

Министерство науки и высшего образования РФ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Санкт-Петербургский государственный морской технический университет»  
(СПбГМТУ)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор  
по образовательной деятельности

Е. Р. Счисляева



## ПРОГРАММА

вступительного экзамена для поступающих в аспирантуру

### 2.5. Машиностроение

#### 2.5.18 Проектирование и конструкция судов

*шифр и наименование научной специальности*

## Введение

Программа вступительного испытания в аспирантуру по научной специальности 2.5.18. «Проектирование и конструкция судов» составлена на основе федеральных государственных требований к минимуму содержания и уровню подготовки аспирантов по группе научных специальностей 2.5. Машиностроение.

Программа вступительного экзамена в аспирантуру разработана в соответствии с федеральными государственными стандартами высшего профессионального образования ступеней «специалист», «магистр».

Лица, желающие поступить в аспирантуру по данной научной специальности, должны показать свою подготовленность к продолжению образования и продемонстрировать наличие компетенций по следующим вопросам.

### ВОПРОСЫ ДЛЯ ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ

#### 1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СУДОВ

Судно как сложная техническая система. Понятие о проекте и проектировании судна. Спираль проектирования. Внешняя и внутренняя задачи проектирования. Многоуровневое представление задачи проектирования. Организация процесса проектирования КБ, НИИ, Контрагенты. Этапы создания судна. Стадии проектирования судна. Техническое задание на проектирование судна (ТЗ). Техническое предложение. Эскизный проект. Технический проект. Рабочий проект (составление рабочеконструкторской документации — РКД). Предконтрактное предложение, классификационный проект.

Нагрузка судна. Стандарт нагрузки. Составляющие элементы нагрузки (разделы, группы, подгруппы, статьи). Таблицы нагрузки. Их составление. Виды водоизмещения (состояния нагрузки). Дедвейт. Грузоподъемность. Коэффициенты утилизации водоизмещения по чистой грузоподъемности и по DW. Соотношения разделов нагрузки. Виды зависимостей для определения разделов нагрузки судна. Измерители нагрузки. Нагрузка по корпусу. Приближенные формулы для определения массы корпуса в долях от (полного водоизмещения), использование кубического модуля. Формулы Арнотга, Л.М. Ногида. Постатейный расчет нагрузки по корпусу. Определение массы металлического корпуса. Масса продольных связей, переборок, надстроек, рубок. Нагрузка по СЭУ. Определение запасов топлива. Определение нагрузки по судовым системам, судовым устройствам. Запас водоизмещения. Определение массы экипажа, пассажиров, провизии, снабжения, имущества.

Понятие об уравнении нагрузки (масс). Виды таких уравнений. Их решение и использование в процессе проектирования. Уравнение нагрузки в функции полного водоизмещения в алгебраической форме. Его решение. Уравнение нагрузки в функции  $G$ ,  $V$ ,  $T$  в алгебраической форме. Уравнение нагрузки в функции в форме приращений. Его решение. Коэффициент Нормана в расчетах нагрузки судна. Способы его определения. Использование в практике проектирования.

Понятие о вместимости судна. Типы перевозимых грузов. Удельная погрузочная кубатура грузов. Удельная грузовместимость судна. Понятие о теоретической вместимости. Способы воздействия на ее величину. Вместимость по сыпучему и по тарному грузу. Уравнение объемов В.Л. Поздонинова. Уравнение вместимости сухогрузных судов со средним расположением машинного отделения. Уравнение вместимости наливных судов. Балластировка судна. Определение количества балласта. Удифферентовка судна в балластном переходе. Эпора емкости. Ее построение и использование. Вместимость судна, определяемая по правилам обмера. Валовая и чистая вместимость.

Проверочный расчет высоты надводного борта по правилам о грузовой марке.

