

Министерство образования и науки, молодёжи и спорта
Украины
Севастопольский национальный технический университет



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к выполнению практических работ по дисциплине
"Надёжность и ремонтпригодность"
для студентов направления
6.051201 "Судостроение и океанотехника"
всех форм обучения

Севастополь
2011 г

УДК 629

Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине "Надёжность и ремонтпригодность" для студентов направления 6.051201 "Судостроение и океанотехника" всех форм обучения/ Сост. В.С. Игнатович, В.В. Жибоедов - Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2011. – 36 с.

Целью настоящих методических указаний является оказание помощи студентам направления 6.051201 "Судостроение и океанотехника" при изучении дисциплины «Надёжность и ремонтпригодность».

Методические указания и утверждены на заседании кафедры "Океанотехника и кораблестроения" протокол № 12 " 31" января 2011 г.

Допущено учебно-методическим центром и научно-методическим советом СевНТУ в качестве методических указаний протокол № ____ от " ____ " _____. 2011 г.

3.4. Контрольные вопросы

1. Опишите постановку судна в док.
2. Дайте характеристику докового оборудования.
3. Проанализируйте схему грунтовки и окраски судна.
4. Опишите процесс дефектации корпуса и инструментов.
5. Опишите технологический процесс изготовления секции борта

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Практическая работа №1

1. Бойцов Г.В. Работоспособность судовых конструкций / Г.В. Бойцов , С.Д. Кноринг. – Л.: Судостроение, 1972. - 243 с.

Практическая работа №2

1. Барабанов Н.В. Конструкция корпуса морских судов / Н.В.Барабанов – Л.: Судостроение, 1998. - 561с.
2. Правила классификации и постройки морских судов. СПб.: Российский морской регистр судоходства, 2008. - Т:1. – 502 с.

Практическая работа №3

1. Тельнер Б.Е. Технология ремонта корпуса судна / Б.Е. Тельнер. - Л.: Судостроение, 1984. - 402с.
2. Мацкевич В.Д. Основы технологии судостроения / В.Д. Мацкевич. - Л.: Судостроение, 1981. - 352с.

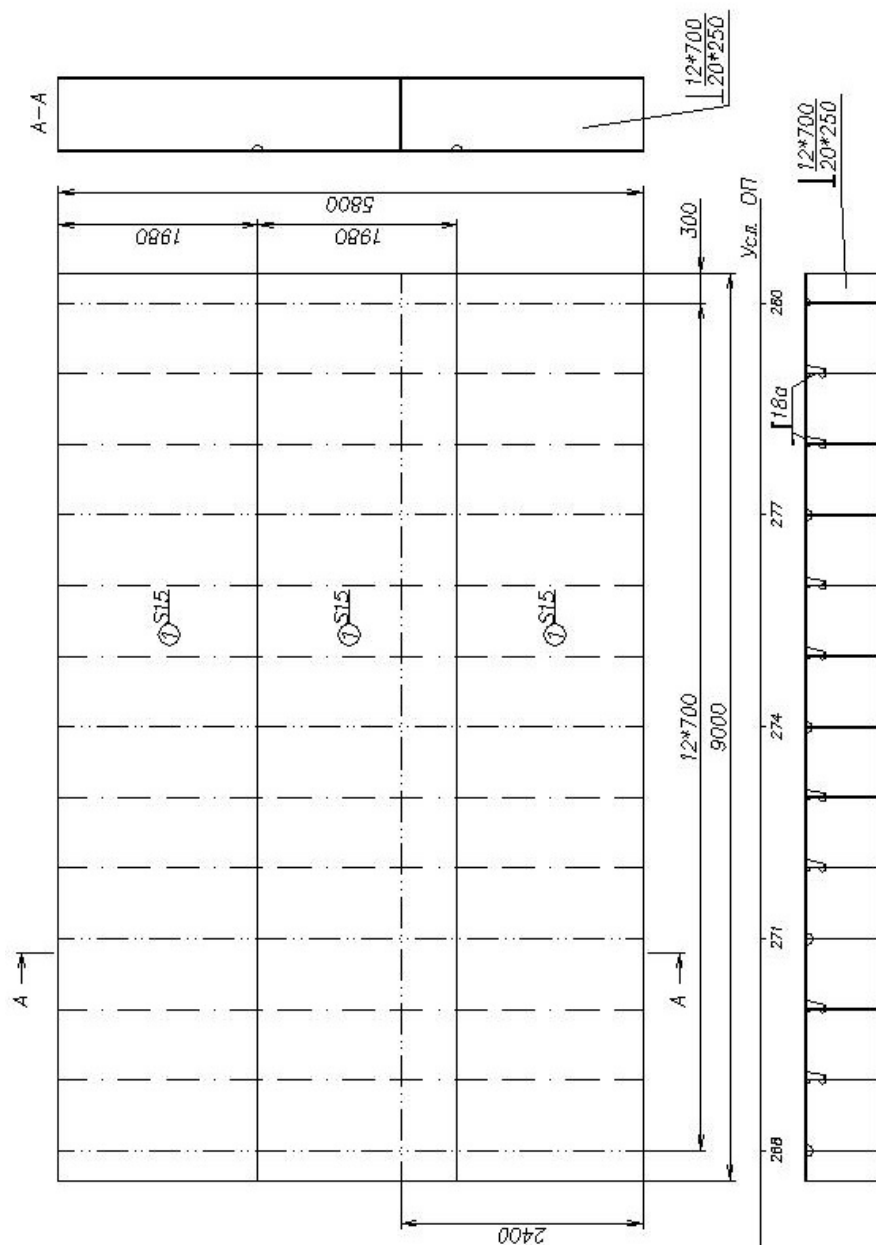


Рисунок 3.5 – Секция для повреждённого участка борта

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. Практическая работа №1	4
1.1 Теоретический раздел	4
1.1.1. Международная система качества ISO	4
1.1.2. Обеспечение работоспособности конструкции современного судна	5
1.1.3. Анализ работоспособности конструкции	6
1.1.4. Режимы и основные параметры усталостных испытаний	6
1.1.5. Испытания узлов корпусных конструкций в условиях статически переменного продольного нагружения	10
1.1.6. Испытания узлов пересечения балок набора в условиях статически переменного поперечного нагружения	14
1.2 Содержание отчета о практическом задании	16
1.3 Контрольные вопросы	16
2. Практическая работа №2	17
2.1 Теоретический раздел	17
2.1.1. Конструктивное оформление палубных вырезов	17
2.1.2. Конструктивное оформление сопряжения фальшборта и палубных надстроек	19
2.2 Индивидуальные расчетно-графические задания	24
2.3 Содержание отчета о практическом задании	24
2.4 Контрольные вопросы	24
3. Практическая работа №3	25
3.1 Теоретический раздел	25
3.1.1. Постановка судна в док	25
3.1.2. Очистка и окраска обшивки подводной и надводной части корпуса судна	29
3.1.3. Замена повреждённой секции корпуса судна	31
3.2 Индивидуальные расчетно-графические задания	35
3.3 Содержание отчета о практическом задании	35
3.4 Контрольные вопросы	35
Библиографический список	36

ВВЕДЕНИЕ

Неправильно сконструированный узел с большим числом трудно рассчитываемых концентраторов может в несколько раз снизить прочность всей конструкции вопреки расчетам.

Нормы и правила выполнения расчетов лишь тогда позволяют спроектировать надежную конструкцию, когда они связаны с правилами конструктивного оформления всех узлов. Однако практика конструирования отстает от расчетных методов. Это подтверждается значительным числом повреждений на судах. В большинстве своем причины повреждений достаточно элементарны и не требуют сложных расчетов.

Непременным условием обеспечения работоспособности конструкций при существующих тенденциях увеличения скорости судна, увеличения размеров и применения сталей повышенной прочности СПП и других материалов, является выявление слабых мест в конструкциях и разработка профилактических мер.

Наряду с проведением испытаний образцов узлов и конструкций большое значение имеет сбор и анализ информации о повреждениях.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1 НАДЕЖНОСТЬ КАК ОСНОВНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КАЧЕСТВА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА.

Цель работы: Изучить основные методы повышения работоспособности судовых конструкций как основных средств обеспечения надежности судового корпуса.

1.1. Теоретический раздел.

1.1.1. Международная система качества ISO

Международная система качества ISO 9000 предъявляет требования к проектированию, изготовлению и эксплуатации технических объектов. Эти требования можно представить петлей качества, которая изображена на рисунке 1.

н) Выполняется правка секции, если она необходима.

о) Производится грунтовка секции, маркировка и отправка на склад комплектации (см. рисунок 3.5).

Резка поврежденной части корпуса производится полуавтоматом или ручным способом. Чтобы секция не провалилась, её с внутренней стороны приваривают на прихватках. Для транспортировки и изъятия секции из борта к поврежденной части корпуса приваривают обухи, за которые секцию транспортируют на металлостол.

Кантовка готовой секции и перемещение её на место производства сварки осуществляется заводскими кранами. На секцию для транспортировки навариваются обухи, которые впоследствии будут удалены.

