

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВЛАДИВОСТОКСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ЭКОНОМИКИ И СЕРВИСА»
КОЛЛЕДЖ СЕРВИСА И ДИЗАЙНА

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по практическим работам и указания по их выполнению

ПМ.02 Конструкторское обеспечение судостроительного производства

по специальности 26.02.02 «Судостроение»

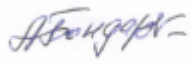
Методические указания по практическим работам и указания по их выполнению ПМ.02 Конструкторское обеспечение судостроительного производства для студентов Колледжа сервиса и дизайна Владивостокского государственного университета разработаны в соответствии с Федеральным государственным стандартом среднего профессионального образования по специальности 26.02.02 «Судостроение», утвержденного приказом Минпросвещения России от 23.11.2020 N 659.

Разработчики: Грибов К.В., преподаватель ФГБОУВО ВГУЭС КСД

Рассмотрено и одобрено на заседании ЦМК Судостроение

Протокол № 9 от «17» май _____ 2022 г.

Председатель ЦМК



Бондарь А.Т.

Общие указания

Настоящее пособие разработано для оказания помощи студентам при выполнении практических работ.

Целью практических работ является выработка умений по разработке конструкторской документации по:

- проектированию судовых перекрытий и узлов судна, а также технологической оснастки для их изготовления
- решению задач строительной механики корабля
- выполнению расчётов местной прочности корпусных конструкций
- выполнению расчётов продольной прочности судна
- пользованию специальной литературой: справочниками, государственными и отраслевыми стандартами (ГОСТами и ОСТами)

На практических занятиях при изучении статически определимых и статически неопределимых балок решаются задачи по расчётным схемам балок.

При выполнении расчётов общей продольной прочности вычерчивается мидель-шпангоут (по теоретическому чертежу и расчётным данным, полученным на конструкции корпуса) и производится расчёт продольной прочности корпуса судна. Расчет производится в табличной форме. (Определяется момент сопротивления и изгибающий момент корпуса, по чертежу отыскиваются наиболее удалённые от нейтральной оси связи и в них определяются действующие напряжения)

Для определения местной прочности бортовых, днищевых и палубных перекрытий, а также переборок строятся расчётные схемы балок набора и определяются действующие в них напряжения.

Данные для выполнения расчета продольной и местной прочности корпуса берутся из расчётов, полученных на конструкции корпуса и чертежей, выполненных на уроках инженерной графики.

Практические работы производятся по индивидуальным заданиям, варианты которых охватывают сухогрузные и наливные суда разных размеров.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Практические занятия

РАСЧЁТ СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМЫХ БАЛОК

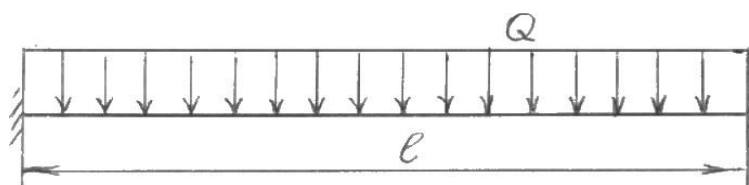
Задачи

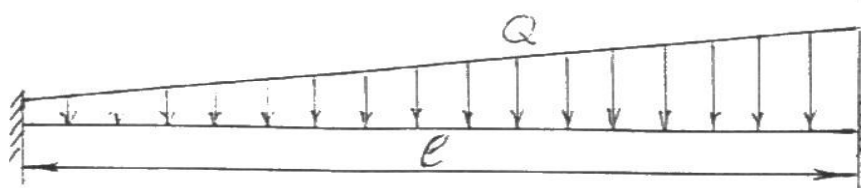
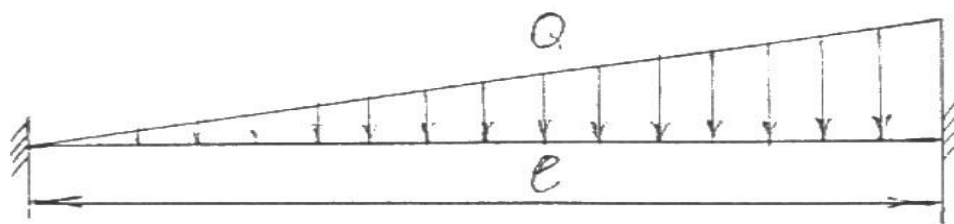
- 1 На балку, свободно опёртую на опорах, на расстоянии 3 м от первой опоры действует сосредоточенная сила в 20000 Н. Определить прочность балки, выполненной из углеродистой качественной стали марки 45. Балка выполнена из полосульба № 8, длина балки 8 м
- 2 На балку, свободно опёртую на опорах, по всей длине действует распределённая по прямоугольному закону нагрузка в 3 кН/м. Определить прочность балки, выполненной из углеродистой стали обыкновенного качества марки ВСт4. Балка выполнена из угловой неравнобокой стали № 18, длина балки 6 м.
- 3 На балку, свободно опёртую на опорах, на участке 3 м по центру действует распределённая по закону треугольника нагрузка в 4 кН/м. Определить прочность балки, выполненной из углеродистой стали обыкновенного качества марки ВСт4. Балка выполнена из угловой неравнобокой стали № 10, длина балки 10 м.
- 4 На балку, свободно опёртую на опорах, по всей длине действует распределённая по закону трапеции нагрузка в 2 кН/м. Определить прочность балки, выполненной из углеродистой стали обыкновенного качества марки ВСт3. Балка выполнена из угловой неравнобокой стали № 12, длина балки 6 м.
- 5 На балку, жёстко заделанную одним концом, по всей длине действует распределённая по закону треугольника нагрузка в 5 кН/м. Определить прочность балки, выполненной из низколегированной стали марки 10ХСН. Балка выполнена из угловой неравнобокой стали № 16, длина балки 8 м.
- 6 На балку, свободно опёртую на опорах, на участке 4 м от первой опоры действует распределённая по прямоугольному закону нагрузка в 3 кН/м, на расстоянии 2 м от второй опоры действует сосредоточенная сила в 4 кН. Определить прочность балки, выполненной из углеродистой качественной стали марки 30. Балка выполнена из прямоугольного проката размерами 50x60 мм, длина балки 12 м.

Практические работы

РАСЧЁТ СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМЫХ БАЛОК

Расчётные схемы балок





Для указанных расчётных схем балок раскрыть статическую неопределимость и построить эпюры изгибающих моментов и перерезывающих сил.

Расчётные формулы нагрузок

Равномерно распределённая нагрузка: $Q = q l$

Нагрузка, распределённая по закону треугольника: $Q = q l/2$

Нагрузка, распределённая по закону трапеции: $Q = (q_1 + q_2) l/2$

Исходные данные приведены в следующих вариантах заданий:

Варианты заданий

$q = 1,5 \text{ т/м}; 1,8 \text{ т/м}; 2,0 \text{ т/м}; 2,2 \text{ т/м}; 2,6 \text{ т/м}; 2,8 \text{ т/м}; 3,0 \text{ т/м};$
 $q_1 = 1,3 \text{ т/м}; 1,4 \text{ т/м}; 1,5 \text{ т/м}; 1,6 \text{ т/м}; 1,8 \text{ т/м}; 1,9 \text{ т/м}; 2,1 \text{ т/м};$
 $q_2 = 1,9 \text{ т/м}; 2,0 \text{ т/м}; 2,4 \text{ т/м}; 2,5 \text{ т/м}; 2,6 \text{ т/м}; 2,8 \text{ т/м}; 3,5 \text{ т/м};$
 $l = 5,0 \text{ м}; 4,2 \text{ м}; 6,5 \text{ м}; 5,8 \text{ м}; 4,5 \text{ м}; 3,5 \text{ м}; 5,4 \text{ м};$

Последовательность выполнения расчётов

- составление уравнений статики
- в качестве неизвестных берём реакции опор
- определяем с помощью справочных таблиц для статически определимых балок углы поворота на опорах, считая балки загруженными только пролётной нагрузкой
- определяем с помощью справочных таблиц для статически определимых балок углы поворота на опорах, считая балки загруженными только сосредоточенными моментами (отдельно от момента на левой опоре и отдельно от момента на правой опоре)

- на основании принципа наложения составляем дополнительные два уравнения, принимая во внимание, что углы поворота в заделках равны нулю
- решаем уравнения и определяем моменты, действующие в заделках
- подставляя в уравнения статики полученные моменты, определяем неизвестные реакции опор
- определяем изгибающие моменты (с помощью таблиц) и строим эпюру
- определяем перерезывающие силы (с помощью таблиц) и строим эпюру
- по эпюрам определяем опасные сечения балок

Практическая работа

ПОДБОР СОСТАВНЫХ ТАВРОВЫХ БАЛОК

Размеры поперечного сечения балок должны удовлетворять условию:

$$\sigma \leq \sigma_{\text{доп}},$$

где $\sigma = M/W$ – действующее напряжение (от нагрузки балки), МПа

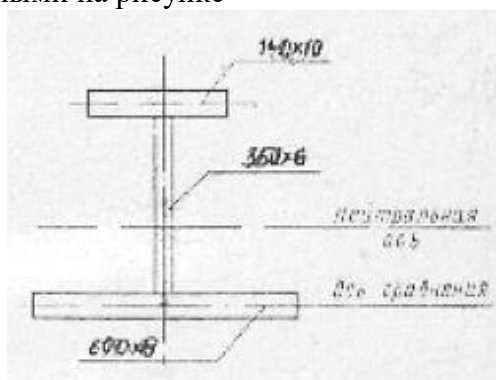
M – изгибающий момент в сечениях балки, кНм

W – момент сопротивления поперечного сечения балки, см³

$\sigma_{\text{доп}} = n\sigma_{\text{тек}}$ – допускаемое напряжение (от марки материала балки), МПа

Балки судовых перекрытий работают на изгиб совместно с обшивкой или настилом, к которым они приварены. Эту часть обшивки или настила называют **присоединённым пояском**. Ширина присоединённого пояса равна расстоянию между балками.