Учет требований к непотопляемости. Расстановка переборок. Запас плавучести. Кривая предельных и допустимых длин затопления. Вероятностный индекс непотопляемости. Показатели остойчивости судна при его проектировании. Относительная метацентрическая высота. Уравнение остойчивости судов. Зависимость аппликат центра величины и центра масс ( $z_c$ ,  $z_g$ ) от размеров и характеристик формы судов. Решение уравнения остойчивости (в алгебраической форме). Связь показателей остойчивости и качки. Нормирование остойчивости (по требованиям Морского Регистра РФ). Требования к показателям остойчивости, диаграмма остойчивости. Опрокидывающий и кренящий момент.

Основы расчета потребной мощности СЭУ. Определение мощности СЭУ по формулам типа адмиралтейских коэффициентов. Анализ кривых мощности и сопротивления движению. Критическая скорость. Эксплуатационная скорость. Запас мощности. Коэффициент использования скорости.

Определение длины судна из соображений связи ее с ходкостью. Относительная длина судна. Определение коэффициента общей полноты. Положение центра величины по длине судна. Положение шпангоута наибольшего сечения. Форма носовой оконечности. Формы носовых ветвей ГВЛ. Особенности формы строевой по шпангоутам. Бульбовые образования носовой оконечности. Формы и характеристики носовых бульбов. Форма кормовой оконечности.

Описание судовой поверхности. Построение теоретического чертежа по методу И.А. Яковлева. Аффинное перестроение теоретического чертежа. Использование стандартных обводов. Другие способы построения теоретического чертежа.

Оптимизационные методы проектирования судов. Критерии оптимизации.

Направления развития автоматизации проектирования судов. Системы автоматизированного проектирования судов.

## 2. КОНСТРУКЦИЯ СУДОВ

Корпус судна как сложная система. Развитие конструкций корпуса судна и методов их проектирования. Роль науки и опыта. Становление науки о проектировании конструкций. Отечественные и зарубежные ученые и специалисты в области конструкции судов.

Корпус судна, надстройки, рубки. Днище, борт, палубы, платформы, переборки, второе дно, второй борт; блок, секция. Средняя часть судна, носовая и кормовая оконечности. Наружная обшивка, настилы палуб, платформ, обшивка переборок. Листовые и балочные элементы, набор балок, балки основного и рамного набора. Шпация. Системы набора. Листовые конструкции, листы (поояся), балки набора днища, борта, палуб, платформ, переборок; фундаменты. Форштевень, ахтерштевень, кронштейны и штаны гребных валов. Узлы, детали, элементы корпусных конструкций.

Состояние загрузки судна, волновые режимы, ледовые условия, швартовка в море, буксировка, докование и т.п. Характеристики внешних условий. Понятие о нагрузках, действующих на конструкции корпуса судна. Продолжительность эксплуатации судна. Общая и местная прочность. Устойчивость. Усталостная прочность. Повреждаемость.

Методы изготовления корпуса и его составных частей. Основные требования производства, предъявляемые к корпусным конструкциям. Материал судовых конструкций: виды поставок и область их применения в судовых конструкциях.

Требования, предъявляемые к конструкциям корпуса судна. Понятия: функциональность, надежность, технологичность.

Архитектурно-конструктивные характеристики судна: форма корпуса, количество корпусов. Особенности общей компоновки (расположение МО, количество палуб, продольных переборок, размеры грузовых помещений), количество, размеры и расположение надстроек, величина надводного борта, наличие вырезов для проведения грузовых операций, системы набора конструкций.

Раскрой наружной обшивки. Растяжка наружной обшивки. Выбор типоразмера листового проката. Требования Правил классификационных обществ к раскрою и соединению элементов листовых конструкций. Конструктивные варианты обеспечения плавности сопряжения соединяемых листов (переходные поясья, ласки).

Системы набора днищевых конструкций. Требования Правил классификационных обществ к конструкции днища судов различных архитектурно-конструктивных типов: конструктивные схемы днища универсальных сухогрузных судов, судов для массовых грузов, судов для жидких грузов. Конструкция днища с двойным дном в средней части судна (продольная и поперечная системы набора): область применения, основные конструктивные узлы. Конструкция днища без второго дна в средней части судна (продольная и поперечная системы набора): область применения, основные конструктивные узлы.

