quad (3.11)$$

Толщина платформ двойного борта, мм.

$$S_{\min} = 0,018 \cdot L + 6,2. \quad (3.12)$$

Толщина внутреннего борта, обшивки водонепроницаемых переборок и переборок масляных цистерн, мм.

$$S_{\min} = 0,02 \cdot L + 4. \quad (3.13)$$

Толщина переборок цистерн за исключением масляных, мм.

$$S_{\min} = 0,015 \cdot L + 5, \quad 7,5 \geq S_{\min} \geq 6. \quad (3.14)$$

Толщина нижних листов переборок должна быть на 1 мм больше толщины, полученной по указанной формуле, но не менее 6 мм.

Толщина конструкций, ограничивающих танки (грузовые и балластные) наливных судов, или внутри указанных танков (наружная обшивка, обшивка переборок, рамные связи), мм.

$$S_{\min} = 0,025 \cdot L + 6,5, \text{ при } 80 \leq L \leq 200 \text{ м;} \quad (3.15)$$

$$S_{\min} = 0,020 \cdot L + 7,5, \text{ при } 200 \leq L \leq 250 \text{ м.} \quad (3.16)$$

Для остальных конструкций $S_{\min} = 11,5$ мм.

3.4. Выбор системы набора корпуса

При расчетном проектировании связей корпуса очень важно предварительно решить вопрос, какая система набора для палубных днищевых и бортовых перекрытий будет наиболее рациональной для данного проектируемого судна. Нужно учитывать, что выбор системы набора судовых перекрытий, т.е. порядок расположения балок набора, подкрепляющих листы наружной обшивки, в значительной степени зависит от принципов и условий обеспечения местной прочности отдельных перекрытий.

При выборе системы набора перекрытия необходимо исследовать влияние отдельных параметров на его массу, технологичность, ремонтпригодность, надежность и стоимость изготовления. Зная внешние нагрузки и ограничивая себя установленными практикой величинами минимально допустимых толщин листов и расстояний между балками набора, варьируя взаимным расположением балок набора и геометрическими характеристиками последних (при разных системах набора перекрытия), выбирают такие соотношения параметров, при которых масса перекрытия будет минимальной. Таким образом, в результате проделанной работы производят выбор оптимальной системы набора для перекрытия с заданными размерами и условиями закрепления балок набора на опорном контуре перекрытия.

Системы набора корпусных перекрытий выбирают с учетом условий работы материала корпуса, условий работы отдельных судовых перекрытий и условий работы конструкций во время эксплуатации.

Одной из самых важных задач, определяющих выбор системы набора верхнего и нижнего поясков эквивалентного бруса (верхней палубы и днища), является обеспечение устойчивости листового материала. При тонких листах или при больших сжимающих усилиях обеспечить устойчивость листов в поперечной системе набора оказывается затруднительно.

Изменения в конструктивно-архитектурном облике судна, связанные со смещением надстроек и машинного отделения в корму, способствуют увеличению прогибающих моментов у судов с грузом, сжимающих палубу, а уменьшение поперечных размеров непрерывной части верхней палубы на сухогрузных судах (полное раскрытие палуб) - широкому применению сталей повышенной прочности для корпуса судна, снижению толщин листов днища и верхней палубы и увеличению опасности потери устойчивости.

Все вышеприведенные обстоятельства способствуют преимущественному использованию продольной системы набора днища и верхней палубы на всех судах длиной свыше 100 м. Поперечная же система для днища и палубы может оказаться целесообразной только для небольших судов с низким уровнем напряжений.

Для бортовых перекрытий большинства судов обычно более рациональной оказывается поперечная система набора, однако в верхней и ниж-

ней частях бортов необходимо устанавливать дополнительные продольные ребра жесткости для увеличения устойчивости листов обшивки. При небольшой длине и большой высоте бортовых перекрытий может оказаться целесообразным принимать продольную систему набора исходя из условий обеспечения местной прочности.

3.5. Расчет момента сопротивления поперечного сечения корпуса

При проверке прочности судна необходимо в соответствии с (3.17) вычислить момент сопротивления поперечного сечения корпуса. Приведенные ниже формулы распространяются на суда неограниченно-

го района плавания длиной более 60 м с отношением $\frac{L}{D} = 18$ и $\frac{B}{D} = 2,5$.

Расчетным при проверке прочности обычно является момент сопротивления палубы. Момент сопротивления палубы, 10^{-6} м^3 , нового корпуса в начале эксплуатации в миделевом сечении корпуса должен быть не менее определенного по формуле

$$W_d = \frac{M_{S\omega} + M_{\omega}}{\sigma_f} \cdot 10^3 + \Delta W, \quad (3.17)$$

где $M_{S\omega}$ – абсолютное значение расчетного изгибающего момента, кН·м;

M_{ω} – волновой изгибающий момент, кН·м;

σ_f – допускаемое напряжение, МПа;

ΔW – часть момента сопротивления, учитывающая запас на коррозию и износ, 10^{-6} м^3 .

Расчетный изгибающий момент на тихой воде должен быть не менее

$$M_{S\omega} = K_C \cdot K_{\omega} \cdot C_{\omega} \cdot B \cdot L^2 \cdot (C_B + 0,7) \cdot \Phi \cdot \alpha_X. \quad (3.18)$$

В расчете принять $K_{\omega} = 0,076$; $\Phi = 1,0$; $K_C = 1,0$; $\alpha_X = 1,0$;

$C_B > 0,6$ – коэффициент общей полноты.

$$C = 10,75 - \frac{(300 - L)_3}{2} \leq 10,75. \quad (3.19)$$

$$\varpi \quad \left(\begin{array}{c} 100 \end{array} \right)$$

Волновой изгибающий момент, кН·м,

$$M_{\varpi} = K_C \cdot K_{\varpi} \cdot C_{\varpi} \cdot B \cdot L^2 \cdot (C_B + 0,7) \cdot \Phi \cdot \alpha_X. \quad (3.20)$$

В расчете принять $K_{\varpi} = 0,0665$; $\Phi = 1,0$; $K_C = 1,0$; $\alpha_X = 1,0$.
Тогда

$$M_{\varpi} = 0,0665 \cdot C_{\varpi} \cdot B \cdot L^2 \cdot (C_B + 0,7). \quad (3.21)$$

Для прогибающего момента, МПа,

$$\sigma_f = \frac{160}{\eta}. \quad (3.22)$$

Для перегибающего момента, МПа,

$$\sigma_f = \frac{155}{\eta}. \quad (3.23)$$

Значение η приведены в зависимости от предела текучести стали в табл. 3.3.

$$\Delta W = K_K \cdot C_W \cdot B \cdot L^2 \cdot (C_B + 0,7). \quad (3.24)$$

В расчете принять $K_K = 0,05$.

Момент инерции поперечного сечения корпуса, 10^{-8} м^4 средней части длины судна должен быть не менее величины, определяемой по формуле:

$$I = 3 \cdot C_W \cdot B \cdot L^3 \cdot (C_B + 0,7) \cdot 10^{-8}. \quad (3.25)$$

Фактически значения момента сопротивления и момента инерции поперечного сечения корпуса должны быть не менее величин, определенных по формулам (3.17) и (3.25) соответственно.

3.6. Водонепроницаемые переборки. Разбивка корпуса на отсеки

3.6.1. Основные положения

Когда выбран тип механической установки, но еще не известны характеристики главного двигателя, суммарную длину машинно-котельных отделений можно выразить в долях длины судна

$$l_{MKO} = k \cdot L. \quad (3.26)$$

Значения коэффициента k снимаются с графиков на рис. 3.4 и 3.5. Кривые 1 и 2 (рис. 3.4) относятся к дизельным установкам как с прямой передачей на винт, так и с редукторной. Для дизель-редукторных установок с двумя двигателями в средней части судна значения k довольно стабильны и при длине судна $L = 75 - 150$ м составляют 0,13 - 0,15.