Пример расчёта момента сопротивления поперечного сечения тавровой составной балки с размерами, указанными на рисунке



Расчёт производится в табличной форме

Таблица 1 – Момент сопротивления составной балки

Порядк	Элементы сечения	Размеры, мм	Площадь F, см ²	Отстояние центра тяжести элемента от оси сравнения y, см	Свойственный момент относительно оси сравнения Wy, см ⁴	Моменты инерции, см ⁴	
						собственный J	переносный Fy ²
1	Присоединенный пояс	600x9	48	0	0	—	0
2	Стенка	350x8	21	17,9	378	2150	6 720
3	Свободный пояс	140x10	14	35,9	502	—	18 000
Сумма		—	4—83	—	B—878	C—26 870	

Отстояние нейтральной оси от оси сравнения

$$e = B/A = 878/83 = 10,6 \text{ см}$$

Момент инерции относительно нейтральной оси

$$J = C - e^2A = 26870 - 10,6^2 \cdot 83 = 17570 \text{ см}^4$$

Момент сопротивления нижней кромки сечения

$$W_1 = J/h_1 = 17570/11 = 1600 \text{ см}^3$$

Момент сопротивления верхней кромки сечения

$$W_2 = J/h_2 = 17570/25,8 = 681 \text{ см}^3$$

Минимальный момент сопротивления $W_2 = 681 \text{ см}^3$

Приближённые формулы для определения *минимального* момента сопротивления тавровых балок:

$$W_{\text{мин}} = h(F + \omega/k)$$

$$K = 6(2 F_1 + \omega) / (4F_1 - 2 F + \omega),$$

где F — площадь свободного пояса, см²

F₁ — площадь присоединённого пояса, см²

ω — площадь стенки, см²

h — высота стенки, см

Формула для прикидки минимального момента сопротивления

$$W_{\text{мин}} = hF$$

Исходные данные составной балки приведены в следующих вариантах задания:

Стенка - 200x8; 230x10; 300x10; 320x10; 360x12; 400x12; 450x12; 480x14

Полка - 100x10; 100x12; 120x12; 150x12; 180x14; 200x14; 220x14; 240x16

Пр.поясок - 600x8; 600x10; 800x10; 900x10; 900x12; 1000x12; 1000x12; 1200x14

Последовательность выполнения расчёта

- 1 Начертить поперечное сечение составной тавровой балки с указанием оси сравнения
- 2 Составить таблицу с указанием размеров элементов балки и их отстояния от оси сравнения
- 3 Определить в таблице площади поперечных сечений элементов балки, их статических моментов и моментов инерции относительно оси сравнения
- 4 Определить суммы площадей «А», суммы статических моментов «В», суммы моментов инерции «С»
- 5 Определить отстояния нейтральной оси от оси сравнения: $e = V/A$
- 6 Определить момент инерции сечения балки относительно нейтральной оси:
$$I = C - e^2 A$$
- 7 Определить момент сопротивления верхней кромки сечения балки и нижней кромки сечения:
$$W_B = I / h_B ; \quad W_H = I / h_H$$
- 8 Сделать проверку расчёта по приближённым формулам.

Практическая работа

РАСЧЁТ ПРОДОЛЬНОЙ ПРОЧНОСТИ КОРПУСА СУДНА (Определение элементов эквивалентного бруса)

При выполнении расчётов общей продольной прочности вычерчивается мидель-шпангоут судна. Обводы корпуса берутся по теоретическому чертежу, размеры поперечных сечений продольных элементов (толщин обшивки и настилов, балок главного направления и перекрёстных связей) - по данным расчётов, полученным на практических занятиях по ПМ 01 – раздел 2.

Расчёт заключается в определении действующих в связях корпуса напряжений и сравнении их с допускаемыми. Для этого определяется момент сопротивления и изгибающий момент корпуса, по чертежу отыскиваются наиболее удалённые от нейтральной оси связи и в них определяются действующие напряжения

Расчет производится в табличной форме.

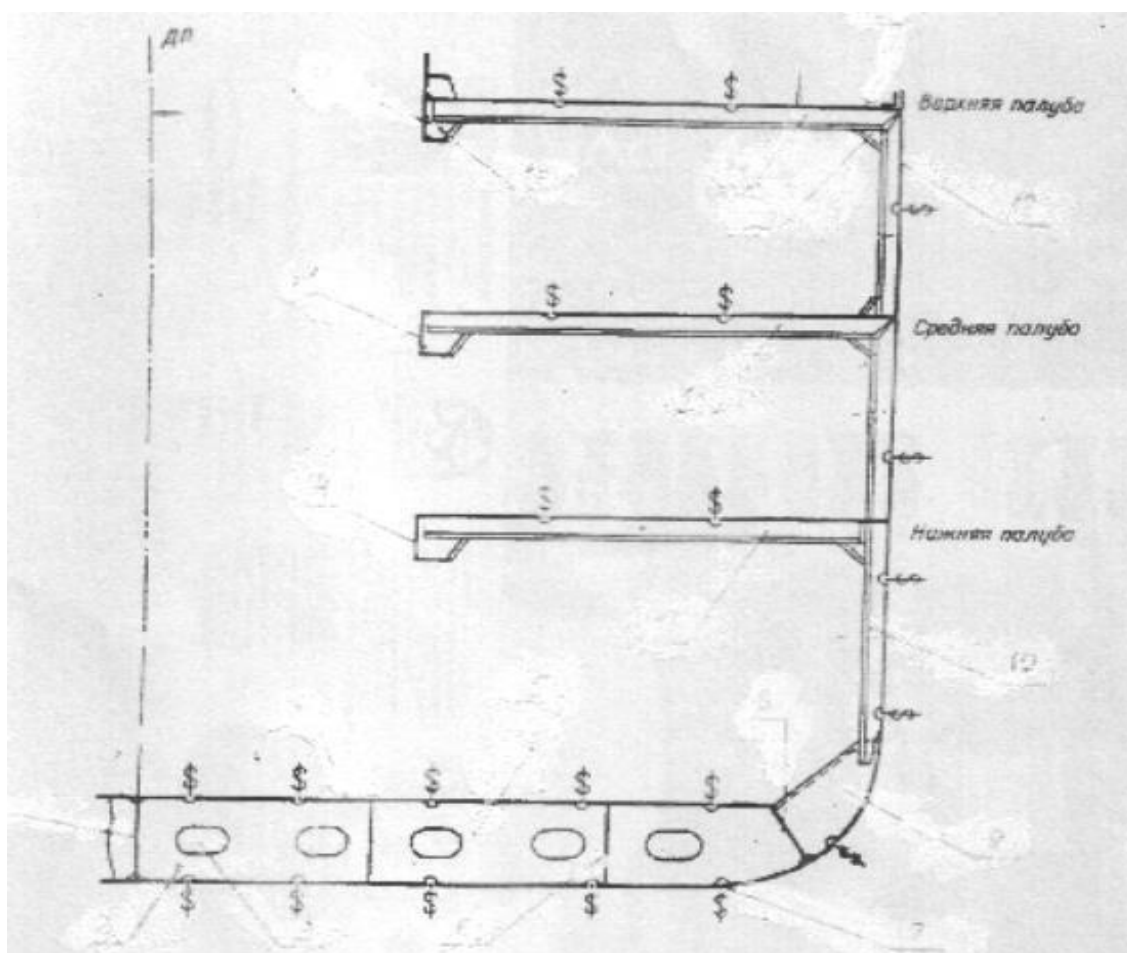
Исходные данные (индивидуальные):

- теоретический чертёж судна

- расчёты конструктивных элементов корпуса по правилам Регистра (выполнены в ПМ 01- раздел 2)

Последовательность выполнения расчёта

- 1 Вычерчивание расчётного сечения судна (мидель-шпангоута) с указанием оси сравнения



- 2 составление таблицы с указанием размеров поперечных сечений всех продольных элементов корпуса и их отстояния от оси сравнения
- 3 определение в таблице площадей поперечных сечений связей корпуса, их статических моментов и моментов инерции относительно оси сравнения
- 4 определение суммы площадей «А», суммы статических моментов «В», суммы моментов инерции «С»
- 5 определение отстояния нейтральной оси от оси сравнения: $e = B/A$
- 6 определение момента инерции сечения эквивалентного бруса относительно нейтральной оси: $I = C - e^2 A$