Системы набора бортовых конструкций. Требования Правил классификационных организаций к конструкции борта судов различных архитектурно-конструктивных типов: конструктивные схемы для универсальных сухогрузных судов, судов для массовых грузов, судов для жидких грузов. Конструкция борта в средней части судна. Одинарный борт: область применения, основные конструктивные узлы. Двойной борт: область применения, основные конструктивные узлы.

Системы набора палубных конструкций. Требования Правил классификационных организаций к конструкции палуб судов различных архитектурно-конструктивных типов: конструктивные схемы палуб универсальных сухогрузных судов, судов для массовых грузов, судов для жидких грузов. Конструкция верхней и промежуточных палуб в средней части сухогрузного судна. Основные конструктивные узлы. Комингсы грузовых люков. Выбор конструктивного варианта. Разрезные и неразрезные продольные комингсы. Поперечные комингсы. Правила классификационных обществ (Правила о грузовой марке) о размерах и конструкции комингсов. Фальшборты. Конструкция палубы нефтеналивного судна в районе грузовых и балластных танков. Основные конструктивные узлы

Классификация переборок. Аварийные переборки. Переборки цистерн. Конструктивные варианты переборок: плоские и гофрированные переборки; область применения. Требования Правил классификационных обществ к конструкции главных поперечных переборок. Формирование конструктивных схем переборок универсальных сухогрузных судов, судов для массовых грузов, судов для жидких грузов. Конструкция плоских аварийных переборок. Конструкция плоских переборок судов для жидких грузов. Конструкция гофрированных переборок судов для жидких грузов. Конструкции с рамными связями (шельфами, рамными стойками). Бесшельфовые переборки. Конструкция плоских и гофрированных переборок судов для массовых грузов.

Системы набора конструкций в МО. Требования Правил классификационных обществ к конструкциям в районе МО. Конструкция днища, борта, палуб, платформ, шахт, переборок, туннеля гребного вала.

Требования Правил к конструкции носовой оконечности. Конструкция форпика с холостыми (распорными) бимсами; конструкция с перфорированными платформами. Конструкция форштевня. Конструкция усилений носового района от слеминга. Требования Правил к конструкции кормовой оконечности. Конструкция кормовой оконечности одновинтового судна. Конструкция кормовой оконечности двухвинтового судна. Штаны гребного вала. Кронштейны гребных валов. Конструкция ахтерштевня одновинтового и двухвинтового судна.

Классификация надстроек и рубок. Особенности конструкции длинных и коротких надстроек и рубок. Конструкция корпуса в местах окончания надстроек и рубок. Внутренние конструкции надстроек и рубок. Способы отключения надстроек и рубок от основного корпуса. Расширительные и скользящие соединения. Надстройки и рубки из легких сплавов. Конструкция дымовых труб.

Назначение и классификация фундаментов. Силы, действующие на фундаменты. Основные требования к фундаментам. Конструкция фундаментов под главные двигатели, котлы, вспомогательные механизмы оборудования судовых устройств.

Узел, деталь, элемент, соединение деталей/элементов корпусной конструкции. Виды соединений деталей/элементов (сварка, клепка, склеивание). Требования Правил классификационных обществ к соединениям. Классификация узлов судовых конструкций. Функции элементов узла. Требования Правил классификационных обществ к конструкции узлов. Влияние технологических и эксплуатационных факторов на конструкцию узлов. Типовые конструктивные образы основных узлов, элементов узлов (деталей), элементов деталей корпусных конструкций.

Вырезы-лазы. Водопотоки и воздухопотоки (шпигаты). Вырезы для облегчения конструкций; подкрепления вырезов.