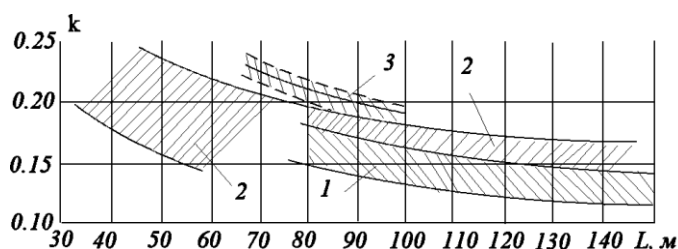


Рис. 3.4. Значения коэффициента k в формуле (3.26) для энергетической установки с одним дизелем в средней части судна (1); с одним дизелем и кормовой части судна (2); для дизель-редукторной установки с двумя дизелями в кормовой части судна (3)

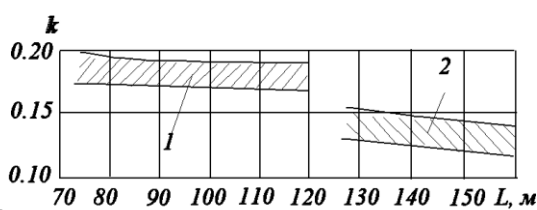


Рис. 3.5. Значения коэффициента k , в формуле (3.26) для дизель-электрической установки в кормовой части судна (1) и паротурбинной установки в средней части судна (2)

Значительные колебания коэффициента k в области малых длин при кормовом расположении дизельной установки объясняются более существенным, чем при ином расположении машинного отделения (МО), влиянием конструктивного типа главного двигателя на длину машинного отделения (поскольку здесь приходится вписывать установку в суженные обводы корпуса судна), а следовательно, и на величину коэффициента k . Для установок с газовыми турбинами значения k близки к нижнему пределу дизельных установок [9, 10].

Общее число поперечных водонепроницаемых переборок, включая переборки форпика и ахтерпика, должно быть, как правило, не менее указанного в табл. 3.4. Эти требования относятся только к грузовым судам и являются минимальными.

Если предусматривается обеспечение непотопляемости судна, число и расположение водонепроницаемых переборок (а также частичных водонепроницаемых переборок) следует принимать в соответствии с требованиями части V "Деление на отсеки" [1].

В отдельных случаях Регистр может допустить уменьшение числа переборок.

При этом расстояние между соседними водонепроницаемыми переборками, как правило, не должно превышать 30 м. Увеличение этого расстояния является в каждом случае предметом специального рассмотрения Регистром.

Все водонепроницаемые поперечные переборки, расположенные между форпиковой и ахтерпиковой переборками, должны быть доведены до палубы надводного борта.

Отсеки, предназначенные для перевозки жидких грузов и балласта, у которых $l > 0,13 \cdot L$ и (или) $b > 0,6 \cdot B$ являются предметом специального

рассмотрения Регистром (l и b - длина и ширина отсека, измеренные на середине его высоты, м).

Т а б л и ц а 3.4

Длина судна, м	Общее число переборок	
	машинное отделение в средней части	машинное отделение в корме ¹
До 65	4	3
От 65 до 85	4	4
От 85 до 105	5	5
От 105 до 125	6	6
От 125 до 145	7	6
От 145 до 165	8	7
От 165 до 185	9	8
Свыше 185	По согласованию с Регистром	
¹ Переборка ахтерпика образует кормовую границу машинного отделения		

3.6.2. Учет требований международных конвенций

Переборки пиков и машинного отделения, туннели гребных валов на пассажирских судах.

1. Должна устанавливаться форпиковая или таранная переборка, которая должна быть водонепроницаемой до палубы переборок. Эта переборка должна располагаться на расстоянии не менее 5 % длины судна L и, но более 3 м плюс 5 % длины судна L , от носового перпендикуляра (рис. 3.7).

2. Если какая-либо часть корпуса судна ниже ватерлинии выступает за носовой перпендикуляр, например, бульбовый нос, расстояние измеряется от точки, расположенной посередине длины такого выступа, либо на расстоянии, равном 1,5 % длины судна в нос от носового перпендикуляра, либо на расстоянии 3 м в нос от носового перпендикуляра, смотря по тому, какое из измерений даст наименьший результат (рис. 3.6).

3. Если имеется длинная носовая надстройка, форпиковая или таранная переборка на всех пассажирских судах должна быть продлена непроницаемой при воздействии моря до следующей сплошной палубы, расположенной непосредственно над палубой переборок. Продолжение должно быть выполнено так, чтобы исключить возможность его повреждения носовой дверью при повреждении или отрыве носовой двери.

4. Ахтерпиковая переборка, а также носовая и кормовая переборки, отделяющие машинное помещение в нос и корму от грузовых и пассажирских помещений, также должны устанавливаться и быть водонепроницаемыми до палубы переборок.

Ахтерпиковая переборка может, однако, иметь уступ ниже палубы переборок при условии, что степень безопасности судна в отношении деления на отсеки при этом не снижается.

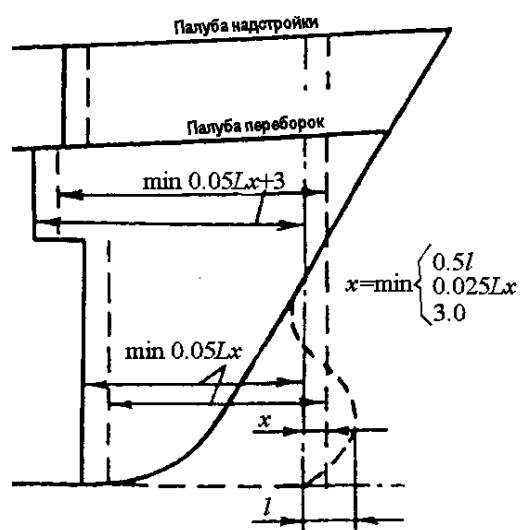


Рис. 3.6. Расположение таранной переборки

5. Во всех случаях дейдвудные трубы должны быть заключены в водонепроницаемые помещения небольшого объема.

Дейдвудный сальник должен располагаться в водонепроницаемом туннеле гребного вала или другом, отделенном от отсека дейдвудной трубы водонепроницаемом помещении такого объема, чтобы в случае его затопления из-за просачивания воды через дейдвудный сальник предельная линия погружения не оказалась под водой.

Переборки пиков, машинного отделения и дейдвудные трубы на

грузовых судах.

1. Должна устанавливаться таранная переборка, которая должна быть водонепроницаемой до палубы надводного борта. Эта переборка должна располагаться от носового перпендикуляра на расстоянии не менее 5 % длины судна или 10 м, смотря по тому, что меньше. В отдельных случаях может быть разрешено иное расстояние, но не более 8 % длины судна.

2. Если какая-либо часть корпуса судна ниже ватерлинии выступает за носовой перпендикуляр, например, бульбовый нос, расстояние измеряется от точки, расположенной посередине длины такого выступа, либо на расстоянии, равном 1,5 % длины судна в нос от носового перпендикуляра, либо на расстоянии 3 м в нос от носового перпендикуляра, смотря по тому, какое из измерений даст наименьший результат.

С учетом всех перечисленных требований выполнить разбивку корпуса судна на отсеки в масштабе на формате А4.

3.7. Определение расчетных нагрузок на корпус судна

В настоящем расчете приведены основные формулы для определения расчетных нагрузок, связанных с воздействием моря на корпус судна и ускорений судна при качке, а также нагрузок от воздействия сухих и жидких грузов (1.3.2 по [1]). Полученные расчетные нагрузки в дальнейших расчетах используются для выбора толщины листов и размеров листов набора корпуса.

3.7.1. Расчетное давление P , кПа для точек приложения нагрузок, расположенных ниже летней грузовой ватерлинии

$$P = P_{st} + P_{\omega} . \quad (3.27)$$

Для точек приложения нагрузок, расположенных выше ЛГВ

$$P = P_{\omega} . \quad (3.28)$$

Расчетное статическое давление, кПа, для точек приложения ниже летней грузовой ватерлинии (ЛГВ), определяется по формуле:

$$P_{st} = \rho \cdot g \cdot z_i , \quad (3.29)$$

где z_i – отстояние точки приложения нагрузки от ЛГВ, м (рис. 3.7);

$\rho = 1,025 \text{ т/м}^3$ – плотность морской воды;

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

Расчетное давление, обусловленное перемещением корпуса относительно профиля волны, кПа, определяются по формулам:

$$P_{\omega\omega} = 5 \cdot c_{\omega} \cdot a_v \cdot a_x, \quad (3.30)$$

где

c_{ω} – волновой коэффициент, м, принимаемый равным

$$c_{\omega} = 0,0856 \cdot L \text{ при } L \leq 90 \text{ м;}$$

$$c_{\omega} = 10,75 - \left(\frac{(300 - L)^{3,2}}{100} \right) \text{ при } 90 < L < 300 \text{ м; } (3.31)$$

$$c_{\omega} = 10,75 \text{ при } 300 \leq L \leq 350 \text{ м;}$$

$$a_v \cdot a_x \geq 0,6.$$

Расчетное волновое давление:

- ниже уровня ватерлинии

$$p_{\omega} = p_{\omega\omega} - \frac{1,5 \cdot c_{\omega} \cdot z_i}{d}; \quad (3.32)$$

- выше уровня ватерлинии

$$p_{\omega} = p_{\omega\omega} - 7,5 \cdot a_x \cdot z_i, \quad (3.33)$$

$$p_{\omega} = \frac{3 \cdot L}{100} + 3,5 \geq 5 \text{ кПа, } (3.34)$$

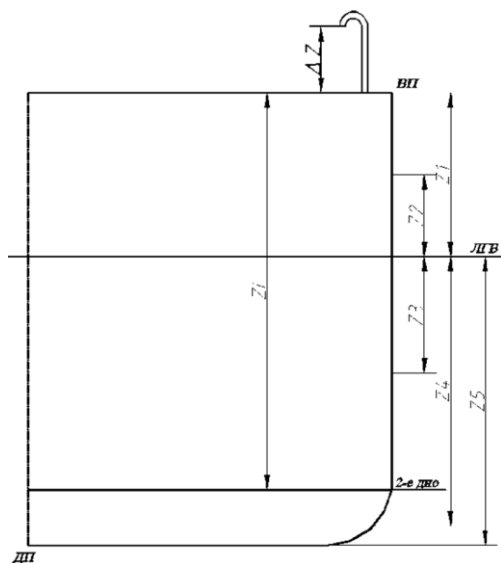


Рис. 3.7. Отстояние точки приложения нагрузки от ЛГВ

$$a_x = k_x \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot x_1}{L} \right) \geq 0,267;$$

$$k_x = 0,8 \text{ — для поперечных сечений в нос от миделя;}$$

$$k_x = 0,5 \text{ — для поперечных сечений в корму от миделя;}$$

$$v_0 \text{ — спецификационная скорость, уз.}$$

x_1 — отстояние поперечного сечения от ближайшего (носового или кормового) перпендикуляра, м.

3.7.2. Нагрузки на корпус от перевозимого груза, топлива, балласта

Расчетное давление, P_r кПа, на перекрытия грузовых палуб, плат-

форм, двойного дна от штучного груза определяется по формуле:

$$P_{\Gamma} = h \cdot \rho_{\Gamma} \cdot g \cdot \left(1 + \frac{a_z}{g} \right) \geq 20, \quad (3.35)$$

где ρ_{Γ} – плотность груза, т/м³;

h – расчетная высота укладки груза, м; a_z – проекция расчетного ускорения в вертикальном направлении, определяемого по формуле

$$a_z = g \cdot \frac{0,9}{\sqrt[3]{L}} (1 + k_a)$$

где $K_a = 1,6 \cdot \left(1 - 2,5 \frac{x_1}{L} \right) \geq 0$ – в носовой части корпуса;
 $K_a = 0,5 \cdot \left(1 - 3,33 \frac{x_1}{L} \right) \geq 0$ – в кормовой части.

Давление на второе дно сухогрузного судна, в котором размещены балластные и топливные цистерны, определяется по формуле

$$p = 0,75 \cdot \rho \cdot g \cdot (z_i + \Delta z);$$

$$P = \rho_{\Gamma} \cdot g \cdot z_i + P_K,$$

в зависимости от того, что больше,

где ρ – плотность морской воды, т/м³;

ρ_{Γ} – плотность груза, балласта или топлива, т/м³;

P_K – давление, кПа, на которое отрегулирован предохранительный клапан, но не менее 15 кПа для балластных цистерн сухогрузов и не менее 25 кПа – для танков наливных судов;

z_i – отстояние связи от уровня палубы в ДП, м;

$\Delta z \geq 1,5$ – высота воздушной трубки над цистерной, м, для сухогрузов;

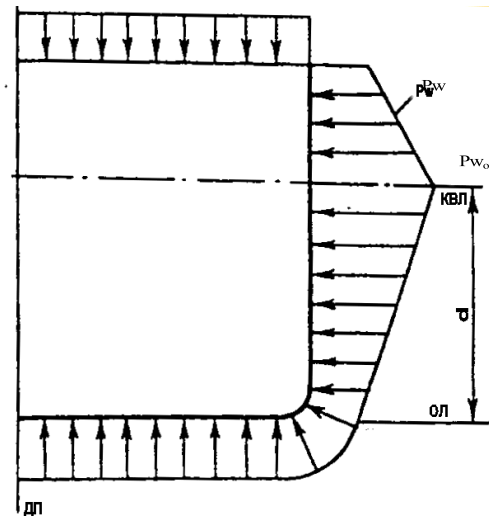
$\Delta z \geq 2,5$ – высота воздушной трубки над цистерной, м, для танков

наливных судов.

При определении грузовместимости трюмов судов используется удельная погрузочная кубатура, μ , м³/т – величина, обратная плотности груза ρ , т/м³

$$\rho = \frac{1}{\mu}.$$

Рис. 3.8. Распределение нагрузки P_{ω}
по контуру поперечного сечения судна



В табл. 3.5 приведены значения плотности груза и удельной погрузочной кубатуры для различных типов судов и грузов.

Т а б л и ц а 3.5

Плотность груза и удельная погрузочная кубатура

Тип судна	Наименование груза	Плотность груза, ρ , т/м ³	Удельная по- грузочная ку- батура, μ , м ³ /т
Навалочные	Тяжелая руда	-	0,35...0,45
	Легкая руда	-	0,55...0,60
	Каменный уголь	-	1,30...1,35
	Тяжелое зерно	-	1,25...1,30
	Легкое зерно	-	1,55...1,60
Контейнеровозы	Контейнеры	-	2,20...2,40
Лесовозы	Пиловес	-	2,42...2,94
Сухогрузы	Свинец в чушках	-	0,2
	Генеральные грузы	-	1,45...1,65*
		-	1,85...2,25
	Пробка в кипах	-	7,90
Наливные	Бензины	0,70...0,76	-
	Керосины	0,77...0,82	-
	Дизельное топливо	0,83...0,87	-
	Сырая нефть	0,80...0,90 и более	-
	Мазуты	0,92...0,99	-

* – при максимальной длине отсека.

3.8. Расчёт элементов конструкций корпуса по Правилам Регистра

В этом задании определяются расчетные значения толщины обшивки, настилов и моментов сопротивления поперечного сечения балок основного набора.

3.8.1. Расчет листовых элементов корпуса

Под листовым элементом понимается участок обшивки или настила, ограниченный подкрепляющим набором. К листовым элементам относятся участки настилов палуб, платформ, второго дна и участки обшивки днища, борта, переборок, а также стенок рамного набора.

Толщина настила или обшивки, мм, нагруженных поперечной нагрузкой должна быть не менее

$$S = m \cdot a \sqrt{\frac{K \cdot p}{K_{\sigma} \cdot \sigma_n}} + \Delta S, \quad (3.41)$$

где $K=1$ при $a_1 | a > 2$;

$$K = 0,16 \cdot \left(\frac{a_1}{a} + 4,2 \right) \text{ при } 1,5 < a_1 \leq 2;$$

$$K = 0,7 \cdot \left(\frac{a_1}{a} - 0,2 \right) \text{ при } 1,0 \leq a_1 < 1,5;$$

a, a_1 – размер меньшей и большей из сторон листового элемента, м;

p – максимальное значение расчетного давления, кПа;

ΔS – запасы на износ и коррозию, мм, назначаются в зависимости от планируемого срока службы конструкции и среднегодового уменьшения толщины связей и определяются по формуле

$$\Delta S = U \cdot \frac{T}{2}, \quad (3.42)$$

где $T = 24$ – срок службы, год;

U – среднегодовое уменьшение толщины связи, мм/год.

В табл. 3.6 предусмотрено деление судов:

I – сухогрузные и аналогичные им суда;

II – наливные, навалочные и комбинированные суда.

Расчётный нормативный предел текучести МПа

$$\sigma = \frac{235}{\eta}, \quad (3.43)$$

где η – коэффициент использования механических свойств стали (табл. 3.4).

Для наружной обшивки днища и борта $m = 15,8$.

Для днищевой обшивки $k_\sigma = 0,3$;

$k_B \leq 0,6$ – в средней части судна $L \geq 65$ м при поперечной системе набора;

$k_B = 0,6$ – в средней части судна при продольной системе набора;

$k_B = 0,7$ – в оконечностях.