Процесс приварки секции начинается с прихватки её двух сторон, ребра жесткости и перекрёстные связи устанавливаются и привариваются на прежние места с тщательной проверкой сварных швов. Сварка обшивки производится с двух сторон ручным способом или полуавтоматом.

Контроль конструкции осуществляется путём устранения сварных деформаций, зачисткой и окраской повреждённых участков, проверкой всех сварных швов и всего отсека наливом.

3.2. Индивидуальное расчётно-практическое задание

Разработать технологический процесс ремонтных работ при постановке судна в док, включая очистку и покраску корпуса. За исходный вариант каждому студенту принять судно, рассмотренное в курсовом проекте по дисциплине "Конструкция судов и плавучих сооружений".

3.3 Содержание отчёта о практическом задании

Отчёт должен содержать краткое описание судна, оборудование дока, процесса постановки судна на кильблоки. Необходимо описать процесс очистки и окраски корпуса, выбрать схему окраски, для повреждённого участка борта выполнить дефектацию в районе вмятины и описать технологический процесс замены повреждённой конструкции. На формате А4 выполнить эскизы судна в доке, повреждённого участка борта и вновь изготовленной секции.

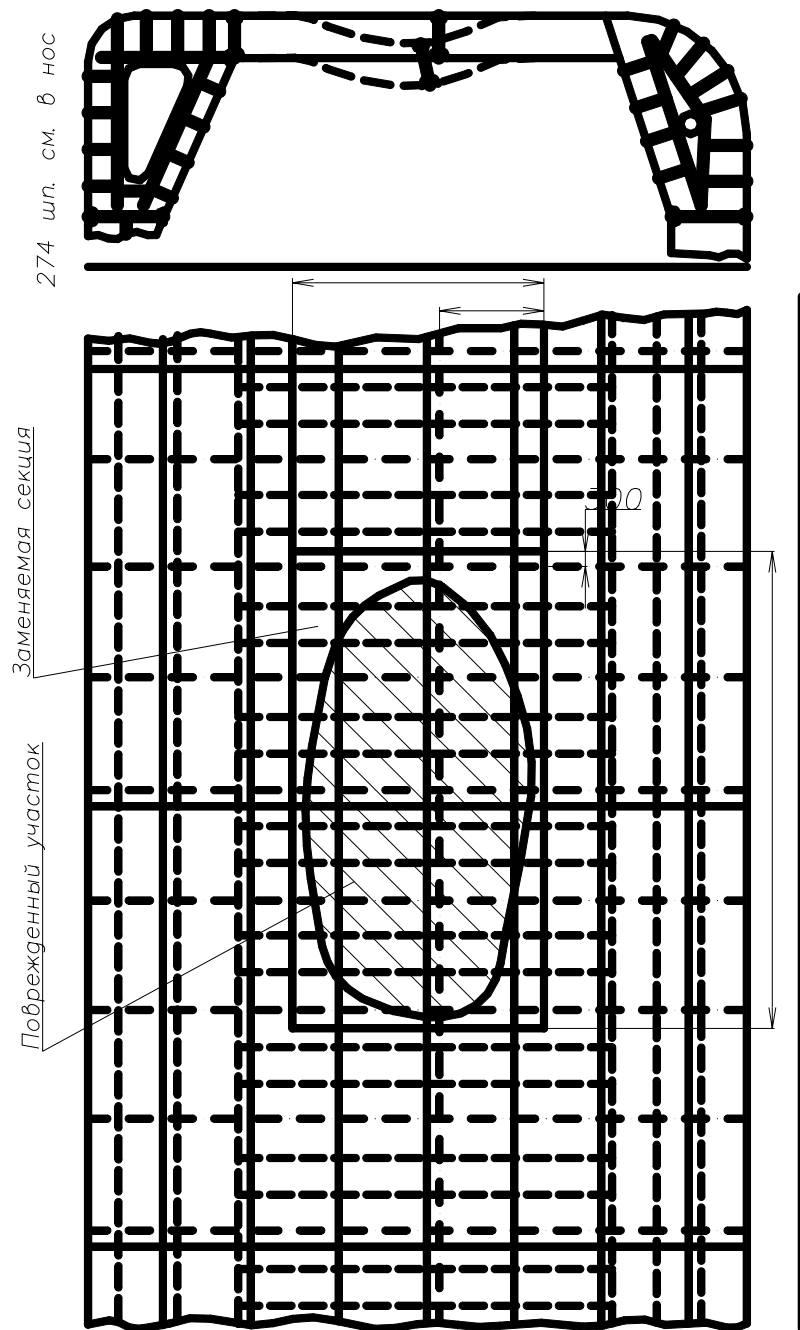
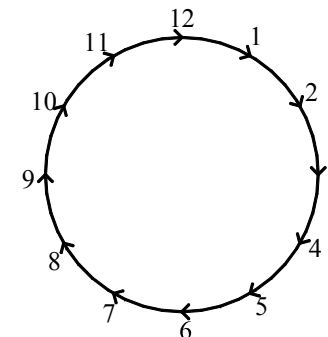


Рисунок 3.4 – Поврежденный участок борта



1 ... 12 - этапы разработки, изготовления и эксплуатации объекта
Рисунок 1.1 - Требования ISO. Петля качества.

В частности, в судостроительной промышленности на всех этапах разработки проекта, изготовления и эксплуатации судна требования качества предъявляются к:

- 1 - проектной документации;
- 2 - разработке технологической документации;
- 3 - выбору материалов;
- 4 - подготовке производства;
- 5 - изготовлению деталей и конструкций, их испытанию и контролю;
- 6 - изготовлению корпуса судна, испытанию и контролю;
- 7 - монтажу механизмов, испытанию и контролю;
- 8 - испытанию и сдаче судна;
- 9 - разработке эксплуатационной документации;
- 10 - эксплуатации судна;
- 11 - сбору информации и анализу повреждений в процессе эксплуатации судна;
- 12 - разработке предложений для усовершенствования и ремонта конструкции.

1.1.2. Обеспечение работоспособности конструкции современного судна.

Основное требование надежности предъявляется к конструктивной прочности, а не к прочности материала конструкции. Существуют следующие виды испытаний конструктивной прочности: испытание образцов; испытания конструктивных узлов; испытание отдельных конструкций.

На практике, как правило, проверяют теоретические расчеты испытаниями на специально изготовленных моделях.

1.1.3. Анализ работоспособности конструкций.

Конструкции подразделяются на две группы:

а) Классические прерывистые связи (район соединения основного корпуса с надстройкой или рубкой, вырезы в палубе под грузовые люки и т.п.) - зоны, в районе которых концентрации напряжений достаточно велики, а оформление конструктивных узлов достаточно простое для моделирования. Работоспособность материала и его узлов с учетом местных концентраторов определяется путем испытания малых образцов.

б) Конструкции, включающие различные сварные узлы (узлы пересечения балок различного направления и др.), сложность их напряженного состояния, взаимное геометрическое положение балок делают невозможным определение работоспособности узла без проведения специальных испытаний в условиях переменного нагружения. На результаты испытаний влияют следующие факторы:

- а) Величина и характер изменения во времени нагрузки,
- б) Концентрация напряжений, обусловленная видом и геометрической формой узлов, а также дефектами их изготовления,
- в) Механические свойства основного материала,
- г) Технологическая последовательность сборочно-сварочных работ и связанные с ней остаточные напряжения.

1.1.4. Режимы и основные параметры усталостных испытаний.

Усталостные испытания обычно проводятся при циклической нагрузке заданной амплитуды, наложенной на неизменную среднюю нагрузку, и продолжаются до полного разрушения образца. Число циклов при разрушении фиксируется. Таким образом, усталостные испытания включают три переменные величины:

- условия нагружения: средняя и переменные нагрузки;
- число циклов.

При анализе результатов испытаний можно использовать любую пару из величин: σ_a , $\sigma_{\max}$, $\sigma_{\min}$, σ_c

$$\sigma_a = \sigma_{\max} - \sigma_c = \sigma_c - \sigma_{\min}$$

Также можно использовать коэффициент асимметрии цикла:

Размеры вмятины принимаем по длине между поперечными переборками, а по высоте – на расстоянии между палубой и настилом второго дна.

3.1.3.1. Процесс дефектации корпуса в районе вмятины, с описанием линии реза для удаления поврежденной части борта (рисунок 3.4)

Процесс дефектации борта состоит в оценке перемещений обшивки во вмятине. Специальными способами оцениваются размеры повреждений и если перемещения не допустимы, то следует определить линию реза. Линия реза должна быть ровной, отстоящей на 0,2 м от наибольшего по протяженности повреждения. Линию реза очерчивают на корпусе с учетом отстояния от поперечных и продольных связей не менее чем на 0.2м.

3.1.3.2. Технологический процесс изготовления плоской секции

а) На стенде разметить контур секции. Пробивается базовая контрольная линия, линия ДП, линия параллельная ОП и д.р.