№	Наименование связей	Размеры мм	Площадь F см	Расстояние до оси сравнения z	Статический момент площади F z см·м	Момент инерции см ² м	
						Переносной F z ²	Собственный th ³ /12
1	Обшивка днищевой секции						
2	Вертикальный киль						
3	Днищевой стрингер						
4	Настил второго дна						
5	Обшивка борта						
6							
.							
.							
	Сумма		A		B	C	

7 определение момента сопротивления верхней кромки сечения эквивалентного бруса и нижней кромки сечения:

$$W_B = I / h_B ; \quad W_H = I / h_H$$

8 расчёт максимального изгибающего момента корпуса на тихой воде по приближённой формуле:

$$M_{т.в.} = PL / k$$

где P - весовое водоизмещение судна, кН

L - расчётная длина судна, м

k - коэффициент (k = 100 - для сухогрузов, k = 130 - для танкеров)

определение действующих напряжений в наиболее удалённых от нейтральной оси связях ($\sigma_B = M_{т.в.} / W_B$; $\sigma_H = M_{т.в.} / W_H$) и сравнение их с допускаемыми (допускаемые напряжения определяются по пределу текучести материала $\sigma_d = k \sigma_T$, где k – коэффициент, определяемый по правилам Регистра для каждой связи корпуса)

Практическая работа

ДЕЛЕНИЕ КОРПУСА СУДНА НА СЕКЦИИ

Цель работы: разделить палубу, борт и днище на секции

Исходные данные: чертёж деления судна на отсеки (практ. работа по ПМ 01)

Последовательность выполнения работы:

- показать монтажные сварные швы на борту, на палубе и на днище. Длину секции выбрать в пределах 8 -15 м при условии деления её на шпацию. В пределах бортовой и палубной секций рекомендуется иметь поперечную переборку, используемую в качестве опоры при установке секций на стапеле
- показать на проекции «вид спереди» монтажный паз стыковки бортовых и днищевых секций

Практические работы

РАСЧЁТ МЕСТНОЙ ПРОЧНОСТИ СВЯЗЕЙ КОРПУСА

1 Днищевое набора

Цель работы: определить местную прочность балок главного направления (флоров или продольных рёбер жёсткости) и перекрёстных связей (вертикального кия или флоров)

Исходные данные: чертёж днищевой секции

Последовательность выполнения работы:

- определить по правилам Регистра действующие на днищевое перекрытие нагрузки
- составить расчётные схемы флоров и вертикального кия и построить эпюры изгибающих моментов, возникающих в сечениях балок
- определить действующие в опасных сечениях флоров напряжения и сравнить их с допускаемыми напряжениями
- определить действующие в опасных сечениях вертикального кия напряжения, просуммировать их с напряжениями, возникающими в вертикальном киле от общего продольного изгиба и сравнить с допускаемыми напряжениями
- сделать вывод о прочности рассчитываемых балок

2 Палубного набора

Цель работы: определить местную прочность балок главного направления (бимсов или продольных рёбер жёсткости) и перекрёстных связей (карлингсов или рамных бимсов)

Исходные данные: чертёж палубной секции

Последовательность выполнения работы:

- определить по правилам Регистра действующие на палубное перекрытие нагрузки
- составить расчётные схемы бимса и карлингса (п.р.ж. и рамного бимса) и построить эпюры изгибающих моментов, действующих в сечениях балок
- определить действующие в опасных сечениях балок напряжения, сравнить их с допускаемыми напряжениями
- сделать вывод о прочности рассчитываемых балок главного направления и прочности рассчитываемых перекрёстных связей

3 Бортового набора

Цель работы: определить местную прочность балок главного направления (шпангоутов или продольных рёбер жёсткости) и перекрёстных связей (стрингеров или рамных шпангоутов)

Исходные данные: чертёж бортовой секции

Последовательность выполнения работы:

- определить по правилам Регистра действующие на бортовое перекрытие нагрузки
- составить расчётные схемы шпангоута и стрингера (п.р.ж. и рамного шпангоута) и построить эпюры изгибающих моментов, действующих в сечениях балок
- определить действующие в опасных сечениях балок напряжения, сравнить их с допускаемыми напряжениями
- сделать вывод о прочности рассчитываемых балок главного направления и прочности рассчитываемых перекрёстных связей

4 Балок переборки

Цель работы: определить местную прочность балок главного направления (вертикальных или горизонтальных стоек) и перекрёстных связей (шельфов или рамных стоек)

Исходные данные: чертёж переборки

Последовательность выполнения работы:

- определить по правилам Регистра действующие на переборку нагрузки
- составить расчётные схемы вертикальной стойки и шельфа (горизонтальной стойки и рамной стойки) и построить эпюры изгибающих моментов, действующих в сечениях балок
- определить действующие в опасных сечениях балок напряжения, сравнить их с допускаемыми напряжениями
- сделать вывод о прочности рассчитываемых балок главного направления и прочности рассчитываемых перекрёстных связей

Практическая работа

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ КОРПУСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Цель работы: выполнить чертёж детали корпусной конструкции

Исходные данные: чертёж корпусной конструкции (секции, фундамента, форштевня, ахтерштевня и др.)

Последовательность выполнения работы:

- 1 Разбить конструкцию на детали
- 2 Определить контуры и форму поверхности выбранной детали
- 3 Выполнить чертёж детали с необходимыми разрезами и сечениями

Практическая работа

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ

Цель работы: начертить схему механизированной поточной линии или выполнить чертёж технологической оснастки для изготовления секции корпуса судна

Исходные данные: чертёж корпусной конструкции (секции, фундамента, форштевня, ахтерштевня и др.)

Последовательность выполнения работы:

- 1 Разобрать технологическую последовательность изготовления секции корпуса
- 2 Выбрать технологическое оборудование для её изготовления
- 3 Выполнить чертёж технологической оснастки (постели, станда, приспособления) или схему поточной технологической линии

Настоящее пособие разработано для оказания помощи студентам при выполнении практических работ.

Для определения местной прочности бортовых, днищевых, палубных перекрытий и переборок строятся расчётные схемы балок набора, определяются действующие в них напряжения и сравниваются с допускаемыми. В пособии дана последовательность выполнения расчёта, приведены расчётные формулы и таблицы, даны ссылки на литературные источники.

Данные для выполнения расчета берутся из расчётов, полученных на конструкции корпуса, и чертежей, выполненных на уроках судостроительного черчения.

Расчёт местной прочности днищевых перекрытий

Днищевое перекрытие помимо общего продольного изгиба испытывает местные нагрузки:

- гидростатическое давление воды при положении судна на вершине и подошве волны
- нагрузки от испытательного напора
- реакцию кильблоков при постановке судна в док
- гидродинамическое давление воды при ударе носовой оконечности о встречную волну

В данной разработке предусмотрен расчёт только на гидростатическое давление воды при положении судна на вершине и подошве волны.

1 Расчётная нагрузка

Расчётная нагрузка на все связи днищевого перекрытия считается равномерно распределённой

Расчётная интенсивность давления воды на днищевое перекрытие определяется по формуле [1, с.227]:

$$q_{\text{расч}} = q_{\text{дн}} - q_{\text{гр}} \quad (1)$$

где $q_{\text{дн}}$ - интенсивность давления воды, т/м²

$q_{\text{гр}}$ - интенсивность противодействия груза, т/м²

Интенсивность давления воды определяется по формулам

- на подошве волны: $q_{\text{дн п}} = (d - r + e_{\text{п}}) \gamma \quad (2)$

- на вершине волны: $q_{\text{дн в}} = (d + r - e_{\text{в}}) \gamma \quad (3)$

где d - осадка судна, м

r - полувысота волны, м

$e_{\text{п}} = 0,55(1,15 - \alpha^2) r$ - поправка на погружение, м

$e_{\text{в}} = 0,55(0,85 - \alpha^2) r$ - поправка на всплытие, м

α - коэффициент полноты ватерлинии

γ - плотность морской воды

Расчётная интенсивность противодействия груза на днищевое перекрытие определяется по формуле [1, с.228]

$$q_{\text{гр}} = 1/v [D - 0,6(n - 1) h_{\text{ТВ}} - h_{\text{к}}] \quad (4)$$

где v - удельный погрузочный объём груза, м³/т

D - высота борта, м

n - число палуб

$h_{\text{ТВ}}$ - высота твиндека, м

$h_{\text{к}}$ - высота вертикального киля, м

2 Расчёт прочности балок днищевого набора

Расчётная нагрузка на все связи днища считается равномерно распределённой. Расчёт производится отдельно для вершины волны и подошвы волны.

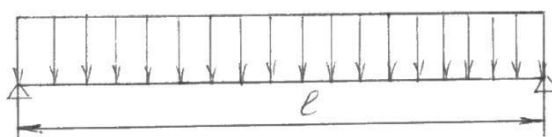
При поперечной системе набора днищевого перекрытия проверяется местная прочность флора и вертикального киля.

При продольной системе набора проверяется местная прочность продольного ребра жёсткости и флора.