Т а б л и ц а 3.6

Среднегодовое уменьшение толщин элементов конструкции корпуса

Элементы конструкции корпуса	U , мм/год	
	группа I	группа II
1	2	3

1. Настил палуб Верхняя палуба Нижняя палуба	0,1 0,11	0,2 -
2. Бортовая обшивка При отсутствии второго борта	0,1	0,13

1	2	3
В районе переменной ВЛ	0,17	0,19
Ниже переменной ватерлинии	0,14	0,16
3. Днищевая обшивка		
При отсутствии второго дна	0,14	-
В районе грузовых танков	-	0,117
При наличии второго дна	0,14	0,14
Горизонтальный киль	0,2	0,2
4. Настил второго дна	0,12	0,17
Междудонный лист	0,2	0,22
5. Обшивка переборок и второго борта	0,12-0,16	0,13-0,2
<i>Примечание.</i> Полные сведения в таблице 1.1.5.2 стр.42 [1]		

Толщина горизонтального кия должна быть увеличена по сравнению с толщиной обшивки в средней части на 2 мм.

Толщина ширстрека должна быть не менее толщины прилегающих листов обшивки борта и настила палубы, в зависимости оттого, что больше. Ширина горизонтального кия и ширстрека должна быть не менее, мм.

$$b_k = b_s = 800 + 5 \cdot L \leq 2000 . \quad (3.44)$$

Толщина скулового пояса должна быть равна толщине обшивки днища или борта, в зависимости оттого, что больше.

Толщина настила палуб и платформ должна быть не менее минимальных значений S_{\min} . Если толщина настила расчетной палубы принимается меньше

толщины обшивки борта, то должен быть предусмотрен палубный стрингер, толщина которого должна быть не менее толщины бортовой обшивки.

Ширина палубного стрингера принимается не менее, мм.

$$b = 5 \cdot L + 800 \leq 1800 . \quad (3.45)$$

$$m = 15,8;$$

$k_B \leq 0,6$ – в средней части судна при поперечной и продольной системе набора;

$$k_B = 0,7 \text{ – в оконечностях.}$$

Толщина обшивки переборок должна быть не менее значения, определяемого по формуле (3.41), где следует принять

P – расчетное давление, кПа;

$$m = 15,8;$$

$$k_{\sigma} \leq 0,8 \text{ на уровне ОП; ВП;}$$

$$k_{\sigma} = 0,8 \text{ – в районе } (0,4 \dots 0,5) \cdot D \text{ от ОП;}$$

$$k_{\sigma} = 0,9 \text{ – в оконечностях и для всех остальных переборок;}$$

$k_{\sigma} = 0,8$ – для второй непрерывной палубы в средней части судна при продольной и поперечной системе набора;

$k_{\sigma} = 0,9$ – в оконечностях и для нижележащих палуб.

3.8.2. Расчет элементов набора корпуса

3.8.2.1. Общие положения

Набор корпуса, подкрепляющий листовые конструкции, делится на основной и рамный. Балки рамного набора являются опорами для балок основного набора. К балкам основного набора относятся продольные балки по палубам, бортам, продольным переборкам, настилу второго дна и днища, стойки и горизонтальные балки переборок, шпангоуты, бимсы. К балкам рамного набора – рамные бимсы, карлингсы, рамные шпангоуты, бортовые стрингеры, флоры, днищевые стрингеры, вертикальный киль, рамные стойки переборок.

Размеры балок основного и рамного набора определяются требуемыми моментами сопротивления, моментом инерции, площадью поперечного сечения, толщинами стенки и свободного пояска. С учетом выбранной шпации на схеме общего расположения следует показать положение практических шпангоутов и пронумеровать их. Длина пролета балки основного и рамного набора измеряется вдоль свободного пояска как расстояние между ее опорными сечениями. При установке концевых книц опорные сечения принимаются по середине длины кницы. При этом высота кницы в опорном сечении не должна превышать высоты стенки балки.

3.8.2.2. Размеры элементов балок набора

1) Момент сопротивления W , 10^{-6} м^3 и момент инерции I , 10^{-8} м^4 поперечного сечения балок основного набора катаного профиля должен быть не менее

$$\begin{aligned} W &= W' \cdot \omega ; \\ I &= I' \cdot j , \end{aligned} \quad (3.46)$$

где W' – момент сопротивления рассматриваемой балки, 10^{-6} м^3 к середине срока службы судна;

I' – момент инерции балки, 10^{-8} м^4 к середине срока службы судна.

$$W' = \frac{Q \cdot l \cdot 10^3}{m \cdot k_{\sigma} \cdot \sigma_n} , \quad (3.47)$$

где $Q = P \cdot a \cdot l$ – поперечная нагрузка на рассматриваемую балку, кН;

P – расчетное давление, кПа;
 l – длина пролета балки, м;

a – расстояние между балками, м;
 σ_n – определяется по формуле (3.43);
 m, k_σ – коэффициенты изгибающего момента и допускаемых напряжений,

приведены в табл. 3.7.

ω и j – учитывают поправку на износ и коррозию, принимаются равными наибольшей из величин, определяемых по формулам:

- для балок катаного профиля

$$\omega = 1 + \alpha_K \cdot \Delta S, \quad (3.48)$$

где $\alpha_K = 0,07 + \frac{6}{W'} \leq 0,25$, при $W' < 200 \text{ см}^3$;

$\alpha_K = \frac{1}{15} \cdot \left(0,01 + \frac{1}{W'} \right)$, при $W' \geq 200 \text{ см}^3$;

W' – момент сопротивления рассматриваемой балки;

ΔS (формула 3.42);

$j \approx \omega$.

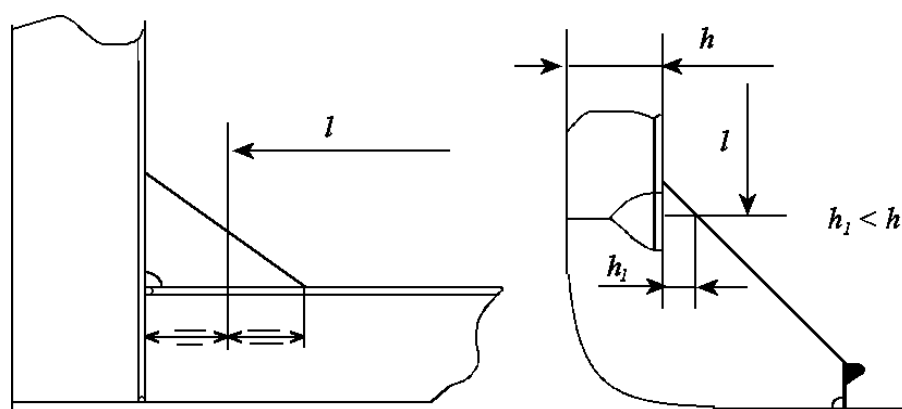


Рис. 3.9. Схема опорного сечения балок

Т а б л и ц а 3.7

Коэффициенты изгибающего момента и допускаемых напряжений

Конструкция	Балка набора	m	k_σ	Примечание
1	2	3	4	5
Одинарное дно поперечная система набора	Флор с пояском в ДП	13	0,6	$L_1 = B_1$, но $\geq 0,6 \cdot B_x B_1$ - ширина рассматриваемого отсека; L_1 - длина рассматриваемого отсека
Одинарное дно продольная система набора	Флор с пояском в ДП	18	0,6	

Продолжение табл. 3.7

1	2	3	4	5
Двойное дно	Балки основного набора:			* – срезанные на "ус"
	днища	12	$k_{\sigma} \leq 0,6$	
	второго дна	12	$k_{\sigma} \leq 0,75$	
	Ребра жесткости вертикального киля, стрингеров и флоров:			
	вертикальные	8*,10	0,75	
	горизонтальные	12	0,75	
Бортовой набор	Трюмные шпангоуты сухогрузных судов и танкеров при поперечной системе набора:			Тоже для рамных шпангоутов. Момент сопротивления рамных шпангоутов увеличить на 30 %
	с одним бортом	12	0,65	
	с двумя бортами	18	0,65 – наружный; 0,75 – внутренний	
	Шпангоуты в междупалубных помещениях:			
	шпангоут одинарного борта	10	0,65	
	шпангоут наружного и внутреннего бортов в составе двойного борта	12	0,65 – наружный; 0,75 – внутренний	
	Продольные балки сухогрузных судов, танкеров.	12	0,65	
	Бортовые стрингеры при поперечной системе набора борта:			
	без распорок	18	0,65	
	при одной, двух и более распорок	27,5	$\leq 0,75$	
	Рамные шпангоуты сухогрузных и наливных судов:	10	0,65	
	без распорок	11	0,65	
	при одной и двух распорках	18	0,65	
	при трех распорках	27,5	0,65	
Палуба	Продольные подпалубные балки:			
	расчетной палубы	12	$k_{\sigma} \leq 0,6$	
	второй и ниже расположенных палуб и платформ	12	0,75	
	Бимсы поперечной системы набора	10	0,65	
	Рамные бимсы сухогрузных судов при продольной системе набора:	10	0,65	
	наливных судов в бортовых танках,	10	0,65	