б) Укладываются листы настила или полотнища, закрепляются относительно стенда с помощью зажимов. Проверяются зазоры под сварку между листами и листы закрепляются относительно друг друга электроприхватками.

в) Выполняется сварка полотнища с одной стороны.

г) Полотнище перекаптовывается, корень шва вырубается и выполняется сварка с обратной стороны шва;

д) Производится контроль качества сварных швов;

е) По контуровочному эскизу(данные с плаза) разметить контуры секции и места установки набора;

ж) По разметке выставить балки главного направления, проверить углы установки относительно полотнища;

з) Выполняется сварка балок главного набора(автоматическая под флюсом);

и) Устанавливаются балки рамного набора, привариваются к полотнищу и балкам главного направления.

к) Устанавливаются детали россыпи (кницы, бракетки и т.д.).

л) Выполняется сварка деталей россыпи.

м) Выполняется контроль сварных швов и конструкций секции.

Для надежной антикоррозийной защиты минимальная толщина слоя краски должна составлять 120...150 мкм, что требует не менее пяти слоёв покрытия, а для поверхностей, подвергающихся постоянному воздействию влаги и воды (подводная часть корпуса, переменная ВЛ), не менее 200...300 мкм, до 10...12 слоев.

Схемы окраски судна

Подводная часть корпуса	Этиленовая ЭЖС-40	- 4 слоя,
180 мкм	необрастающая ХВ-53	- 2 слоя
	эмаль ХС-748	- 4 слоя
Район переменной ВЛ	Грунт ВЛ-023	- 1 слой,
185 мкм	необрастающая ХВ-750	- 2 слоя
Надводный борт	Грунт ВЛ-02	- 1 слой,
90 мкм	Виниловая антикоррозийная ХС-720а	- 2 слоя,
	Краска	- ХВ-527

3.1.2.3. Защита корпуса от коррозии

Для защиты корпуса от коррозии во время плавания существует два вида электрохимической защиты: стационарные и автономные системы катодной защиты и протекторной защиты.

Протектор представляет собой брусок металла более активного, чем сталь (цинк, алюминий), укрепленный на подводной части корпуса. Протекторы равномерно распределены по длине судна, а также в районах более подверженных воздействию коррозии (кормовая оконечность в районе винта, перо руля, переменная ВЛ, танки, цистерны чистого балласта и т.п.). Суть протекторной защиты состоит в том, что металл протектора с более низким потенциалом взаимодействует с морской водой вместо обшивки корпуса.

Протекторы крепят на обшивку с определёнными интервалами, учитывая радиусы их действия.

Протекторы ставятся не дальше, чем на 10 м от винта в корме и на 20 м в носу от форштевня. Для защиты используются протекторы из алюминиевых и магниевых сплавов. Замена протекторов осуществляется при постановке судна в док.

3.1.3. Замена повреждённой секции корпуса судна

В качестве заменяемой части корпуса судна рассмотрим плоскую часть борта при поперечной системе набора.

$$r = \sigma_{\min} / \sigma_{\max} \text{ и размах напряжений } \sigma_a = 2 \cdot \sigma_a$$

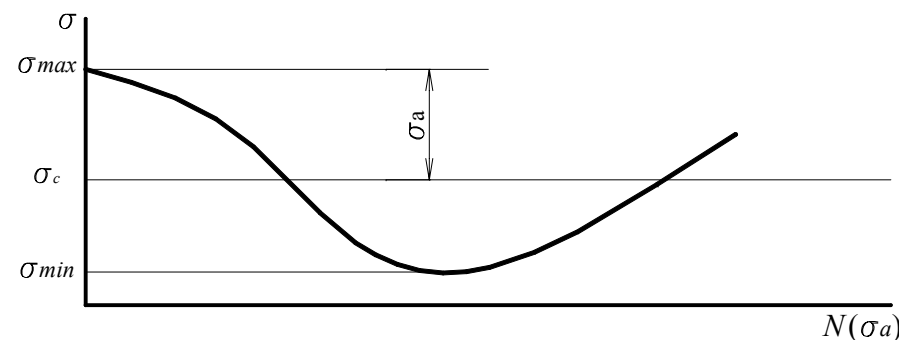


Рисунок 1.2 - Параметры циклических напряжений $N(\sigma_a)$

По данным серийных испытаний строится кривая усталости $\sigma = f[N(\sigma_a)]$

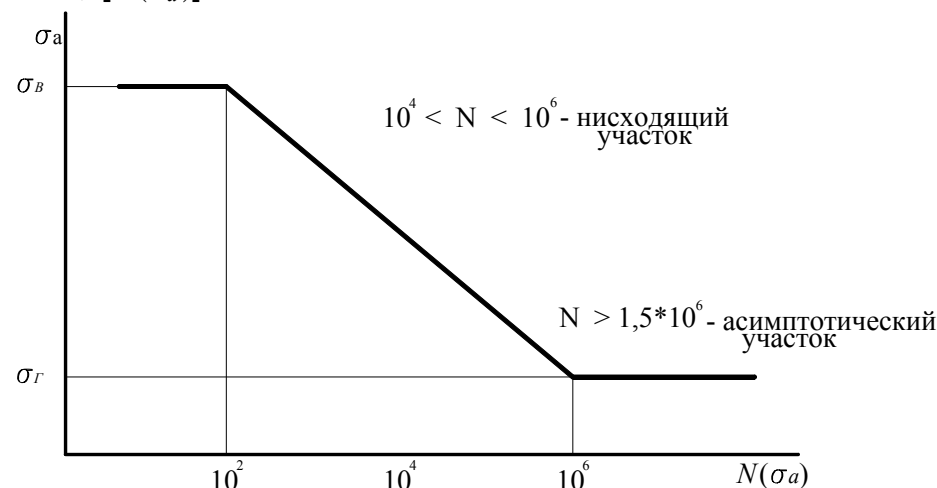


Рисунок 1.3 - Типовой вид кривой усталости стали

Напряжения σ_G на асимптотическом участке называют неограниченным пределом усталости или пределом усталости, на нисходящем участке - ограниченным пределом усталости.

Область кривой усталости, соответствующая $\sigma_{\max}$, обычно называют областью малоциклового усталости.

В отличие от испытания материалов испытания на усталость узлов конструкций имеют следующие особенности:

- увеличение мощности и сложности испытательного оборудования по мере приближения испытаний к реальным по размерам узлов и действующей нагрузке,
- повышение трудоёмкости и стоимости изготовления образцов;
- возрастание действия случайных факторов на результаты испытаний и статистический разброс выходных данных;
- усложнение характера и увеличение продолжительности развития усталостного разрушения.

При исследовании усталости конструктивных узлов результаты испытаний представляют в зависимости от параметров цикла номинальных - напряжений (σ_a и σ_c), определенных делением нагрузки на геометрические характеристики опытных конструкций, (F - площадь сечения, W - момент сопротивления сечения).

Различают две стадии развития трещин:

- первая - стадия накопления усталостных повреждений материала,
- вторая - стадия появления и распространения макротрещины.

При испытании на усталость образцов моделируется характер, а иногда и спектр моделируемых нагрузок. За переменные принимают амплитуду σ_a и среднюю амплитуду номинальных напряжений σ_{cp} без учёта концентрации

$$\sigma_a = \frac{(\sigma_{\max} - \sigma_{\min})}{2}$$

Роль местных или локальных напряжений отражается коэффициентом концентрации напряжений. В качестве примера рассмотрим конструкцию, показанную на рисунке 1.4.

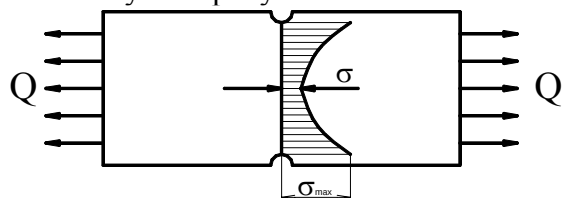


Рисунок 1.4 - Плоский образец с концентратором напряжений

3.1.2.1. Процесс очистки корпуса судна в доке

Оборудование и процесс очистки корпуса включает очистку и обезжиривание обшивки. Для очистки корпуса от ржавчины и обрастания рекомендуется применять переносные аппараты АД - 1 и АД - 2 дробеструйной очистки, ручной дробеструйный пистолет ПД - 1 и металлические щётки с электро- или пневмоприводом. Инструменты ударного действия не допускаются.

Очищенные поверхности обезжиривают уайт-спиритом или другим растворителем, а затем протирают чистой сухой ветошью. Для обезжиривания, рекомендуется водный раствор ВРМ. Обезжиривание и грунтование следует проводить не позднее чем через шесть часов после очистки при окраске на открытом воздухе и через 24 часа в помещении.

3.1.2.2 Подбор схемы окраски корпуса, грунты и краски. Оборудование и процесс окраски

а) Грунтование.