2.1 Расчёт флора

Флор рассматривается как однопролётная балка, свободно опёртая на борту и вертикальном киле

Расчётная схема флора



Полная нагрузка на флор определяется по формулам [1, с. 230]

- на подошве волны: $Q_{\text{п}} = q_{\text{дн п}} l b$ (5)

- на вершине волны: $Q_{\text{в}} = q_{\text{дн в}} l b$ (6)

где l - пролёт флора (от вертикального киля до борта), м

b - расстояние между флорами, м

Максимальный изгибающий момент, действующий в сечениях флора, определяется по формулам [1, с. 303]

- на подошве волны: $M_{\text{max п}} = Q_{\text{п}} l / 8$ (7)

- на вершине волны: $M_{\text{max в}} = Q_{\text{в}} l / 8$ (8)

Местная прочность флора, как и других конструкций, определяется сравнением действующих напряжений с допускаемыми

Допускаемые напряжения определяются по формуле [1, с. 88]

$$\sigma_{\text{доп}} = n \sigma_{\text{тек}}$$

где n - коэффициент запаса прочности флора [1, с. 315]

$\sigma_{\text{тек}}$ - предел текучести материала флора, МПа

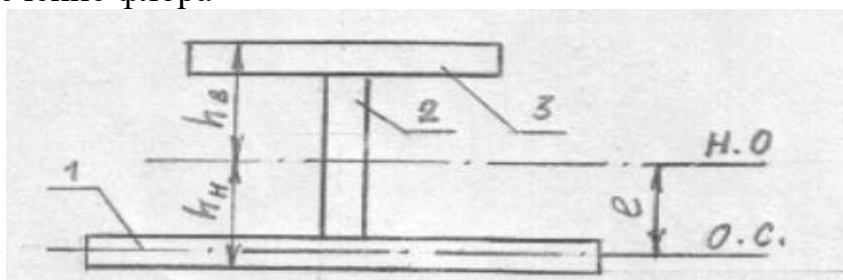
Действующие напряжения определяются по формулам [1, с. 40]

- на подошве волны: $\sigma_{\text{п}} = M_{\text{max п}} / W$

- на вершине волны: $\sigma_{\text{в}} = M_{\text{max в}} / W$

где W - момент сопротивления флора, м³

Расчётное сечение флора



Момент сопротивления флора определяется по таблице

№	Наименование связей	Размеры мм	Площадь F см ²	Расстояние до оси сравнения z см	Статический момент площади F z см ³	Момент инерции см ⁴	
						Переносной F z ²	Собственный th ³ /12
1	Присоединённый пояс наружной обшивки						
2	Стенка флора						
3	Полка флора						
	Сумма		A		B	C	

Отстояние нейтральной оси от оси сравнения, см

$$e = B / A$$

Момент инерции сечения балки, см⁴

$$J = C - e^2 A$$

Момент сопротивления верхней кромки сечения, см³

$$W_B = J / h_B$$

Момент сопротивления нижней кромки сечения, см³

$$W_H = J / h_H$$

Действующие напряжения в опасном сечении флора проверяются по максимальному изгибающему моменту (на вершине или на подошве волны).

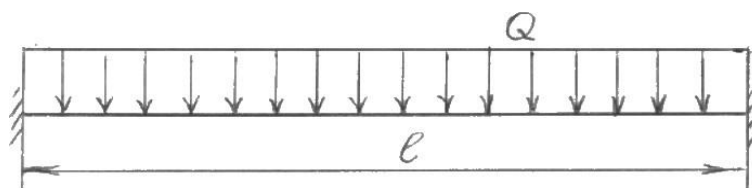
Прочность флора считается обеспеченной при условии: действующие напряжения должны быть меньше допускаемых напряжений

$$\sigma < \sigma_{\text{доп}}$$

2.2 Расчёт продольного ребра жёсткости (п.р.ж.)

Продольные ребра жёсткости рассматриваются как однопролётные балки, жёстко заделанными на флорах.

Расчётная схема п.р.ж.



Полная нагрузка на п.р.ж. определяется по формулам

- на подошве волны: $Q_n = q_{\text{дн}} l_a$

- на вершине волны: $Q_v = q_{дн в} l a$

где l - пролёт п.р.ж. (расстояние между флорами), м

a - шпация, м

Максимальный изгибающий момент, действующий в сечениях п.р.ж., определяется по формулам [1, с. 308]

- на подошве волны: $M_{маx п} = Q_{п} l / 24$

- на вершине волны: $M_{маx в} = Q_{в} l / 24$

Местная прочность п.р.ж., как и других конструкций, определяется сравнением действующих напряжений с допускаемыми

Допускаемые напряжения определяются по формуле [1, с. 88]

$$\sigma_{доп} = n \sigma_{тек}$$

где n - коэффициент запаса прочности п.р.ж. [1, с 315]

$\sigma_{тек}$ - предел текучести материала п.р.ж., МПа

Действующие напряжения определяются по формулам [1, с. 40]

- на подошве волны: $\sigma_{п} = M_{маx п} / W$

- на вершине волны: $\sigma_{в} = M_{маx в} / W$

где W - момент сопротивления п.р.ж., определяемый для профильной балки по соответствующему ГОСТу.

Действующие напряжения в опасном сечении п.р.ж. проверяются по максимальному изгибающему моменту (на вершине или на подошве волны).

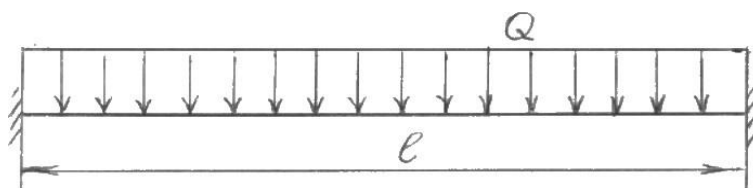
Прочность п.р.ж. считается обеспеченной при условии: действующие напряжения должны быть меньше допускаемых напряжений

$$\sigma < \sigma_{доп}$$

2.3 Расчёт вертикального кия

Вертикальный киль рассматривается как балка, жёстко заделанная на переборках.

Расчётная схема вертикального кия



Полная нагрузка на вертикальный киль определяется по формулам [1, с. 230]

- на подошве волны: $Q_{п} = q_{дн п} l b$

- на вершине волны: $Q_{в} = q_{дн в} l b$

где l - пролёт вертикального кия (расстояние между переборками), м

b - расстояние между вертикальным килем и стрингером, м

Максимальный изгибающий момент, действующий в сечениях вертикального кия, определяется по формулам [1, с. 308]

- на подошве волны: $M_{\max \text{ п}} = Q_{\text{п}} l / 24$

- на вершине волны: $M_{\max \text{ в}} = Q_{\text{в}} l / 24$

Местная прочность вертикального кия, как и других конструкций, определяется сравнением действующих напряжений с допускаемыми

Допускаемые напряжения определяются по формуле [1, с. 88]

$$\sigma_{\text{доп}} = n \sigma_{\text{тек}}$$

где n - коэффициент запаса прочности вертикального кия [1, с 315]

$\sigma_{\text{тек}}$ - предел текучести материала вертикального кия, МПа

Действующие напряжения определяются по формулам [1, с. 40]

- на подошве волны: $\sigma_{\text{п}} = M_{\max \text{ п}} / W$

- на вершине волны: $\sigma_{\text{в}} = M_{\max \text{ в}} / W$

где W - момент сопротивления вертикального кия, определяемый как для тавровой балки в табличной форме. Таблица приведена выше

Действующие напряжения в опасном сечении вертикального кия проверяются по максимальному изгибающему моменту (на вершине или на подошве волны).

Прочность вертикального кия считается обеспеченной при условии: действующие напряжения должны быть меньше допускаемых напряжений

$$\sigma < \sigma_{\text{доп}}$$

Расчёт местной прочности палубных перекрытий

Палубное перекрытие помимо общего продольного изгиба испытывает местные нагрузки.

За расчётную местную нагрузку принимается равномерно распределённая на все связи палубного перекрытия нагрузка, соответствующая давлению столба воды. Эта нагрузка определяется по правилам Регистра

1 Расчётная нагрузка

Согласно п. 1.3.2.2 правил расчётное давление на палубу соответствует давлению, определяемому по формуле

$$P_w = K_w (p_{w0} - 0,75\rho g z_i)$$

где K_w - коэффициент

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

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

z_i - отстояние палубы от летней грузовой ватерлинии, м

$p_{w0} = \rho g a_v \text{ а } c_w / 2$

$$c_w = 10,75 - [(300-L)/100]^{3/2}$$

$$a_v = 0,8 \cdot 15/\sqrt{L} (L/10^3 + 0,4)$$

$$a_x = k_x (1 - 2x_1/L)$$

k_x - коэффициент

x_1 - отстояние рассматриваемого сечения от носового перпендикуляра, м

2 Расчёт прочности балок палубного набора

Расчётная нагрузка на все связи палубы считается равномерно распределённой.

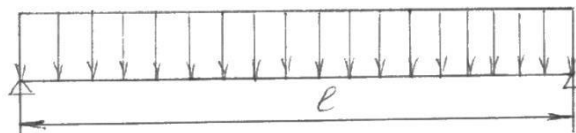
При поперечной системе набора палубного перекрытия проверяется местная прочность бимса и карлингса.

При продольной системе набора проверяется местная прочность продольного ребра жёсткости и рамного бимса.