1	2	3	4	5
	навалочных судов.	12	0,65	
	в подпалубных цистернах	12	0,5	
	Карлингсы и продольные комингсы люков:			
	разрезные карлингсы, комингсы	10	0,65	
	непрерывные карлингсы с учетом книц	12	0,65	
	непрерывные карлингсы без учета книц	18	0,65	
	Переборки	Балки основного набора.		
Стойки и горизонтальные балки:				
оба конца закреплены кницами		18	≤ 0,75	
оба конца приварены к опорной конструкции		10	≤ 0,75	
концы срезаны на "ус"		8	≤ 0,75	
Гофры		10	0,75	
Рамные стойки:				
в трюмах и танках		11	0,75	
в твиндеках		10	0,75	

2. Для составных сварных балок требуемый момент сопротивления или момент инерции вычисляются с увеличением толщины элементов профиля на величину ΔS . Соответствующее увеличение момента сопротивления балки ΔW .

Рамные шпангоуты в машинном отделении должны иметь высоту стенки не менее 0,1 пролета и толщину стенки не менее 0,01 высоты стенки плюс 3,5 мм. Толщина свободного пояска должна быть на 2 мм больше толщины стенки.

Высота двойного дна h , м у вертикального киля должна определяться по формуле

$$h = \frac{L - 40}{570} + 0,04 \cdot B + 3,5 \cdot \frac{d}{L}, \quad (3.49)$$

но при этом не менее 0,65 м.

Высота стенки карлингсов не должна быть:

- менее 0,05 длины пролёт карлингса у судов длиной $L > 80$ м;
- менее 0,04 длины пролёт карлингса у судов длиной $L \leq 80$ м.

Толщина стенки, мм, должна быть не менее

$$S = 0,01 \cdot h_c + 5.$$

Стенки карлингсов должны быть подкреплены рёбрами жёсткости и кницами.

Момент сопротивления продольного комингса люка, являющегося одновременно карлингсом, должен быть, по крайней мере, на 20 % для верхней палубы и на 10 % для нижней больше требуемого для карлингса.

3. Балки набора днища и бортов носовой оконечности должны иметь момент сопротивления, 10^{-6}м^3

$$W = 47 \cdot \frac{P \cdot a_1 \cdot l^2}{K_2 \cdot R_{eH}} \cdot K_3 \cdot \omega, \quad (3.50)$$

где P – расчётное значение нагрузки (2.8.3.3 [1]), кПа;

a_1 – полусумма расстояний между рассматриваемой и двумя соседними балками, м;

$$K_2 = \frac{3}{\left(\frac{a}{l}\right)^2};$$

$$3 - \left(\frac{a}{l}\right)$$

$K_3 = 1,0$ – если балки проходят, не разрезаясь через стенки опорных конструкций;

$K_3 = 1,75$ – если балки разрезаются на опорах;

$K_3 = 0,55$ – если с обеих сторон стенки опорной конструкции по бал-

кам устанавливаются кницы.

ω – определяется по формуле (3.48).

3.9. Подбор рационального сечения балки с присоединённым пояском обшивки

Выбор размеров балок набора при проектировании в первую очередь связан с необходимостью получения минимальной массы набора. Этому могут препятствовать ограничения, накладываемые на высоту балок в грузовых и служебных помещениях, наличие уже выбранных толщин листов наружной обшивки и настилов и расстояний между балками набора. При этом также должны быть обеспечены требования прочности по нормальным и касательным напряжениям и местная устойчивость стенки и свободного пояса составных профилей.

Поэтому размеры балок основного и рамного набора определяются требуемыми моментами сопротивления, моментом инерции, площадью поперечного сечения, толщинами стенки и свободного пояса, а также его шириной.

Геометрические характеристики поперечного сечения балок определяются с учетом присоединенного пояса обшивки.

Толщина присоединённого пояса принимается равной его средней толщине в рассматриваемом сечении балки.

Ширина присоединённого пояса a_n , м, балок основного набора принимается меньшей из следующих величин:

$$\left. \begin{aligned} a_n &= \frac{L}{6}, \\ a_n &= 0,5(a_1 + a_2) \end{aligned} \right\}, \quad (3.51)$$

где a_1, a_2 – отстояние рассматриваемой балки от ближайших балок того же направления, м;

L – длина пролета балки, м.

Ширина присоединенного пояса балок рамного набора C_n , м, определяется по формуле

$$C_n = k \cdot c, \quad (3.52)$$

где $c = 0,5 \cdot (c_1 + c_2)$;

c_1, c_2 – отстояние рассматриваемой балки от ближайших рамных ба-

лок того же направления, м; $\frac{l_{np}}{c}$ и числа
 k – коэффициент, определяемый в функции от отношения
с балок n .

Для свободно опёртых по концам рамных балок длина приведённого пролёта $l_{np} = l$, для жестко закреплённых балок $l_{np} = 0,6 \cdot l$, где l – длина пролёта рамных балок, м.

Ширина присоединённого пояса комингсов грузовых люков принимается равной $1/12$ их пролёта, но не более половины расстояния между грузовым люком и бортом.

Число балок набора
Т а б л и ц а 3.8

Число балок n	$\frac{l_{np}}{c}$						
	1	2	3	4	5	6	7
≥ 6	0,38	0,62	0,79	0,88	0,94	0,98	1,0
≤ 3	0,21	0,40	0,53	0,64	0,72	0,78	0,8

Балки основного набора, расположенные в пределах ширины присоединенного пояска рамной балки, включаются в ее поперечное сечение полной площадью.

Рациональное проектирование сводится к тому, чтобы при меньшей площади поперечного сечения балки ее момент сопротивления был наибольшим.

Проектирование набора с использованием прокатных профилей усложняется ограниченностью сортаментов, а формы стандартных прокатных профилей не удовлетворяют требованиям оптимального распределения нагрузок по поперечному сечению балок.

При действии значительных изгибающих моментов и малых перерезывающих сил целесообразно использовать симметричный полособульб, а при больших перерезывающих силах – несимметричный полособульб.

Задача распределения материала по поперечному сечению балок с целью минимизации его массы решается с помощью строительной механики. Сувеличением площади присоединенного пояска момент сопротивления увеличивается незначительно.

Большое влияние на момент сопротивления оказывает увеличение площади свободного пояска.

При заданной минимальной толщине стенки балки оптимальным оказывается профиль с высокой стенкой и небольшим пояском.

Из условия устойчивости, отношение высоты к толщине стенки

$$\frac{h}{\delta_{cm}} \leq 70-100, \quad (3.53)$$

отношение площади свободного пояска к площади стенки

$$\frac{f_n}{f_{cm}} \approx 0,3-0,6. \quad (3.54)$$

При этом отношение ширины пояска к его толщине

$$\frac{b_n}{\delta_n} \leq 100 \cdot \sqrt{\frac{366}{\sigma_m}}, \quad (3.55)$$

где h , δ_{cm} , f_{cm} – высота, толщина и площадь стенки;

b_n , δ_n , f_n – высота, толщина и площадь пояска.

Для обычной углеродистой стали это отношение не должно превышать

37, а для стенки повышенной прочности 12 - 20.

При ограниченной высоте стенки оптимальным будет профиль с развитым свободным пояском

$$\frac{f_n}{f_{cm}} \approx 1,0 - 1,2. \quad (3.56)$$

Нормализованный сортамент составных профилей, применимый для всех марок стали с пределом текучести до 600 МПа приведен в [2] С. 268. В нем приведены значения геометрических характеристик таврового сварного профиля с присоединенным пояском, равным по площади свободному пояску и бесконечности.

При других значениях элементов профиля площади присоединенного пояска, момент сопротивления и момент инерции поперечного сечения сварных тавровых балок могут быть определены по номограммам в зависимости от отношения $\frac{f_n}{f_{np}}$ и $\frac{f_{cm}}{f_{np}}$, где f_{np} – площадь присоединенного пояска.

Нормализованный сортамент несимметричных полособульбов и составных сварных профилей с присоединенным пояском обшивки приведен в таблицах приложения Г.3, Г.4. В них даны значения момента сопротивления и момента инерции поперечного сечения профиля или нескольких значений площади присоединенного пояска.