Грунтом называют первый слой специальной краски, обеспечивающий хорошее сцепление (адгезию) между окрашиваемой поверхностью и последующим слоем краски. В качестве грунта применяют специальные краски типа ЭЖКС-40, Эп-755. Лучшее нанесение грунтов обеспечивается малярными кистями при тщательном втирании их в окрашиваемую поверхность. Такие грунты можно наносить с помощью установок для безвоздушной окраски ("Факел", "Виза"). Грунтование нужно производить при температуре большей или равной 5°C. Применяются краски ХС-53, ХС-510 и противообрастающие краски ХС-79, ХС-512, ХС-71, КФ-751.

Поверхности, если нужно, шпаклюют для сглаживания шероховатостей шпаклёвками МШ-1м, МШ-2м, МШ-3м. Применяются также специальные корабельные шпаклёвки.

б) Окраска судовых поверхностей

Окраска выполняется красками или эмалями после нанесения грунта и шпаклевки, каждый слой краски наносят после практического высыхания предыдущего.

При высыхании в краске образуются поры, в которые попадает влага, поэтому краску наносят несколькими слоями.

Таблица 3.1 - Исходные напряжения некоторых пород древесины

Породы древесины	Модуль упругости E , МПа»	Допускаемые напряжения G_0 , МПа
Дуб, ясень	200,0	3,2
Пихта	60,0	1,5
Сосна, ель	60,0	1,6
Кедр	60,0	1,4

Исходные данные для расчета постановки судна в док. Тип судна (его размеры принимаются согласно курсовому проекту по конструкции корпуса):

L – длина судна, м; DW – дедвейт судна, т;
 B – ширина судна, м; Δ – водоизмещение, т;
 d – осадка судна, м; D – высота борта, м;

Таблица 3.2 – Статьи нагрузки масс относительно водоизмещения

Статьи нагрузки	Доля от полного водоизмещения заданного судна, %	Численное значение от статьи нагрузки, т
Корпус	16	
Механизмы	12	
Топливо, масло, вода	3	
Снабжение команды	5	
Запас водоизмещения	2	

3.1.2. Очистка и окраска обшивки подводной и надводной частей корпуса судна

Суда очищают и окрашивают для защиты корпуса от коррозии, от обрастания подводной части корпуса морскими организмами, для придания красивого внешнего вида, внешнего отличия судов друг от друга в соответствии с их назначением и принадлежностью.

Распространение получило понятие α_m - теоретического коэффициента концентраций и эффективного α_3

$$\alpha_m = \frac{\sigma_{\max}}{\sigma_n},$$

где σ_n - номинальное, т.е. рассчитанное методом сопротивления материалов, напряжение, МПа.

$$\sigma_n = \frac{Q}{F_n},$$

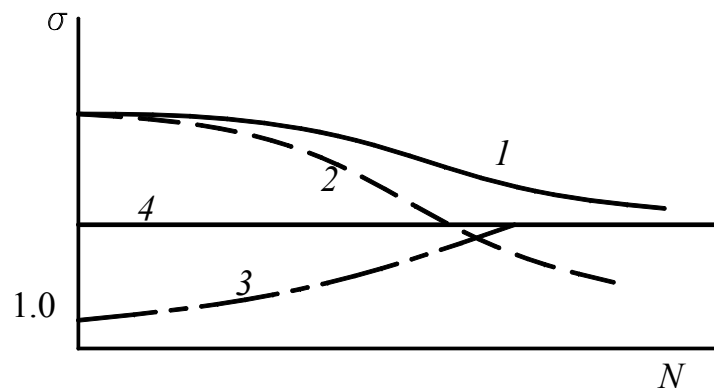
где Q - нагрузка на образец, кН; F_n - номинальная площадь нетто-сечения образца и районе концентрации напряжений, м².

Эффективной концентрацией напряжений называется явление снижения усталостной прочности образца с концентратором напряжений или конструктивного узла по сравнению с образцом материала.

Коэффициент концентрации напряжений характеризует относительное снижение предела усталости, является мерой эффективной концентрации и определяется по формуле:

$$\alpha_3 = \frac{\sigma_c(N)}{\sigma_k(N)},$$

где $\sigma_c(N)$ - предел неограниченной выносливости или усталости на базе количества циклов N материала, МПа; $\sigma_k(N)$ - предел усталости (выносливости) для узла или образца с геометрическим концентратором при количестве циклов N , МПа. С увеличением базы испытаний N значение эффективного коэффициента концентрации α_3 , увеличивается и при величине N , соответствующем пределу усталости приближается к величине α_m , а с уменьшением N величина α_3 уменьшается до единицы. Часто кривые 1,2 (рисунок 1.5) представляют в виде логарифмических кривых (см рисунок 1.6).



1 - образец материала; 2 - образец с концентратором. Коэффициенты концентрации: 3 – эффективный; 4 – теоретический.

Рисунок 1.5 - Усталостные кривые

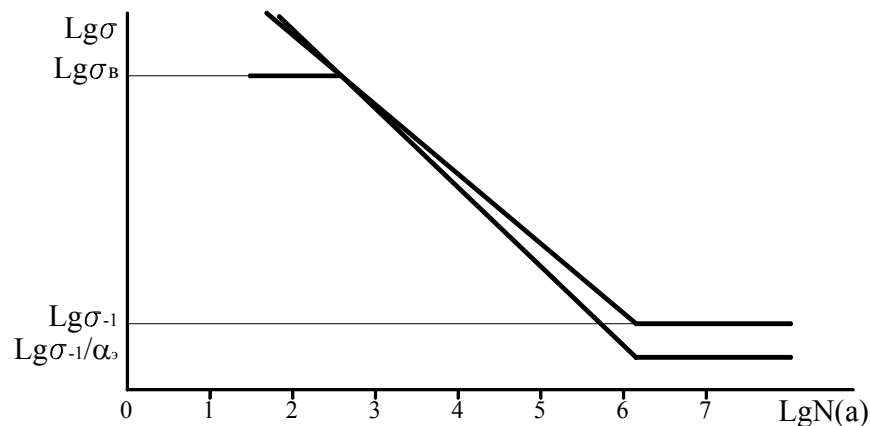


Рисунок 1.6 - Схематизированное представление кривых усталости для материала 1 и конструкции 2

1.1.5. Испытания узлов корпусных конструкций в условиях статически переменного продольного погружения.

Узлы пересечения балок судового набора представлены на рисунках 1.7 и 1.8. Одновременно на испытательной машине устанавливается 4-6 таких образцов.

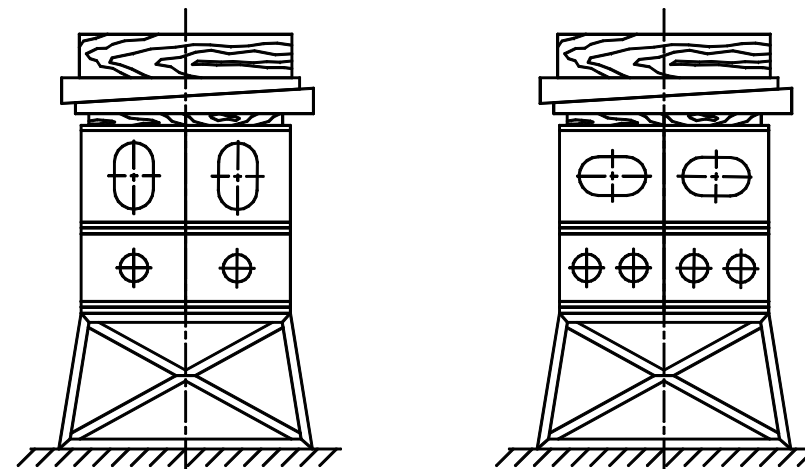


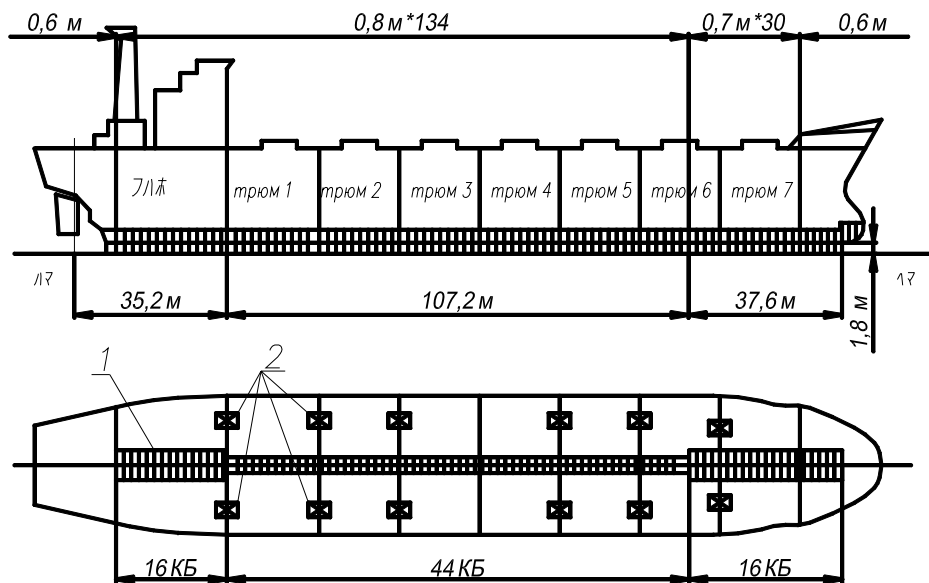
Рисунок 3.3 - Конструкция клетки

Для расчёта количества кильблоков ступенчатую кривую масс порожнего судна разбивают по длине на три участка, в пределах которых интенсивность нагрузки усредняется и принимается постоянной. Количество кильблоков на каждом участке определяется формулой:

$$\Pi_k = \frac{D_{нк}}{Q_k},$$

где Π_k - число кильблоков; $D_{нк}$ - вес части корпуса судна, кН; Q_k - нагрузка на кильблок, кН.