2.1 Расчёт бимса

Бимс рассматривается как многопролётная балка, свободно опёртая на борта и карлингсы. В случае, если жёсткость шпангоутов считается в несколько раз выше жёсткости бимса, то бимс считается жёстко заделанным на шпангоуте и свободно опёртым на карлингсах.

Расчётная схема бимса, свободно опёртого на карлингсах



Расчётная нагрузка на бимс определяется по формуле

$$Q = P_w l a$$

где a - шпация, м

l - пролёт бимса (расстояние между карлингсами), м

Максимальный изгибающий момент, действующий в сечениях бимса, определяется по формуле [1, с. 303]

$$M_{\max} = Q l / 8$$

Местная прочность бимса, как и других конструкций, определяется сравнением действующих напряжений с допускаемыми

Допускаемые напряжения определяются по формуле [1, с. 88]

$$\sigma_{\text{доп}} = n \sigma_{\text{тек}}$$

где n - коэффициент запаса прочности бимса [1, с. 315]

$\sigma_{\text{тек}}$ - предел текучести материала бимса, МПа

Действующие напряжения определяются по формуле [1, с. 40]

$$\sigma = M_{\max} / W$$

где W - момент сопротивления бимса, определяемый для профильной балки по соответствующему ГОСТу.

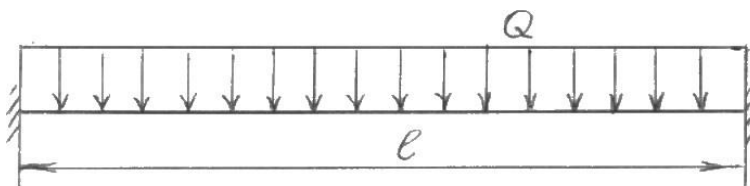
Прочность бимса считается обеспеченной при условии: действующие напряжения должны быть меньше допускаемых напряжений

$$\sigma < \sigma_{\text{доп}}$$

2.2 Расчёт карлингса

Карлингс рассматривается как многопролётная балка, жёстко заделанная на поперечных переборках и свободно опёртая на пиллерсах. При отсутствии пиллерсов карлингс рассматривается как однопролётная балка, жёстко заделанная на поперечных переборках

Расчётная схема карлингса



Расчётная нагрузка на карлингса определяется по формуле

$$Q = P_w l b$$

где b - расстояние между карлингсами, м

l - пролёт карлингса (расстояние между переборками), м

Максимальный изгибающий момент, действующий в сечениях карлингса, определяется по формуле [1, с. 308]

$$M_{\text{max}} = Q l / 24$$

Местная прочность карлингса, как и других конструкций, определяется сравнением действующих напряжений с допускаемыми

Допускаемые напряжения определяются по формуле [1, с. 88]

$$\sigma_{\text{доп}} = n \sigma_{\text{тек}}$$

где n - коэффициент запаса прочности карлингса [1, с. 315]

$\sigma_{\text{тек}}$ - предел текучести материала карлингса, МПа

Действующие напряжения определяются по формуле [1, с. 40]

$$\sigma = M_{\text{max}} / W$$

где W - момент сопротивления карлингса, определяемый как для тавровой балки по таблице (таблица приведена выше в расчёте флора).

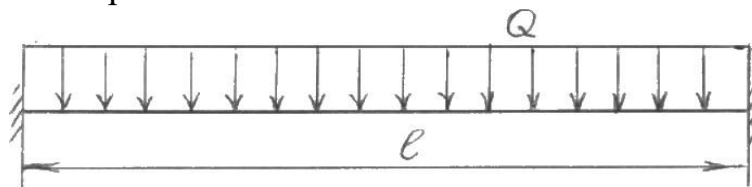
Прочность карлингса считается обеспеченной при условии: действующие напряжения должны быть меньше допускаемых напряжений

$$\sigma < \sigma_{\text{доп}}$$

2.3 Расчёт продольного ребра жёсткости (п.р.ж.)

Продольные рёбра жёсткости рассматриваются как однопролётные балки жёстко заделанные на рамных бимсах.

Расчётная схема п.р.ж.



Полная нагрузка на п.р.ж. определяется по формуле

$$Q = P_w l a$$

где l - пролёт п.р.ж. (расстояние между карлингсами), м
 a - шпация, м

Максимальный изгибающий момент, действующий в сечениях п.р.ж., определяется по формуле [1, с. 308]

$$M_{\max} = Q l / 24$$

Местная прочность п.р.ж., как и других конструкций, определяется сравнением действующих напряжений с допускаемыми

Допускаемые напряжения определяются по формуле [1, с. 88]

$$\sigma_{\text{доп}} = n \sigma_{\text{тек}}$$

где n - коэффициент запаса прочности п.р.ж. [1, с. 315]

$\sigma_{\text{тек}}$ - предел текучести материала п.р.ж., МПа

Действующие напряжения определяются по формуле [1, с. 40]

$$\sigma = M_{\max} / W$$

где W - момент сопротивления п.р.ж., определяемый для профильной балки по соответствующему ГОСТу.

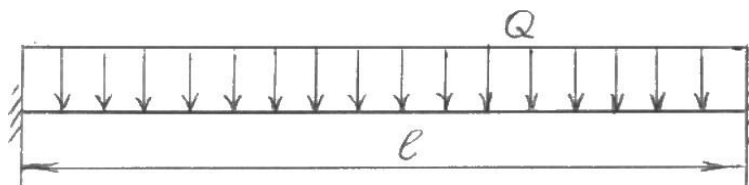
Прочность п.р.ж. считается обеспеченной при условии: действующие напряжения должны быть меньше допускаемых напряжений

$$\sigma < \sigma_{\text{доп}}$$

2.4 Расчёт рамного бимса

Рамный бимс рассматривается как однопролётная балка, жёстко заделанная на бортах.

Расчётная схема рамного бимса



Расчётная нагрузка на рамный бимс определяется по формуле

$$Q = P_w l b$$

где b - расстояние между рамными бимсами, м

l - пролёт рамного бимса (расстояние между переборками), м
Максимальный изгибающий момент, действующий в сечениях рамного бимса, определяется по формуле [1, с. 308]

$$M_{\max} = Q l / 24$$

Местная прочность рамного бимса, как и других конструкций, определяется сравнением действующих напряжений с допускаемыми

Допускаемые напряжения определяются по формуле [1, с. 88]

$$\sigma_{\text{доп}} = n \sigma_{\text{тек}}$$

где n - коэффициент запаса прочности рамного бимса [1, с. 315]

$\sigma_{\text{тек}}$ - предел текучести материала рамного бимса, МПа

Действующие напряжения определяются по формуле [1, с. 40]

$$\sigma = M_{\max} / W$$

где W - момент сопротивления рамного бимса, определяемый как для тавровой балки по таблице (таблица приведена выше в расчёте флора).

Прочность рамного бимса считается обеспеченной при условии: действующие напряжения должны быть меньше допускаемых напряжений

$$\sigma < \sigma_{\text{доп}}$$

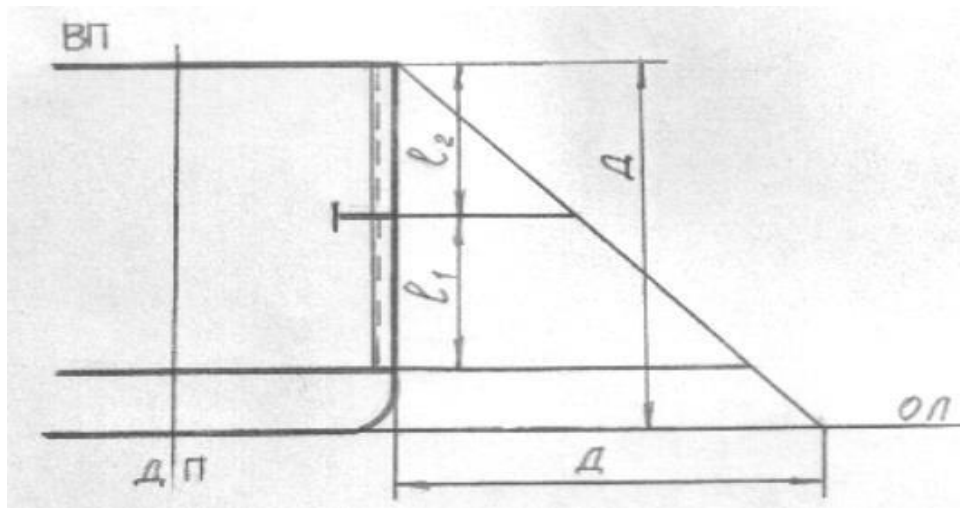
Расчёт местной прочности бортовых перекрытий

В соответствии с правилами Регистра в качестве расчетной нагрузки для вертикальных связей бортового перекрытия (шпангоутов) принимается нагрузка, распределённая по закону треугольника. При этом максимальный напор находится на уровне основной линии и определяется высотой столба воды, равной на сухогрузе высоте борта в данном сечении, на танкере - высоте борта плюс 2,5 м. Минимальный напор столба воды находится на уровне линии верхней палубы и принимается на сухогрузных судах равным нулю, на наливных судах - равным 2,5м.