Учитывая изложенное, по определенным значениям момента сопротивления и момента инерции балок основного и рамного набора, подобрать со-ответствующие рациональные катаные и составные сварные профили.

3.10. Пиллерсы

Пиллерсы представляют собой вертикальные изолированные стойки (чаще трубчатого сечения), предназначенные для повышения поперечной прочности и устойчивости палубных перекрытий и являющиеся опорой для карлингсов. Оси пиллерсов в междупалубных помещениях и трюмах должны располагаться по одной вертикали. Карлингсы и рамные бимсы в местах установки пиллерсов должны быть подкреплены. Пиллерсы должны устанавливаться на сплошные флоры или стрингеры.

Площадь поперечного сечения определяется методом последовательных приближений и должна быть не менее ([1], 2.9.4.1)

$$f = \frac{10 \cdot k \cdot P}{C_{cr}} + \Delta f, \quad (3.57)$$

где P – нагрузка, определяемая по формуле (3.58);

$k = 2$ – коэффициент запаса устойчивости;

C_{cr} – критические напряжения согласно 1.6.5.3 при эйлеровых напря-

жениях, вычисляемых по формуле $\sigma_e = \frac{206 \cdot i}{f \cdot l^2}$;

Δf – надбавка на износ, см², определяемые по следующим формулам:

- для трубчатых пиллерсов $\Delta f = 0.03 \cdot d_0 \cdot \Delta s$;
- для коробчатых пиллерсов $\Delta f = 0.1 \cdot \sum h_i \cdot \Delta s$,

где $\sum h_i$ – длина периметра поперечного сечения, см;

- для пиллерсов и распорных бимсов составного профиля (двутавровых, из швеллеров и т.п.) $\Delta f = 0.05 \cdot \sum h_i \cdot \Delta s$.

Нагрузка на пиллерс определяется по формуле, P , кН

$$P = p \cdot b_m \cdot l_m + \sum_i (p \cdot b_m \cdot l_m)_i, \quad (3.58)$$

где p – расчетное давление на вышележащую палубу, кПа;

l_m – расстояние, измеренное вдоль карлингсов между серединами их пролетов, м;

b_m – средняя ширина палубы, поддерживаемой пиллерсом, включая грузовые люки, расположенные в рассматриваемом районе, м;

$\sum_i (p \cdot b_m \cdot l_m)_i$ – сумма нагрузок от расположенных выше пиллерсов,

которые могут передаваться на рассматриваемый пиллерс, кН.

Толщина стенок трубчатых пиллерсов s , мм, должна приниматься не менее определяемой по формуле

$$s = \frac{d_0}{50} + 3,5. \quad (3.59)$$

Толщина стенок пиллерсов составного профиля s , мм, должна быть не менее определяемой по формуле

$$s = \frac{h_{\Pi}}{50}, \quad (3.60)$$

где h_{Π} – высота стенки профиля, мм.

Толщина стенки пиллерса, как правило, не должна быть менее 6 мм. На малых судах допускается уменьшение толщины стенок пиллерсов до 5 мм при сохранении требуемой площади поперечного сечения.

3.11. Ледовые усиления

В Правилах предполагается, что в эксплуатации судовладелец будет руководствоваться требованиями ледового паспорта судна, разработанного компетентной организацией и конкретизирующего условия безопасной эксплуатации судна во льдах, в зависимости от знака категории ледовых усилений, ледовых условий и ледокольного обеспечения.

В главе 3.10.1.2 – 3.10.4 Правил приводятся требования к форме корпуса, районы ледовых усилений, конструкция, ледовая нагрузка, размеры конструкций ледовых усилений. Студент использует материал указанных глав для расчета ледовых усилений по своему варианту.

4. УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНСТРУКТИВНЫХ ЧЕРТЕЖЕЙ КОРПУСА

4.1. Выполнение чертежа "Конструктивный мидель-шпангоут"

Предлагается изучить конструктивные мидель-шпангоуты сухогрунных нефтеналивных и навалочных судов, приведённые в альбоме конструктивных мидель-шпангоутов.

Порядок выполнения работы.

1. Ознакомиться с конструктивными мидель-шпангоутами, определить входящие в них связи и элементы (обшивка, балки), установив их тип и размеры, выбрать масштаб.

2. Пользуясь альбомом, вычертить обводы шпангоутов с нанесением линий палуб, платформ и второго дна, указать все основные плоскости.

3. Наметить положение и вычертить все продольные связи: днищевые и бортовые стрингеры, карлингсы комингсы люков и т.п.

4. Вычертить шпангоуты, бимсы, флоры и прочие элементы набора корпуса.

5. Показать пазы листов наружной обшивки, палуб, платформ, второго дна и межсекционные монтажные пазы.

6. Выполнить все необходимые надписи чертежным шрифтом в соответствии с требованиями ЕСКД.

7. Для сечений листов и профилей толщину линий принять в соответствии с масштабом, но во всех случаях толще контурных линий

8. На поле чертежа над основной надписью (штампом) составить перечень главных размерений судна.

4.2. Разработка и выполнение чертежа "Конструктивный продольный разрез"

Конструктивный чертёж набора (схему набора) следует выполнять в следующей последовательности.

1. По теоретическому чертежу прототипа с учетом погиби бимсов вычертить контуры продольного разреза (сечение по ДП и линия борта).

2. Наметить положение непроницаемых поперечных переборок и практических шпангоутов, пронумеровать их.

3. Вычертить штевни, поперечные переборки, палубы, платформы, настил второго дна, шахты, люки, и другие конструкции, попадающие в разрез.

4. Вычертить набор бортов и продольных переборок условными обозначениями.

5. Проставить все необходимые размеры. Размеры шпаций и балок набора, одинаковых по длине отсека или нескольких отсеков показываются ниже основной линии. Размеры других конструкций проставляются на чертеже.

6. Указать все толщины листов, размеры набора (основной и рамный) с указанием его расположения по длине судна под продольным разрезом.

7. Оформить чертёж в соответствии с требованиями ЕСКД.

4.3. Разработка рабочего чертежа секции корпуса морского судна

Настоящим заданием предусматривается:

а) анализ чертежа секции, ее конструктивных особенностей и сварных соединений;

б) разработка рабочего чертежа секции корпуса с учетом ее технологических особенностей.

На основе анализа чертежа заданной секции изложить следующие вопросы:

- описание системы набора корпуса в районе секции;
- положение и характеристика набора в районе секции;
- размер практической шпации в районе секции;
- положение секционных и монтажных стыков и пазов секций;
- описание сварных соединений деталей секции и обоснование их выбора;
- выбор марки материала деталей секции с характеристикой его механических свойств;
- правила указания размеров деталей и секций на чертеже, условные обозначения набора, его стыков с набором смежных секций.

Разработку рабочего чертёжа секции надлежит выполнять в следующей последовательности.

1. Выбрать габариты и форму секции с учётом конструктивно-технологических показателей. Определить район расположения секции в корпусе, выделить смежные конструкции.

2. Определить расположение основного вида и всех сечений и разрезов на поле чертежа

3. Учесть положение секции относительно плоскостей, определить габаритные размеры секции и их связь с технологическим оборудованием. В конструкцию должны быть введены жёсткие связи, чтобы подъем секции краном не вызывал остаточных деформаций.

Отношение длины секции к её ширине должно быть в пределах 1 - 1.5.

4. Выделить листовые детали, указать их размеры, положение стыков и пазов, связь с габаритными размерами секции.

Габариты секции должны быть согласованы с размерами применяемых листов, размером шпации и другими конструктивными элементами.

5. Положение и размеры набора секции согласовать с конструктивным мидель-шпангоутом и конструктивным чертежом набора.

6. С учетом принятой в судостроении классификацией сварки обозначить сварные швы, стыки и пазы. При выборе расположения монтажных стыков и пазов, ограничивающих данную секцию, следует ознакомиться с принципами обозначения и разбивки на секции и блоки, сходных с проектируемым судном.

7. Оформить чертеж, в соответствии с требованиями ЕСКД.

8. Над основной надписью расположить спецификацию.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При выполнении курсового проекта студент изучает и использует основной нормативный документ по конструкции морских судов – Правила классификации и постройки морских судов, часть II "Корпус", альбомы конструктивных мидель-шпангоутов и типовых конструкций, конструктивные и рабочие чертежи судов, ГОСТы и ОСТы.