Нагрузка Q_k обычно принимается равной половине предельно допустимой нагрузки. Давление на основную подушку не должно превосходить предельно допустимое. Количество клеток, обеспечивающих устойчивость судна в доке, составляет не менее трёх пар при водоизмещении порожнего судна до 50 тыс. кН, не менее четырёх пар – при 50...100 тыс. кН и шести пар – более 100 тыс.кН. В таблице 3.1. приведены прочностные характеристики некоторых пород древесины используемых в конструкции клеток для подушек (см. рисунок 3.2 и 3.3).



1 – кильблоки (КБ); 2 – клетки
Рисунок 3.1 – Постановка судна в док.

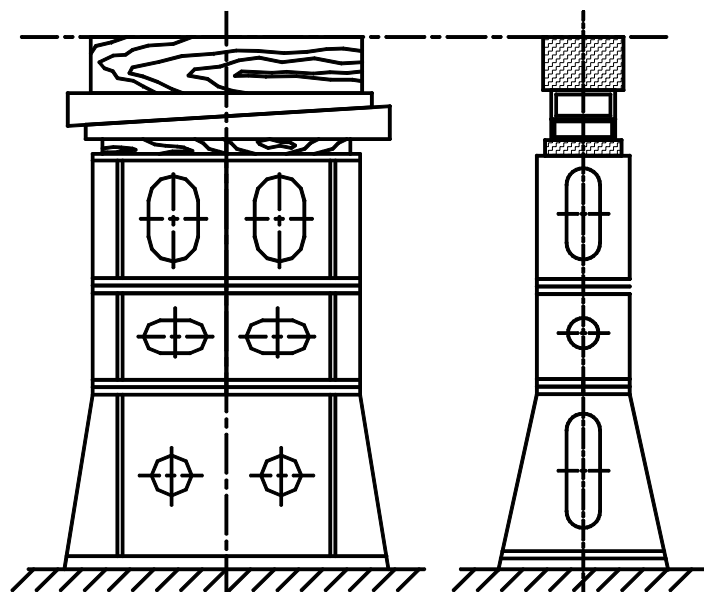


Рисунок 3.2 – Кильблок из металлических тумб

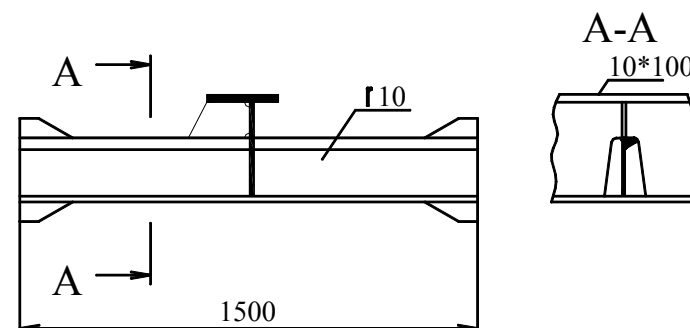


Рисунок 1.7 - Опытная конструкция балки с узлом её пересечения с поперечной связью.

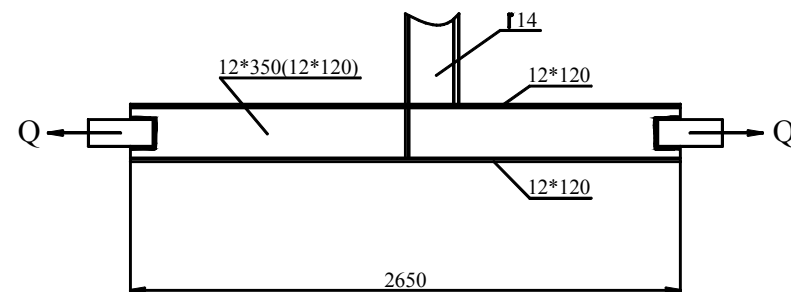


Рисунок 1.8 - Конструкция узла пересечения тавровой бочки с поперечной связью.

Конструкции нагружались при постоянных параметрах цикла с частотой 80, 100 циклов в минуту. Отношение

$$r = \frac{Q_{\min}}{Q_{\max}} = 0,1-0,15.$$

Анализ результатов образцов позволяет сделать следующие выводы:

1) Наиболее неблагоприятные показатели работоспособности в условиях переменного продольного нагружения имеют узлы продольного набора из катанных профилей, в которых нарушается их непрерывность.

Существенное повышение работоспособности стыковых соединений наблюдается при их расположении под кницы.

2) Узлы пересечения набора, обеспечивающие непрерывность продольных балок и включающие различные элементы (кницы), которые к ним привариваются, отличаются более высокой работоспособностью, чем разрезные.

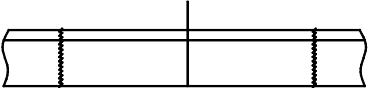
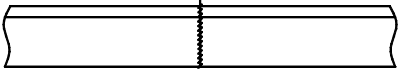
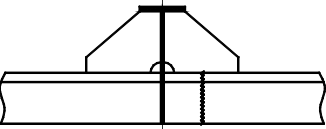
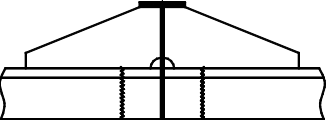
3) Работоспособность узлов стыковых соединений тавровых балок выше, чем у полособульбовых.

4) Наличие вырезов в стенках тавровых профилей для протока жидкостей, выходящих к обшивке в районе опорных сечений, приводит к снижению работоспособности.

5) Разрезные и неразрезные варианты узлов пересечения тавровых балок с непроницаемыми поперечными связями имеют приблизительно одинаковую работоспособность.

6) Применение СПП приводит к заметному повышению работоспособности узла.

Таблица 1.1 - Значения коэффициентов концентрации напряжений α , типовых узлов при продольном нагружении конструкции.

Типы узлов	$\alpha_{\Sigma 1}$ – до появления видимой трещины	$\alpha_{\Sigma 2}$ – после появления трещины
	3,8	2,7
	4,3	2,8
	1,65	-
	3,0	1,8

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3 ПОСТАНОВКА СУДНА В СУХОЙ ДОК. РЕМОНТ И ОКРАСКА КОРПУСА СУДНА

Цель работы: Изучение методики доковых ремонтных работ: постановка судна в док, окраска и защита корпуса от коррозии, замена поврежденной части корпуса (борта), разработанного в курсовом проекте по дисциплине «Конструкция судов и плавучих сооружений».

3.1. Теоретический раздел

3.1.1. Постановка судна в док (рисунок 3.1)

К повреждениям корпуса судна относятся: поломка корпуса, пробоины и разрыв наружной обшивки и переборок, трещины в листах наружной обшивки, палуб, переборок, набора; коррозия листов обшивки, палуб, переборок, второго дна, набора и как следствие этого, их утоньшение (местное или общее); прогиб корпуса, местные деформации (вмятины, гофрировка, бухтиноватость, деформация набора, износ днищевых листов).

Для выявления дефектов корпуса судна необходимо провести его освидетельствование, то есть осмотр, измерение толщин связей, испытание на непроницаемость и герметичность конструкций и сопоставление фактического состояния с требованиями Регистра.

Для осмотра корпуса судна его необходимо соответствующим образом подготовить. При доковом осмотре высота клеток или кильблоков должна позволять осмотреть днище. Из помещений должны быть удалены грузы и судовые запасы, помещения подлежат проветриванию, а грузовые танки и цистерны топлива и масла дегазуют. В необходимых местах вскрывают деревянные настилы, обшивку бортов, переборок, подволоку, изоляцию помещений, камер, удаляют цементировку. Может оказаться необходимым демонтаж оборудования, которое мешает осмотру. Обычно при доковых работах используют следующие типы кильблоков (рисунок 3.2):

- а) обычный на металлической основе. Нагрузка не определяется расчетом;
- б) гидравлический. Нагрузка- до 800 кН;
- в) быстроразборный. Нагрузка- до 700кН.

2.2. Индивидуальные расчётно-практические задания

Разработать конструкцию подкреплений корпуса в районе грузовых люков в верхней палубе и в местах окончания надстроек и их соединения с бортом. В качестве исходного принять судно, конструкция которого разработана студентом в курсовом проекте по дисциплине "Конструкция судов и плавучих сооружений".