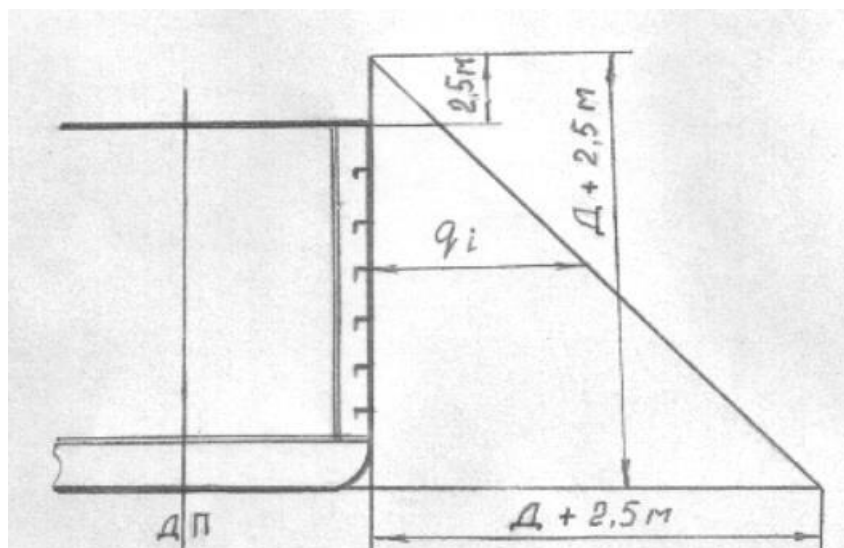
На все горизонтальные связи бортового перекрытия (прж, стрингеры) расчётная нагрузка определяется напором столба воды, действующем на уровне расположения горизонтальной связи.

1 Расчётная нагрузка

Расчётное давление на бортовое перекрытие на сухогрузном судне при высоком фальшборте



Расчётное давление на бортовое перекрытие на наливном судне



При расчете вертикальных связей бортового перекрытия танкера расчётная нагрузка считается всегда распределённой по закону трапеции.

При расчете вертикальных связей бортового перекрытия сухогруза расчётная нагрузка для полного шпангоута и его верхнего пролёта считается распределённой по закону треугольника. Для нижележащих пролётов расчётная нагрузка распределяется по закону трапеции.

Горизонтальные связи бортового перекрытия считаются загруженными равномерным нагрузкой, равной напору столба воды на уровне каждой связи

2 Расчёт прочности балок бортового набора

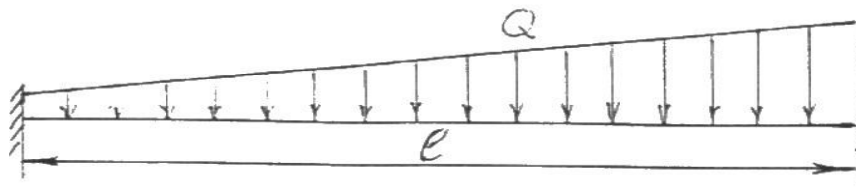
При поперечной системе набора бортового перекрытия проверяется местная прочность шпангоута и стрингера.

При продольной системе набора проверяется местная прочность продольного ребра жёсткости и рамного шпангоута.

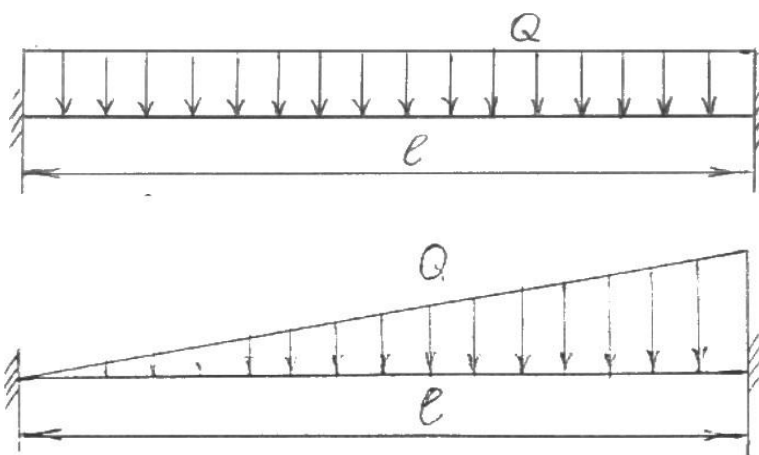
2.1 Расчёт шпангоута

Обычно проверяется нижний пролёт шпангоута. За расчётную длину нижнего пролёта принимается расстояние между нижним стрингером и серединой высоты скуловой кницы. Шпангоут считается жёстко заделанным на опорах

Расчётная схема шпангоута



Для упрощения расчёта действующая на шпангоут нагрузка раскладывается на две составляющие, как показано на нижележащих схемах, и расчёт производится отдельно для каждой схемы.



Максимальный изгибающий момент, действующий в сечениях шпангоута с равномерно распределённой нагрузкой, определяется по формуле [1, с. 308].

$$M_{\max} = Q l / 24$$

где $Q = q l$ - расчётная нагрузка на шпангоут, определяемая по формуле [1, с. 38]

$q = h \rho a$ – интенсивность распределённой нагрузки на единицу длины

h – высота напора столба воды на уровне нижнего стрингера,

м

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

a - шпация, м

l - пролёт шпангоута, м

Максимальный изгибающий момент, действующий в сечениях шпангоута с нагрузкой, распределённой по закону треугольника, определяется по формуле [1, с. 309]

$$M_{\max} = Q l / 23,3$$

где $Q = q l / 2$ - расчётная нагрузка на шпангоут, определяемая по формуле [1, с. 38]

$q = (h_d - h_c) \rho a$ - интенсивность распределённой нагрузки на единицу длины

h_d - высота напора столба воды на уровне днища, м

h_c - высота напора столба воды на уровне нижнего стрингера,

м

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

a - шпация, м

l - пролёт шпангоута, м

Суммарный максимальный изгибающий момент, возникающий в сечениях шпангоута от действующей нагрузки (по закону трапеции)

$$M_{\max} = M_{\max 1} + M_{\max 2}$$

Местная прочность шпангоута, как и других конструкций, определяется сравнением действующих напряжений с допускаемыми

Допускаемые напряжения определяются по формуле [1, с. 88]

$$\sigma_{\text{доп}} = n \sigma_{\text{тек}}$$

где n - коэффициент запаса прочности шпангоута [1, с. 315]

$\sigma_{\text{тек}}$ - предел текучести материала шпангоута, МПа

Действующие напряжения определяются по формуле [1, с. 40]

$$\sigma = M_{\max} / W$$

где W - момент сопротивления шпангоута, определяемый для профильной балки по соответствующему ГОСТу.

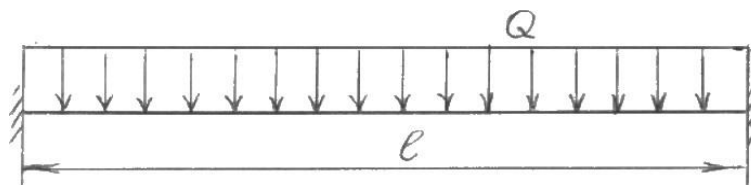
Прочность шпангоута считается обеспеченной при условии: действующие напряжения должны быть меньше допускаемых напряжений

$$\sigma < \sigma_{\text{доп}}$$

2.2 Расчёт стрингера

Стрингер рассматривается как равномерно загруженная однопролётная балка, жёстко заделанная на поперечных переборках. Величина напора столба воды на стрингер определяется по схеме нагрузки на борт и равна величине напора на уровне расположения стрингера

Расчётная схема стрингера



Максимальный изгибающий момент, действующий в сечениях стрингера, определяется по формуле [1, с. 308]

$$M_{\max} = Q l / 24$$

где $Q = q l$ - расчётная нагрузка на стрингер, определяемая по формуле [1, с. 38]

$q = h \rho b$ - интенсивность распределённой нагрузки на единицу длины

h – высота напора столба воды на уровне стрингера, м

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

b - расстояние между стрингерами, м

l - пролёт стрингера, м

Местная прочность стрингера, как и других конструкций, определяется сравнением действующих напряжений с допускаемыми

Допускаемые напряжения определяются по формуле [1, с. 88]

$$\sigma_{\text{доп}} = n \sigma_{\text{тек}}$$

где n - коэффициент запаса прочности стрингера [1, с. 315]

$\sigma_{\text{тек}}$ - предел текучести материала стрингера, МПа

Действующие напряжения определяются по формуле [1, с. 40]

$$\sigma = M_{\max} / W$$

где W - момент сопротивления стрингера, определяемый как для тавровой балки по таблице (таблица приведена выше в расчёте флора).

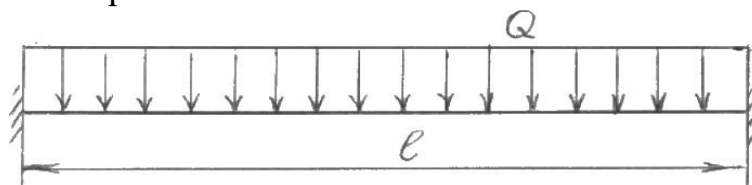
Прочность стрингера считается обеспеченной при условии: действующие напряжения должны быть меньше допускаемых напряжений

$$\sigma < \sigma_{\text{доп}}$$

2.3 Расчёт продольного ребра жёсткости (п.р.ж.)