Выполнение курсового проекта способствует подготовке студента к изучению курсов строительной механики корабля, технологии судостроения, общесудовые устройства и системы, проектирование судов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Правила классификации и постройки морских судов. Российский морской регистр судоходства: в 4 т. – 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. – 213 с.: ил.
3. *Барабанов Н.В.* Конструкция морских судов: в 2 т. /Н.В. Барабанов, Г.П. Турмов. – СПб.: Судостроение, 2002. – Т.1. – 448 с., Т.2. – 472 с.
4. Альбом конструктивных мидель-шпангоутов. учеб. пособие. –Л.: ЛКИ, 1970. – 134 с.
5. *Белкин Ю.В.* Инженерная графика в судостроении: Справочник /Ю.В. Белкин. – Л.: Судостроение, 1982. – 192 с.
6. Гост 2.104-68. Единая система конструкторской документации: общие положения. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 340 с.
7. Гост 2.419-68. Единая система конструкторской документации: Правила выполнения документации при плазовом методе производства. – М.: Изд-во стандартов, 1972. – 280 с.
8. *Матвеев В.Г.* Справочник по судостроительному черчению /В.Г. Матвеев, В.А. Борисенко. – Л.: Судостроение, 1983. – 246 с.
9. *Бронников А.В.* Морские транспортные суда. Основы проектирования: учеб. пособие / А.В. Бронников. – Л.: Судостроение, 1984. – 352 с.
10. *Бронников А.В.* Проектирование судов: учебник / А.В. Бронников. – Л.: Судостроение, 1991. – 320 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Т а б л и ц а А.1

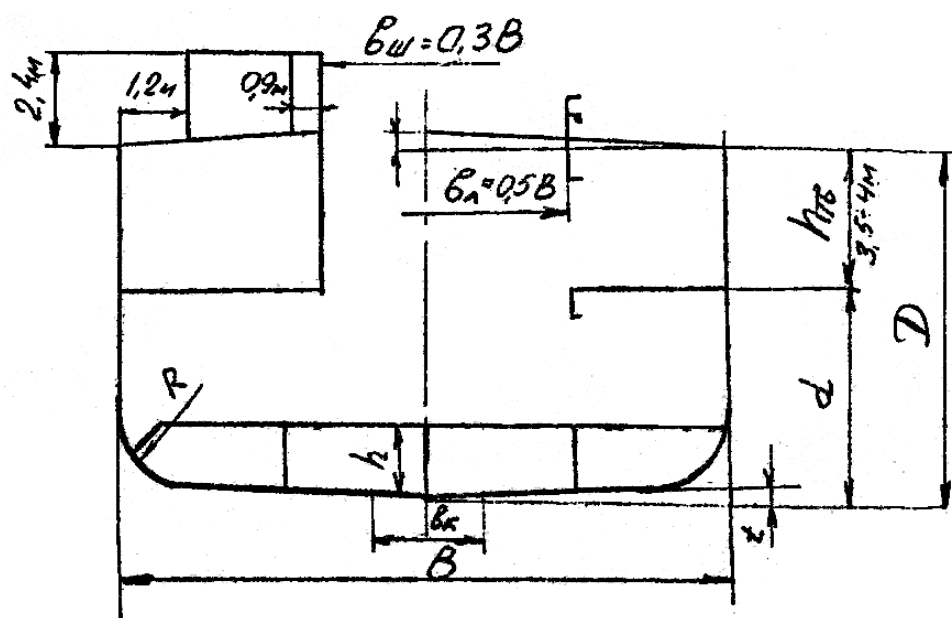
Основные характеристики сухогрузных судов

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	МО	К*	К	К	К	К	К	К	К	К	К
Ширина шахты	b2	0,3В									
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.

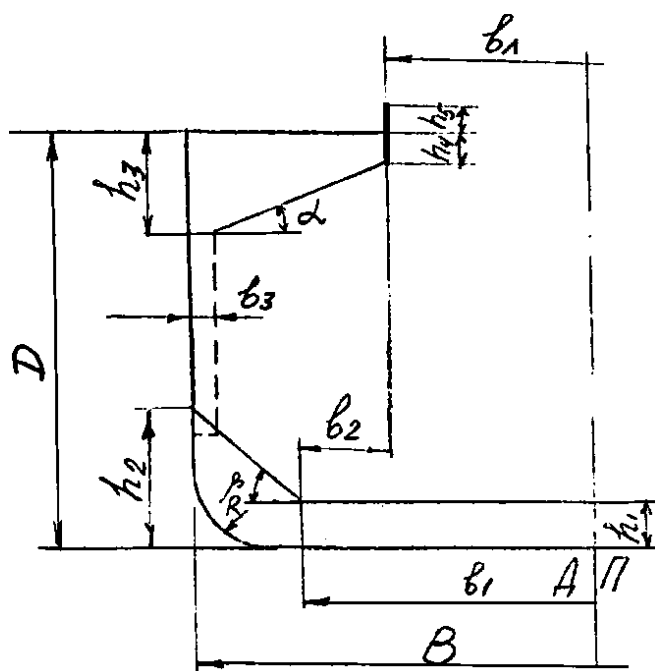
Основные характеристики навалочных судов

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	x103	58,7	41,1	45,2	28,6	36,1	54,6	34,0	57,7	45,4	64,7
Водоизмещение порожнем, т	x103	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.



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

$$b_{\text{л}} = (0,4 \div 0,5) \cdot B$$

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

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

$$b_3 = (0,8 \div 1,2) \cdot \text{м}$$

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

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

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

$$h_4 = (1,6 \div 2,00) \cdot \text{м}$$

ПРИЛОЖЕНИЕ В

ОФОРМЛЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

Т а б л и ц а В.1

Основная надпись чертежа

Technical drawing of a drawing frame with dimensions and a table of specifications.

Dimensions (mm):

- Top edge: 7, 10, 23, 15, 10, 70, 50
- Left edge: 11*5=55
- Right edge: 185

Изм.	Лист	N докум.	Подпись	Дата	Литер.	Масса	Масштаб
Разраб.					5	17	18
Пров.							
Тех. кон.					Лист	Листов	
					20		
Нор. кон.							
Утв.							

Т а б л и ц а В.2

Форматы листов

Размер формата	210×297	420×297	631×297	841×297	1051×297	420×594	841×594	1051×594	841×1189
Наименование	A4 (11)	A3 (12)	(13)	(14)	(15)	A2 (22)	A1 (24)	(25)	A0 (44)

ПРИЛОЖЕНИЕ Г **СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ**

Т а б л и ц а Г.1

Механические свойства судостроительных сталей по ГОСТ 5521-86

Марка стали	Толщина листа S, мм	Предел текучести, ReH, МПа	Предел прочности, σ _B , МПа	Относительное удлинение, δ, %	Ударная вязкость образца с острым надрезом при температуре*, а _K , кГМ/см ²	Загиб до 180° (диаметр оправки в долях от толщины стали)	Категория стали по Правилам Регистра
Судостроительная сталь нормальной прочности							
ВСт3сп2	4-60	240	380-470	21-23	-	0,5	А
ВСт3сп4	5-25	240	380-470	26	2,8	0,5	В
С	4-30	240	410-500	24	2,8	2	Д
Судостроительная сталь повышенной прочности							
09Г2	4-30	300	450	21	3,2	2	А32, Д32, Е32
09Г2С	32-60	300	450	21	3,2	2	А32, Д32, Е32
10Г2С1Л	4-32	350	500-700	21	3,5	2	А36, Д36, Е36
10ХСНД	4-32	400	540-700	19	3,7	2	А40, Д40, Е40

* категории В, А32, А36, А40 Т=0°С
Д, Д32, Д36, Д40 Т=-20°С
Е, Е32, Е36, Е40 Т=-40°С

Т а б л и ц а Г.2

Типоразмеры листовой стали

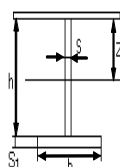
	ВСт3сп2, ВСт3сп4				С			09Г2, 09Г2С Ширина листа				10Г2С1Д				10ГС1Д-40, 10ХСНД			
	1400	1600	2000	2400	1600	2000	2400	1600	2000	2400	3200	1600	2000	2400	3200	1600	2000	2400	3200
4																			
5																			
6																			
7																			
8																			
9																			
10																			
11																			
12																			
13																			
14																			
15																			
16																			
17																			
18																			
19																			
20																			
22																			
24																			
26																			
28																			
30																			
32																			
34																			