2.3. Содержание отчета о практическом задании

Отчет должен содержать описание конструкции корпуса верхней палубы, борта и надстройки, основные требования и конструктивные мероприятия по снижению концентраций напряжений. На чертежах формата А4 выполнить в масштабе эскиз подкреплений верхней палубы в районе грузового люка и подкрепления борта и верхней палубы в местах окончания надстройки.

2.4. Контрольные вопросы

1. Что такое концентрация напряжений и меры по её снижению.
2. Назовите основные мероприятия по снижению концентрации напряжений в углах палубных вырезов.
3. Опишите конструкцию подкреплений в районе грузовых люков.
4. Опишите конструкцию сопряжения ширстрека и стенки надстройки.
5. Дайте описание узлов соединения стенок надстройки с фальшбортом.

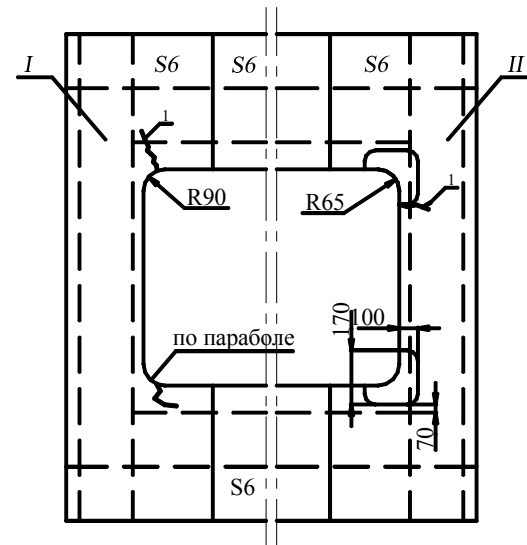
Модели конструкций с вырезами

Испытывается серия моделей перекрытий с вырезами из стали марок ВСт 3, Ст 4с, СХЛ – 4 (10ХСНД)

Таблица 1.2 - Результаты испытаний модели (рисунок 1.9)

Марка стали	Вариант Модели	σ_p^* , МПа	N_i^* , тыс. циклов	α_{zi}	σ_p^* - размах средних циклических напряжений; N_i^* - число циклов до появления трещины; α_{zi} - эффективный коэффициент концентрации
ВСт 3	I	175	65	1,39	
СХЛ – 4	I	195	71	1.51/1.43	
ВСт 3	II	175	28..30	1.67/<1/5 2	
СХП – 4	II	195	41..45	1.73/<1.6 6	

Модели выполнены с дефектами кромок скругления после газовой резки



1 – трещины $r \approx 0.15$ частота 80..100

I – неподкреплённый вырез; II – подкреплённый в районе вырезов.

Рисунок 1.9 – Схемы опытных конструкций перекрытий с вырезами

Выводы

1. Коэффициенты концентрации α_3 перекрытий о подкреплениях вырезов оказались близкими к α_3 неподкрепленных вырезов и даже больше, а значит долговечность практически одинакова.

2. Коэффициент концентрации $\alpha_{3\max}$ в перекрытиях с вырезами ниже α_m на 15-20%.

3. Коэффициент концентрации α_3 моделей существенно меньше α_3 узлов продольного набора.

4. Вследствие быстрого распространения усталостных трещин до значительных размеров стадия их развития меньше по времени, чем для конструкции с пересечением балок набора.

5. Введение якоробразной прорези увеличивает долговечность конструкции на 10.. 20 %.

1.1.6. Испытания узлов пересечения балок набора в условиях статически переменного поперечного нагружения

Рассмотрим узел пересечения продольных балок с перекрестной связью (флор и продольные ребра). Узел нагружен поперечной переменной нагрузкой (см рисунок 1.10, 1.11). Соотношение параметров циклов $r = 0.2$. Частота нагружения 100..120 циклов в минуту, в качестве критериев принимаются видимые трещины и полное разрушение модели. В процессе испытаний тавровых и полособульбовых узлов можно наблюдать два вида разрушения:

а) трещины в стенке перекрестных связей в районе прохода балок главного направления;

б) разрушение элементов и сварных швов, непосредственно соединяющих пересекающиеся балки, а также швов присоединяющих их обшивке.

Анализ результатов испытаний серии образцов с балками главного набора из полособульбового профиля позволит сделать следующие выводы. Работоспособность перекрестных балок, ослабленных вырезами для прохода балок главного направления, в условиях переменного поперечного нагружения определяется величиной и соотношением параметров цикла номинальных касательных напряжений, действующих в стенках связей в районе вырезов. Дополни-