Продольные рёбра жёсткости рассматриваются как однопролётные балки, жёстко заделанные на рамных шпангоутах, загруженные равномерно распределённой нагрузкой.

Расчётная схема п.р.ж.



Полная нагрузка на п.р.ж. определяется по формуле [1, с. 38]

$$Q = q l$$

где $q = h \rho a$ - интенсивность распределённой нагрузки на единицу длины

h – высота напора столба воды на уровне рассчитываемого п.р.ж., м

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

a - шпация, м

l - пролёт п.р.ж. (расстояние между рамными шпангоутами), м

Максимальный изгибающий момент, действующий в сечениях п.р.ж., определяется по формуле [1, с. 308]

$$M_{\max} = Q l / 24$$

Местная прочность п. р.ж, как и других конструкций, определяется сравнением действующих напряжений с допускаемыми

Допускаемые напряжения определяются по формуле [1, с. 88]

$$\sigma_{\text{доп}} = n \sigma_{\text{тек}}$$

где n - коэффициент запаса прочности п.р.ж. [1, с. 315]

$\sigma_{\text{тек}}$ - предел текучести материала п.р.ж., МПа

Действующие напряжения определяются по формуле [1, с. 40]

$$\sigma = M_{\max} / W$$

где W - момент сопротивления п.р.ж., определяемый для профильной балки по соответствующему ГОСТу.

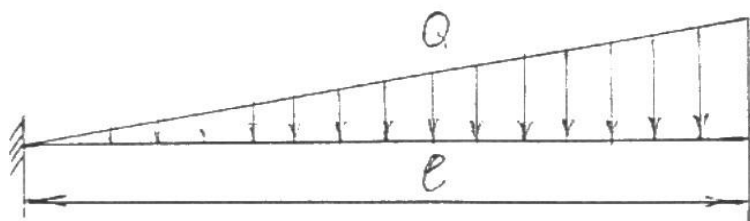
Прочность п.р.ж. считается обеспеченной при условии: действующие напряжения должны быть меньше допускаемых напряжений

$$\sigma < \sigma_{\text{доп}}$$

2.4 Расчёт рамного шпангоута

За расчётную высоту рамного шпангоута принимается расстояние между серединой высоты скуловой кницы и верхней палубой. Шпангоут считается жёстко заделанным на опорах

Расчётная схема шпангоута для сухогруза



Максимальный изгибающий момент, действующий в сечениях шпангоута, определяется по формуле [1, с. 309]

$$M_{\max} = Q l / 23,3$$

где $Q = q l / 2$ - расчётная нагрузка на шпангоут, определяемая по формуле [1, с. 38]

$q = h_d \rho b$ - интенсивность распределённой нагрузки на единицу длины

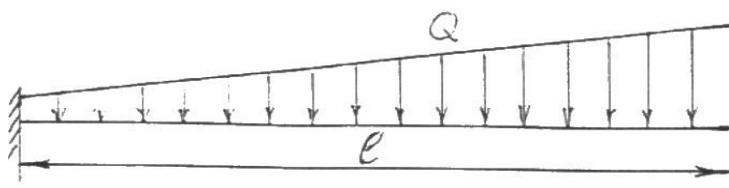
h_d - высота напора столба воды на уровне днища, м

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

b - расстояние между рамными шпангоутами, м

l - пролёт шпангоута, м

Расчётная схема шпангоута для танкера



Методика расчёта рамного шпангоута танкера такая же, как и для нижнего пролёта обычного шпангоута с нагрузкой, распределённой по закону трапеции.

При определении изгибающего момента производится суммирование изгибающих моментов от равномерно распределённой нагрузки и нагрузки, действующей по закону треугольника. Напор столба воды у верхней палубы считается равным 2,5 м, в районе основной линии - высоте борта плюс 2,5

м.

Местная прочность рамного шпангоута, как и других конструкций, определяется сравнением действующих напряжений с допускаемыми

Допускаемые напряжения определяются по формуле [1, с. 88]

$$\sigma_{\text{доп}} = n \sigma_{\text{тек}}$$

где n - коэффициент запаса прочности рамного шпангоута [1, с. 315]

$\sigma_{\text{тек}}$ - предел текучести материала шпангоута, МПа

Действующие напряжения определяются по формуле [1, с. 40]

$$\sigma = M_{\text{max}} / W$$

где W - момент сопротивления рамного шпангоута, определяемый как для тавровой балки по таблице (таблица приведена выше в расчёте флора).

Прочность рамного шпангоута считается обеспеченной при условии: действующие напряжения должны быть меньше допускаемых напряжений

$$\sigma < \sigma_{\text{доп}}$$

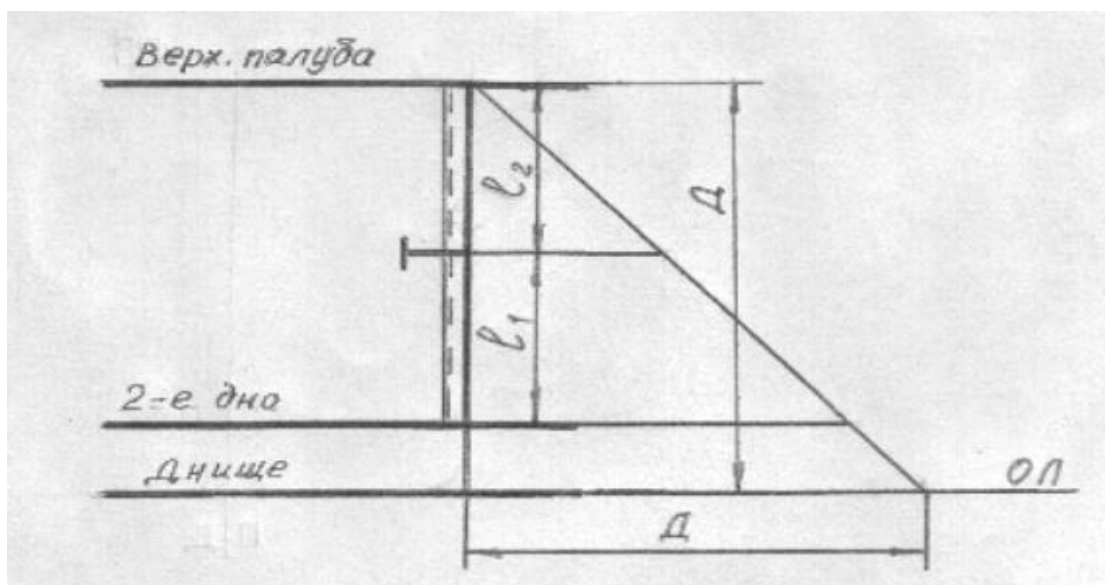
Расчёт местной прочности поперечной переборки

Согласно нормам Регистра прочность водонепроницаемых переборок проверяется на действие нагрузки, соответствующей давлению воды при аварийном затоплении отсека по уровень палубы переборок.

Для сухогруза нагрузка на переборку считается распределённой по закону треугольника, для танкера – по закону трапеции

1 Расчётная нагрузка

Расчётное давление на переборку сухогруза



Для вертикальных связей переборки (вертикальные стойки и рамные стойки) принимается нагрузка с максимальным напором на уровне основной линии, величина которого определяется высотой столба воды, равной высоте борта в данном сечении.

Для горизонтальных связей нагрузка считается равномерно распределённой по длине связи, величина которой равна напору столба воды на уровне расположения связи.

2 Расчёт прочности балок переборки

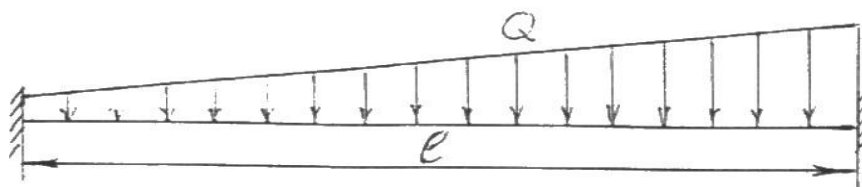
Для плоской переборки с вертикальными стойками проверяется местная прочность вертикальной стойки и шельфа.

Для плоской переборки с горизонтальными стойками проверяется местная прочность горизонтальной стойки и рамной стойки.

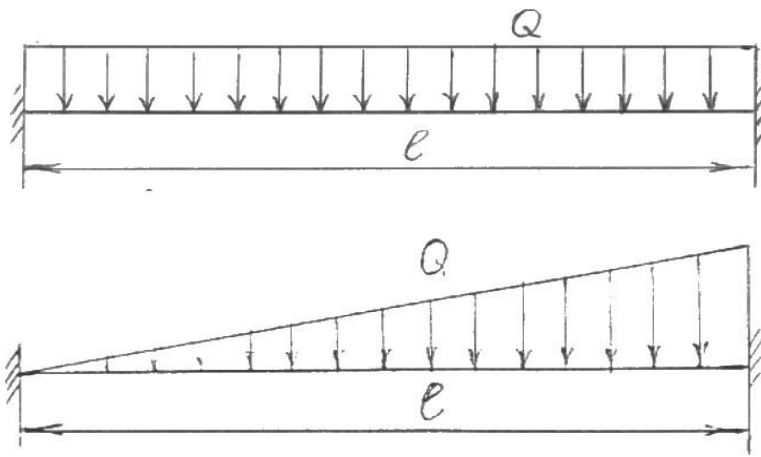
2.1 Расчёт вертикальной стойки

Обычно проверяется нижний пролёт стойки. За расчётную длину нижнего пролёта принимается расстояние между нижним шельфом и вторым дном. Стойка считается жёстко заделанной на опорах с нагрузкой, распределённой по закону трапеции

Расчётная схема стойки



Для упрощения расчёта действующая на стойку нагрузка раскладывается на две составляющие, как показано на нижележащих схемах, и расчёт производится отдельно для каждой схемы.