Т а б л и ц а Г.3

Теоретические элементы составных сварных профилей

Тавры стальные сварные для морских судов, ОН 9-594-68										
№ проф.	Размеры, мм					Справочные величины				
	h, мм	S, мм	b, мм	S1, мм	Fo, 10 ⁻⁴ , м ²	Теор. мас-са 1 пог.м, кг	Io, 10 ⁻⁸ , м ⁴	Zo, 10 ¹ , мм	Wo, 10 ⁻⁶ , м ³ при fпр.п=fп	Wo, 10 ⁻⁶ , м ³ при fпр.п=∞
8	80	4	40	6	5,6	4,396	42,45	5,84	22,6	28,1
10	100	4	50	6	7	5,495	81,5	7,27	35,6	43,8
12	120	4	60	6	8,4	6,595	139,2	8,7	51,5	62,9
14	140	4	80	6	10,4	8,164	229,2	10,4	73,5	88,9
16a	160	4	80	6	11,2	8,792	325,3	11,6	92,4	112
16б	160	5	100	8	16	12,56	452,8	12,2	146	172
18a	180	4	100	8	15,2	11,93	529	13,9	162	188
18б	180	5	100	10	19	14,81	670,5	14	202	236
20a	200	5	100	8	18	14,13	813,9	14,6	186	228
20б	200	6	100	10	22	17,18	1001	14,8	234	282
22a	220	5	100	10	21	16,4	1137	16,5	205	250
22б	220	6	120	12	27,6	21,55	1459	17	356	417
25a	250	6	120	12	29,4	22,96	2042	18,9	413	489
25б	250	8	140	14	39,6	30,89	2768	19	557	655
28a	280	7	120	12	34	26,55	3050	20,2	483	589
28б	280	8	140	14	42	32,76	3722	20,8	636	756
32a	320	8	140	14	45,2	35,26	5280	28,2	743	906
32б	320	10	180	14	57,2	44,9	6661	28,3	957	1160
32в	320	8	160	16	51,2	39,98	5797	24,4	932	1099
36a	360	8	160	16	54,4	42,43	7901	26,8	952	1154
36б	360	10	200	14	64	50,24	9395	26,2	1200	1450
40a	400	10	180	14	65,2	51,18	11960	28	1250	1550
40б	400	12	220	16	83,2	65,31	15180	28,8	1690	2060
45a	450	10	200	14	73	57,3	16880	31,4	1570	1940
45б	450	14	250	18	100	84,78	26000	32,2	2440	2990
50a	500	12	220	16	95,2	74,81	28180	34,5	2230	2790
50б	500	14	250	18	115	89,7	32960	45,1	2781	3342
56a	560	14	250	18	123,4	96,87	44370	38,5	3180	4000
56б	560	16	300	20	149,8	116,8	53637	39,6	4122	5070
63a	630	14	300	20	148,2	116,3	66880	44,7	4620	5650
63б	630	18	360	22	192,6	151,2	87050	44,9	6080	7430
71a	710	16	360	22	192,8	186,8	110200	50,5	6860	8340
71б	710	20	400	24	238	175,2	136800	50,3	8300	10170
80a	800	18	360	22	223,2	175,2	163000	54,6	8140	1022
80б	800	22	450	26	293	230	213700	56,5	11500	14130

Fo - Площадь сечения тавра без присоединенного пояска



Io - Момент инерции площади сечения тавра без присоединенного пояска

Wo - Минимальный момент сопротивления площади сечения тавра при равенстве площадей сечения присоединенного свободного пояска

W... - Минимальный момент сопротивления площади сечения тавра при площади сечения присоединенного пояска равной ...

Zo - Координата ЦТ площади сечения тавра без присоединенного пояска

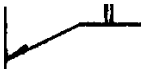




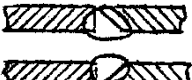
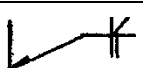

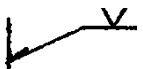



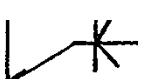

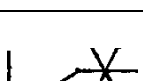




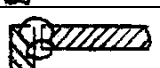
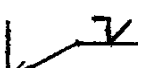

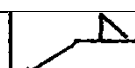

fп, fпр.п - Площади свободного и присоединенного пояска

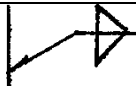
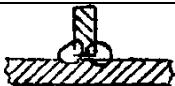


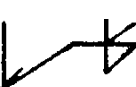



Т а б л и ц а Г.4

**Теоретические элементы профилей с условным пояском 600×(10;15) мм
сварных конструкций сталь полособульбовая несимметричная**

№ проф.	Элементы одного профиля						Элементы профиля с пояском			
	Высота, мм	Ширина бульба, мм	Толщина, мм	Площадь про- филя, 10^{-4}м^2	Момент инер- ции 10^{-8}м^4	Расст. до ц.т., 10^1 , мм	Общая площадь 10^{-4}м^2	Мом. инер.отн оси 10^{-8}м^4	Мом. со- прот 10^{-6}м^3	Толщина пояска, мм
5	50	16	4	2,87	6,96	3,13	62,87	44	9	10
6	60	19	5	4,27	15	3,74	64,27	87	15	10
7	70	21	5	5,06	24,1	4,4	65,06	137	20	10
8	80	22	5	5,84	36,23	5,07	65,84	202	25	10
9	90	24	5,5	7,03	55,6	5,65	67,03	295	33	10
10	100	26	6	8,63	85,22	6,29	68,83	434	45	10
12	120	30	6,5	11,15	158	7,55	71,15	767	68	10
14a	140	33	7	14,05	274	8,82	74,05	1275	100	10
146	140	35	9	16,85	321	8,55	76,85	1398	112	10
16a	160	36	8	17,96	468	9,95	108	2200/198	147/141	15/10,
166	160	38	10	21,16	527	9,75	11,16	2434/219	165/150	15,/10,
18a	180	40	9	22,2	724	11,15	112,2	3280/280	200/180	15,/10,
186	180	42	11	25,8	837	10,81	115,8	3530/313	218/200	15,/10,
20a	200	44	10	27,36	1078	12,4	117,4	4730	268	15
206	200	46	12	31,36	1265	12,06	121,4	5110	296	15
22a	220	48	11	32,82	1611	13,5	122,8	6500	343	15
226	220	50	13	37,22	1795	13,2	127,2	6930	372	15
24a	240	52	12	38,75	2232	14,7	128,8	8722	434	15
246	240	54	14	44,56	2542	14,35	133,6	9250	466	15
27a	270	55	12	43,82	3265	16,6	183,8	12180	552	15
276	270	57	14	49,22	3215	16,3	169,2	12780	588	15


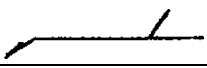
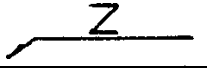
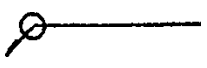
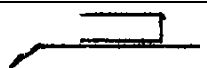
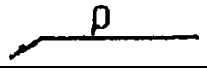

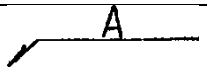
Условные обозначения сварных соединений

Тип соединения	Наименование шва		Условные обозначения	Форма поперечного сечения сварного шва	По ГОСТ 5264-80	Толщина элементов соединения, мм
Стыковые соединения	Без скоса кромок	Односторонний			C2	3-4
		Двусторонний			C7	4-5
	Со скосом одной кромки	Односторонний			C8	3-32
		Двусторонний			C12	5-32
	Со скосом двух кромок	Односторонний			C17	3-32
		Двусторонний			C21	3-32
	Двусторонний	С двумя симметричными скосами одной кромки			C15	8-32
		С двумя симметричными скосами двух кромок			C25	8-32
Угловые сечения	Без скоса кромок	Односторонний			Y4	4-30
		Двусторонний			Y5	4-30
	Со скосом одной кромки	Односторонний			Y6	4-30
Тавровые сечения	Без скоса одной кромки	Односторонний			T1	2-32

Тип со- еди- не- ния	Наименование шва		Условные обозначения	Форма поперечного сечения сварного шва	По ГОСТ 5264-80	Толщина элементов соедине- ния, мм
		Двусторонний				
	Со скосом од- ной кромки	Односторонний			T6	3-32
		Двусторонний			T7	3-32
	Двухсторон- ний	С двумя симмет- ричными скоса- ми одной кромки			T8	8-32

Т а б л и ц а Г.6

Вспомогательные знаки

Значение вспомогательного знака	Изображение
Усиление шва снять	
Шов прерывистый или точечный с цепным расположением	
Шов прерывистый или точечный с шахматным расположением	
Шов по замкнутой линии	
Шов по незамкнутой линии	
Производить сварку ручную электродугую	
Производить сварку в среде защитного газа полуавтоматическую	
Производить сварку автоматическую под флюсом	
Катет сварного шва	