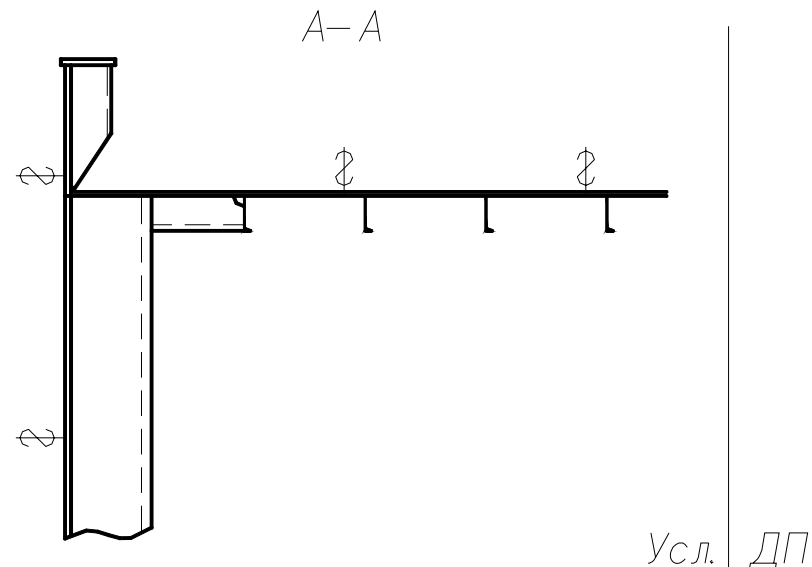


Рисунок 2.7 – Сечение А-А

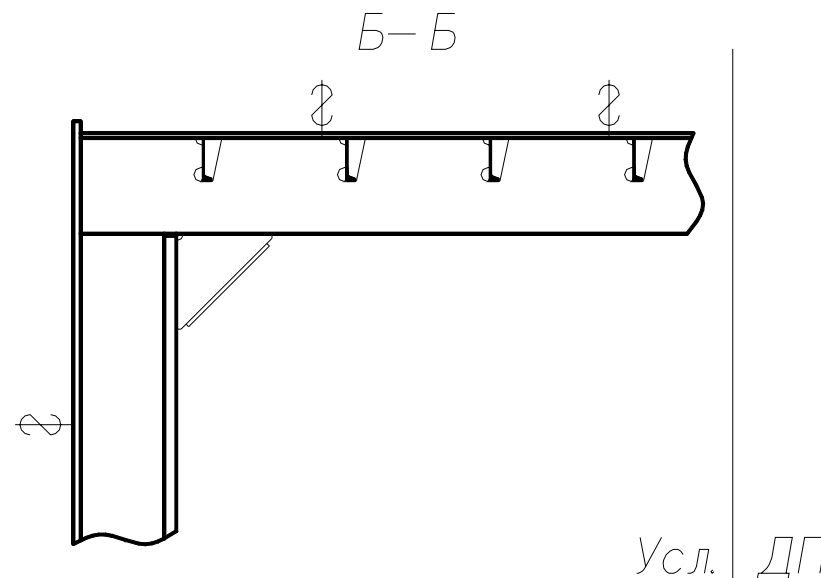


Рисунок 2.8 – Сечение Б-Б

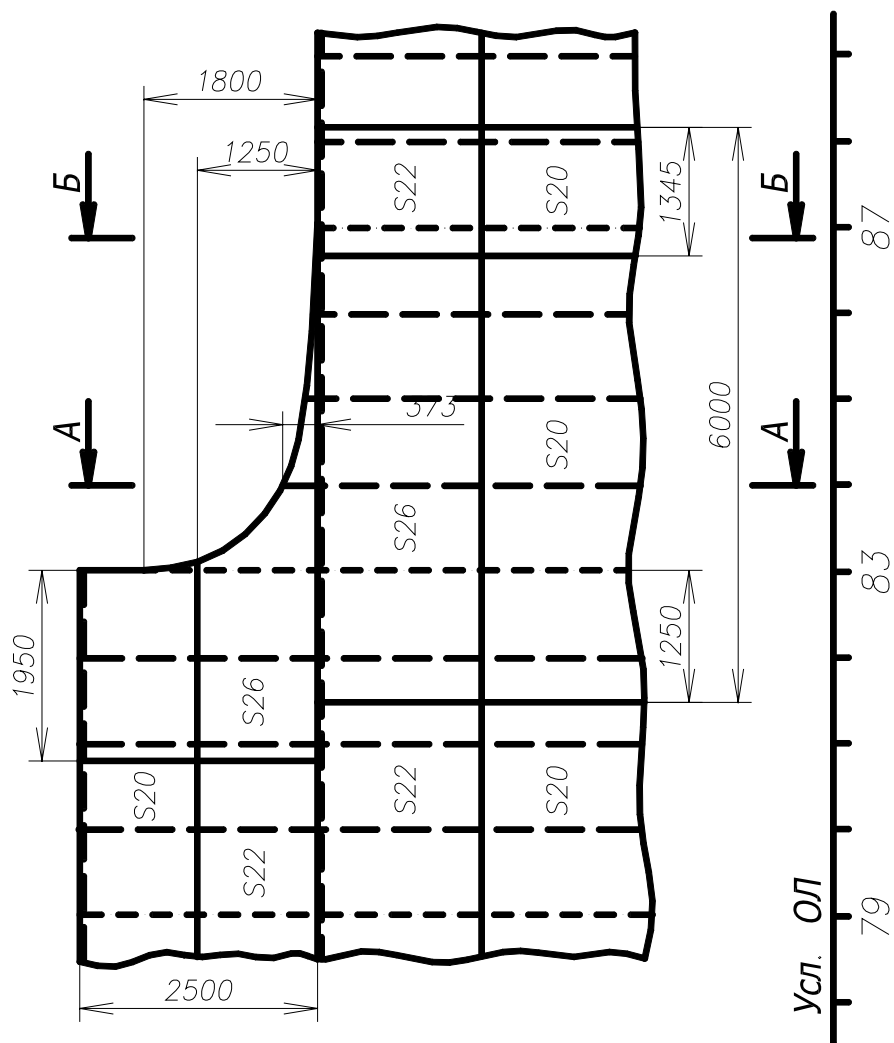
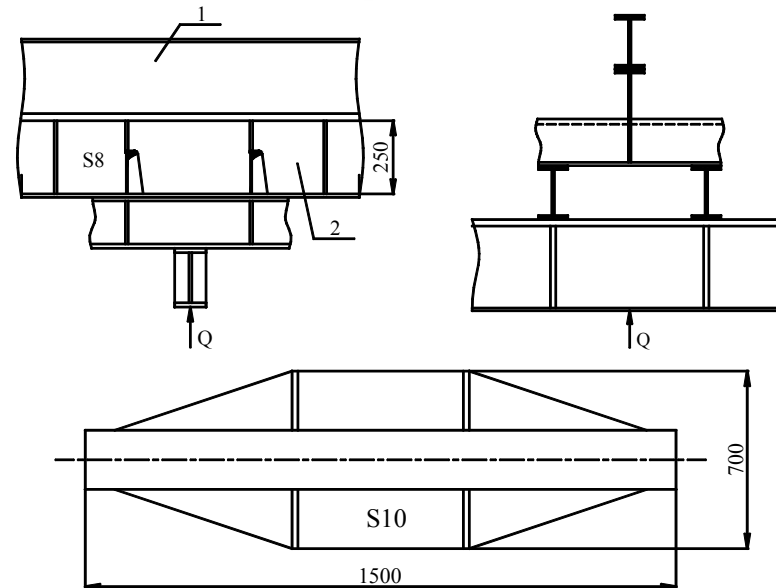


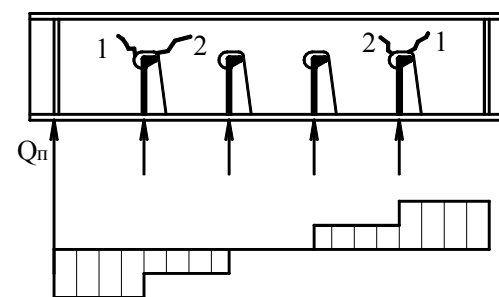
Рисунок 2.6 – Эскиз переходной кницы в конце надстройки

ные резервы работоспособности ослабленных вырезами стенок перекрестных связей зависят от высоты перекрестных связей. При высоких стенках стадия распространения трещины значительно больше стадии до появления трещины.



1 – накладная балка; 2 – опытная конструкция; 3 – вспомогательное устройство для передачи нагрузки; Q - нагрузка, кН.

Рисунок 1.10 – Схема нагружения опытной конструкции на испытательной машине



1 - распространяющаяся трещина;

2 – нераспространяющаяся трещина.

Рисунок 1.11 – Типовые повреждения перекрёстной связи и распределение перерезывающих сил Q_n по длине

Общие выводы при поперечном нагружении:

1) При проницаемой конструкции перекрёстной связи наиболее рациональной является симметричная относительно середины их пролёта схема оформления узлов пересечения балок.

2) Нахлёсточные соединительные элементы обладают достаточной работоспособностью при статически переменных нагрузках.

3) Значительная часть реакции от поперечной нагрузки в узлах пересечения набора передается на перекрестные связи через обшивку, что требует прочности сварочных швов, соединяющих обшивку с продольными балками в районе опор.

4) После проявления первоначальных трещин усталости конструкции способны выдерживать значительное число циклов нагружения, во много раз превышающее число циклов до появления трещин.

5) Разрезные кнечные узлы пересечения балок главного направления с непроницаемыми связями обладают более высокой работоспособностью, чем неразрезные узлы с проницаемыми связями.

1.2 Содержание отчета о практическом задании.

Отчет должен содержать анализ работоспособности основных элементов конструкции, методы модельных испытаний типовых узлов судового корпуса с их графическим изображением.

1.3 Контрольные вопросы

1. Назовите задачи международной системы качества в судостроении

2. Какие методы испытаний используются для проверки работоспособности конструкций

3. Опишите режимы и основные параметры усталостных образцов и конструкций

4. Каковы результаты испытаний корпусных конструкций

- при переменном продольном нагружении;

- при переменном поперечном нагружении.

5. Каковы цель и результаты испытаний модели конструкции с вырезами.

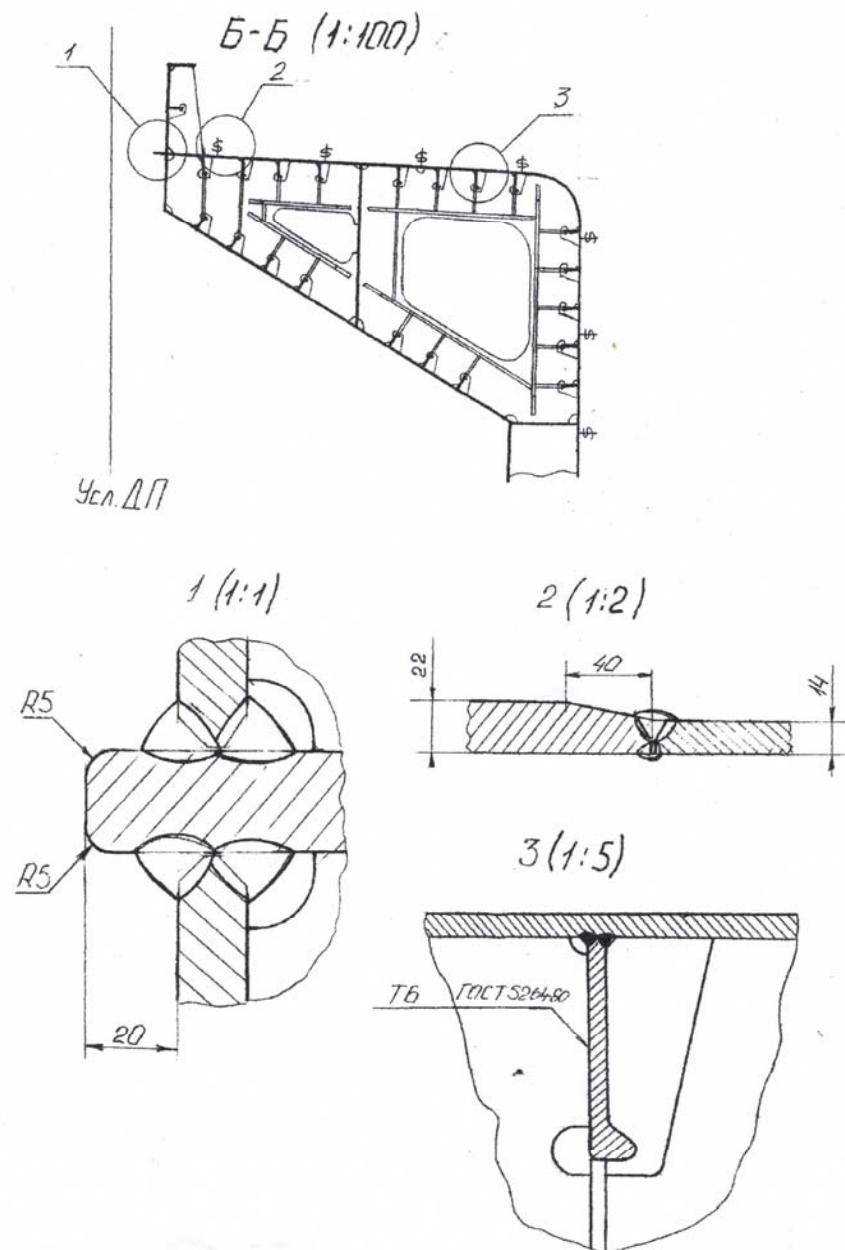
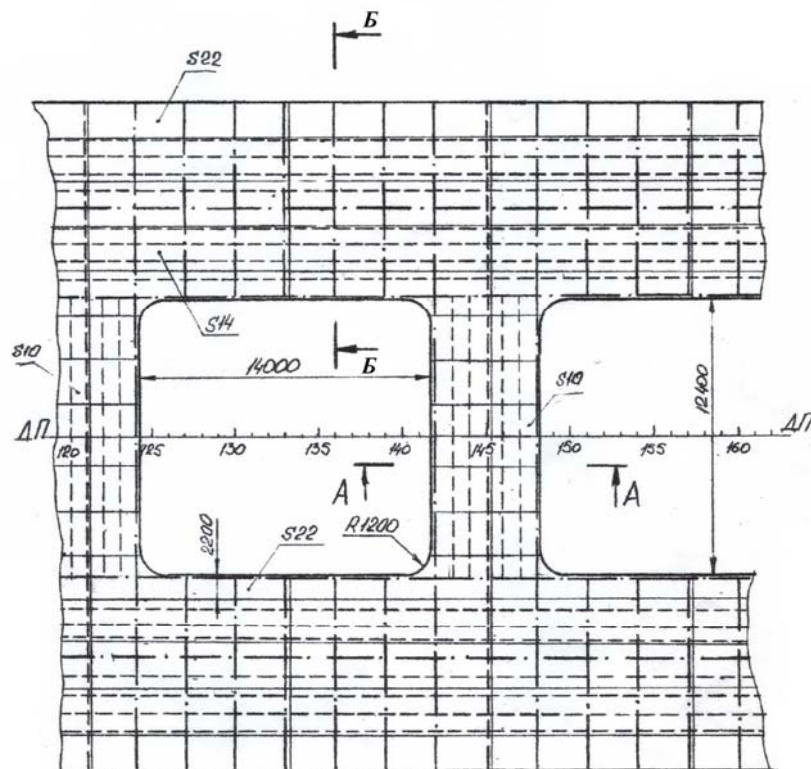