Максимальный изгибающий момент, действующий в сечениях стойки с равномерно распределённой нагрузкой, определяется по формуле [1, с. 308].

$$M_{\max} = Q l / 24$$

где $Q = q l$ - расчётная нагрузка на стойку, определяемая по формуле [1, с. 38]

$q = h \rho a$ – интенсивность распределённой нагрузки на единицу длины стойки

h – высота напора столба воды на уровне нижнего шельфа, м

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

a - шпация, м

l - пролёт стойки, м

Максимальный изгибающий момент, действующий в сечениях стойки с нагрузкой, распределённой по закону треугольника, определяется по формуле [1, с. 309]

$$M_{\max} = Q l / 23,3$$

где $Q = q l / 2$ - расчётная нагрузка на стойку, определяемая по формуле [1, с. 38]

$q = (h_d - h_{ш}) \rho a$ - интенсивность распределённой нагрузки на единицу длины стойки

h_d - высота напора столба воды на уровне второго дна, м

$h_{ш}$ - высота напора столба воды на уровне нижнего шельфа, м

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

a - шпация, м

l - пролёт стойки, м

Суммарный максимальный изгибающий момент, возникающий в сечениях стойки от действующей нагрузки (по закону трапеции)

$$M_{\max} = M_{\max 1} + M_{\max 2}$$

Местная прочность стойки, как и других конструкций, определяется сравнением действующих напряжений с допускаемыми

Допускаемые напряжения определяются по формуле [1, с. 88]

$$\sigma_{\text{доп}} = n \sigma_{\text{тек}}$$

где n - коэффициент запаса прочности вертикальной стойки [1, с. 315]

$\sigma_{\text{тек}}$ - предел текучести материала стойки, МПа

Действующие напряжения определяются по формуле [1, с. 40]

$$\sigma = M_{\text{max}} / W$$

где W - момент сопротивления вертикальной стойки, определяемый для профильной балки по соответствующему ГОСТу.

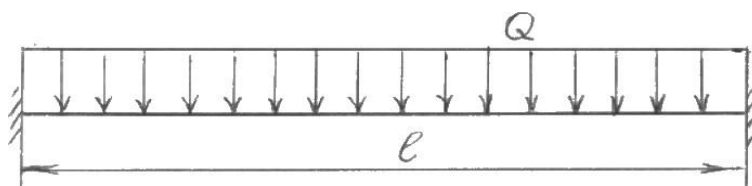
Прочность стойки считается обеспеченной при условии: действующие напряжения должны быть меньше допускаемых напряжений

$$\sigma < \sigma_{\text{доп}}$$

2.2 Расчёт шельфа

Шельф рассматривается как равномерно нагруженная однопролётная балка, жёстко заделанная на бортах. Величина напора столба воды на шельф определяется по схеме нагрузки на переборку и равна величине напора на уровне расположения шельфа

Расчётная схема шельфа



Максимальный изгибающий момент, действующий в сечениях шельфа, определяется по формуле [1, с. 308]

$$M_{\text{max}} = Q l / 24$$

где $Q = q l$ - расчётная нагрузка на шельф [1, с. 38]

$q = h \rho b$ - интенсивность распределённой нагрузки на единицу длины

h – высота напора столба воды на уровне шельфа, м

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

b - расстояние между шельфами, м

l - пролёт шельфа, м

Местная прочность шельфа, как и других конструкций, определяется сравнением действующих напряжений с допускаемыми

Допускаемые напряжения определяются по формуле [1, с. 88]

$$\sigma_{\text{доп}} = n \sigma_{\text{тек}}$$

где n - коэффициент запаса прочности шельфа [1, с. 315]

$\sigma_{\text{тек}}$ - предел текучести материала шельфа, МПа

Действующие напряжения определяются по формуле [1, с. 40]

$$\sigma = M_{\max} / W$$

где W - момент сопротивления шельфа, определяемый как для тавровой балки по таблице (таблица приведена выше в расчёте флора).

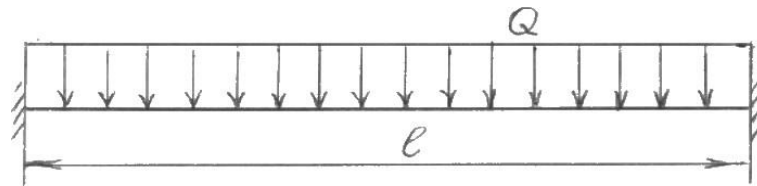
Прочность шельфа считается обеспеченной при условии: действующие напряжения должны быть меньше допускаемых напряжений

$$\sigma < \sigma_{\text{доп}}$$

2.3 Расчёт горизонтальной стойки

Горизонтальные стойки рассматриваются как однопролётные балки, жёстко заделанные на рамных стойках, загруженные равномерно распределённой нагрузкой.

Расчётная схема стойки



Полная нагрузка на стойку определяется по формуле [1, с. 38]

$$Q = q l$$

где $q = h \rho a$ - интенсивность распределённой нагрузки на единицу длины
 h – высота напора столба воды на уровне рассчитываемой стойки,
 m

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

a - шпация, m

l - пролёт стойки (расстояние между рамными стойками), m

Максимальный изгибающий момент, действующий в сечениях стойки, определяется по формуле [1, с. 308]

$$M_{\max} = Q l / 24$$

Местная прочность стойки, как и других конструкций, определяется сравнением действующих напряжений с допускаемыми

Допускаемые напряжения определяются по формуле [1, с. 88]

$$\sigma_{\text{доп}} = n \sigma_{\text{тек}}$$

где n - коэффициент запаса прочности горизонтальной стойки [1, с. 315]

$\sigma_{\text{тек}}$ - предел текучести материала стойки, МПа

Действующие напряжения определяются по формуле [1, с. 40]

$$\sigma = M_{\max} / W$$

где W - момент сопротивления горизонтальной стойки, определяемый для профильной балки по соответствующему ГОСТу.

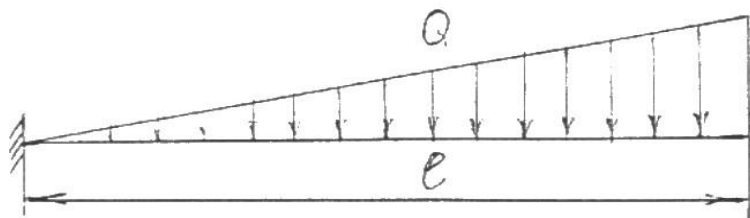
Прочность горизонтальной стойки считается обеспеченной при условии: действующие напряжения должны быть меньше допускаемых напряжений

$$\sigma < \sigma_{\text{доп}}$$

2.4 Расчёт рамной стойки

За расчётную высоту рамной стойки принимается расстояние между вторым дном и верхней палубой. Рамная стойка считается жёстко заделанной на опорах

Расчётная схема рамной стойки для сухогруза



Максимальный изгибающий момент, действующий в сечениях рамной стойки, определяется по формуле [1, с. 309]

$$M_{\text{max}} = Q l / 23,3$$

где $Q = q l / 2$ - расчётная нагрузка на рамную стойку, определяемая по формуле [1, с. 38]

$q = h_d \rho b$ - интенсивность распределённой нагрузки на единицу длины

h_d - высота напора столба воды на уровне второго дна, м

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

b - расстояние между рамными стойками, м

l - пролёт шпангоута, м

Местная прочность рамной стойки, как и других конструкций, определяется сравнением действующих напряжений с допускаемыми

Допускаемые напряжения определяются по формуле [1, с. 88]

$$\sigma_{\text{доп}} = n \sigma_{\text{тек}}$$

где n - коэффициент запаса прочности рамной стойки [1, с. 315]

$\sigma_{\text{тек}}$ - предел текучести материала стойки, МПа

Действующие напряжения определяются по формуле [1, с. 40]

$$\sigma = M_{\text{max}} / W$$

где W - момент сопротивления рамной стойки, определяемый как для тавровой балки по таблице (таблица приведена выше в расчёте флора).

Прочность рамной стойки считается обеспеченной при условии: действующие напряжения должны быть меньше допускаемых напряжений

$$\sigma < \sigma_{\text{доп}}$$

ЛИТЕРАТУРА

1 Григорьев Я.Н., Шапиро В.М. Конструкция корпуса и основы строительной механики морских судов.- Л.: Судостроение

2 Лазарев В.Н., Юношева Н.В. Проектирование конструкций судового корпуса и основы прочности судов.- Л.: Судостроение

3 Максимаджи А.И. Прочность морских транспортных судов.- Л.: Судостроение