Рисунок 2.5 – Сечение и узел палубы



A-A (1:100)

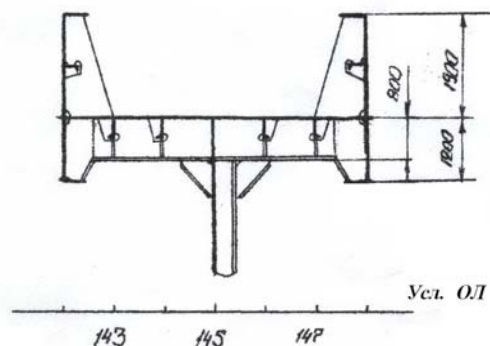


Рисунок 2.4 – Эскиз конструкции прямоугольного выреза палубы сухогруза.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

КОНСТРУКТИВНОЕ ОФОРМЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ И УЗЛОВ КОРПУСА

Цель работы: Изучить основные методы конструктивного оформления судовых узлов и применить их для конструкции корпуса судна, разработанного в курсовом проекте по дисциплине «Конструкция судов и плавучих сооружений».

2.1 Теоретический раздел

2.1.1. Конструктивное оформления палубных вырезов

При изготовлении конструктивных элементов и узлов корпуса судна необходимо выполнять следующие рекомендации:

а) Стыки поясов настила, выходящие на кромки выреза, должны быть отнесены от поперечных кромок выреза на расстоянии не менее двойного продольного размера скругления;

б) Стыки настила должны заканчиваться на выводных планках, удаляемых после сварки (рисунок 2.1);

в) Кромки вырезов, особенно в углах и районе выхода сварных швов, должны иметь плавное сопряжение после зачистки и механической обработки, швы, выходящие на продольные кромки вырезв, должны контролироваться гамма-графированием;

г) Стыки листов комингса и настила верхней палубы, в которые включены непосредственно комингс и подпалубный карлингс, приварку их целесообразно выполнять на некотором расстоянии от кромки.

Конструктивное оформление вырезв существенно зависит от их размеров и формы. В районе крупных вырезв разбивка палубы производится следующим образом:

а) Секции палубы образуют непосредственно вырезв люка (рисунок 2.2)

б) Грузовой люк выделен в отдельную секцию (рисунок 2.3).

Для вырезв в оконечностях ($\pm 0.25L$ от миделя) в нижних палубах и платформах радиус скругления может быть уменьшен в два раза.

На судах с большим раскрытием палуб целесообразно применять непрерывные продольные комингсы.

Примеры оформления вырезов в палубе приведены на рисунках 2.5.

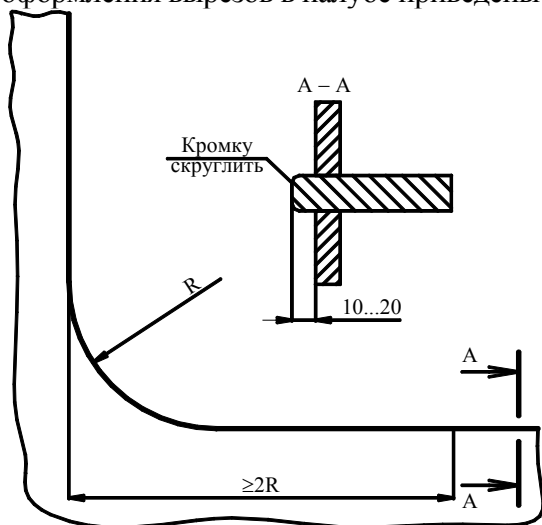
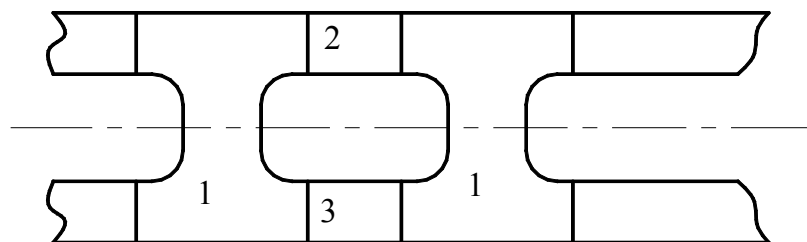
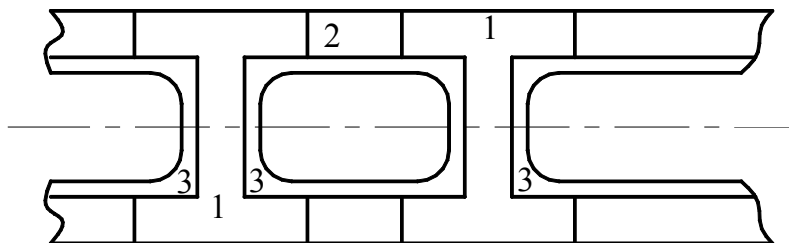


Рисунок 2.1 – Сварные стыки и кромка настила палубы и выреза



1 – средняя секция палубы; 2,3 – бортовые секции.

Рисунок 2.2 – Палуба в районе грузовых люков.



1 – средняя секция; 2,3 – бортовые секции; 3 – комингс

Рисунок 2.3 – Секция палубы в районе люка.

2.1.2. Конструктивное оформление сопряжения фальшборта и палубных надстроек

Распространение напряжений от общего изгиба корпуса у концов надстроек аналогично распространение напряжений в районе углов прямоугольных вырезов в палубе. Для уменьшения концентрации напряжений в этом районе продольные стенки надстроек продолжают за поперечные переборки надстройки в виде переходных книц. Здесь возможно два варианта окончаний: при леерном ограждении бортов кницы переходят в бортовую обшивку; при наличии фальшборта переходная кница на высоте фальшборта заканчивается подвижным соединением.

Листы фальшборта в районе переходной кницы необходимо утолщить. Форма переходной кницы, как указывалось выше, принимается скруглённой по радиусу или по эллипсу. Переходная кница должна иметь длину, равную примерно полторы высоты надстройки. Для восприятия повышенных напряжений в районе кницы листы ширстрека и палубного стрингера утолщаются. Возможно вваривание листов стали повышенной прочности (СПП). Размеры выбираются в соответствии с требованиями Регистра.

Для предотвращения появления трещин в фальшборте (если он имеется) могут применяться следующие конструктивные решения:

а) Исключение фальшборта из участия в общем изгибе корпуса путём сплошной прорези, но при этом необходимо обеспечить местную прочность.

б) Отсоединение фальшборта от палубных надстроек подвижными соединениями.

На рисунках 2.6, 2.7 показаны примеры конструктивного оформления сопряжения надстройки с бортовой обшивкой.