Нагрузки от воздействия внешней среды, воздействия грузов и механизмов; аварийные и испытательные нагрузки. Классификация в зависимости от продолжительности действия, характера изменения во времени, реакции конструкций на внешние воздействия. Понятие о принципах оценки волновых нагрузок: учет динамики процесса, нерегулярности. Структура зависимостей, использующихся в практике проектирования конструкций: зависимости для определения волновых изгибающих моментов, зависимости для определения волновых давлений.

Понятия о днищевом и бортовом слеминге. Ударный изгибающий момент. Ударные давления при днищевом слеминге. Влияние формы корпуса в носовом районе на характер распределения и значения давлений. Понятие о волновой вибрации и порядке ее учета при проектировании конструкций. Понятие о методах определения расчетных инерционных нагрузок. Причины возникновения усилий. Особенности реакции корпуса и его конструкций на эти воздействия. Порядок учета вибрационных нагрузок при проектировании конструкций.

Направления совершенствования конструкции судов. Особенности конструкции корпуса судов новых архитектурно-конструктивных типов.

Понятие — проектирование конструкций корпуса судна. Проектирование - поиск наиболее эффективного варианта конструктивной компоновки и наиболее рациональных значений конструктивных параметров. Параметрическое проектирование и конструирование. Декомпозиция объекта и процесса проектирования. Структурно-логическая схема параметрического проектирования. Моделирование при проектировании судовых корпусных конструкций. Понятие — «модель поведения» конструкции / элемента конструкции.

Принципы формирования требований к размерам элементов конструкций корпуса судна. Нормирование прочности, жесткости, устойчивости. Учет коррозионного и механического износа. Минимальные толщины. Выбор материала. Факторы, определяющие выбор прочностных характеристик материала. Понятие о нормативном пределе текучести. Категория стали. Выбор категории.

Системы набора корпусных конструкций. Факторы, определяющие выбор системы набора: характер нагружения конструкций, требования к общей прочности, требования к обеспечению устойчивости, требования технологичности, конструктивное согласование смежных частей корпуса судна, эксплуатационные требования. Общие рекомендации по выбору системы набора. Выбор шпации.

Требования к местной прочности и устойчивости листовых и балочных элементов в Правилах Российского морского Регистра. Модели изгиба листовых и балочных элементов. Модели устойчивости листовых и балочных элементов при различном характере нагружения. Структура требований к местной прочности и устойчивости листовых и балочных элементов. Правила выбора граничных условий и расчетного пролета балочного элемента. Правила определения параметров присоединенного пояска балочного элемента.

Алгоритмы проектирования листовых и балочных элементов. Алгоритмы проектирования листовых и балочных элементов в соответствии с требованиями местной прочности. Алгоритмы проектирования листовых и балочных элементов в соответствии с требованиями устойчивости. Алгоритм решения задачи проектирования гофрированного элемента. Алгоритм решения задачи проектирования пиллерса, распорки, элементов полупереборки.

Требования к местной прочности балок рамного набора в Правилах Российского морского Регистра. Модели: шпангоутная рама, перекрытие. Правила выбора граничных условий и расчетного пролета балки — элемента стержневой системы. Правила определения параметров присоединенного пояска балки рамного набора. Требования к устойчивости конструкции в Правилах Российского морского Регистра. Модели устойчивости стержневой системы. Структура требований к устойчивости при продольной и поперечной системах набора. Правила выбора граничных условий, расчетного пролета и параметров присоединенного пояска элемента стержневой системы.

Постановка и алгоритмы решения задач проектирования конструкций. Постановка и алгоритм решения задачи проектирования конструкций, моделируемых шпангоутной рамой. Постановка и алгоритмы решения задач проектирования рамного набора конструкций, с использованием моделей перекрытия с одинарным листовым покрытием. Постановка и алгоритм решения задачи проектирования рамного набора конструкций, с использованием модели перекрытия с двойным листовым покрытием. Постановка и алгоритм решения задач проектирования набора конструкций по требованиям к устойчивости.

Модель корпуса судна - совокупность эффективных продольных связей (эквивалентный брус). Характеристики эквивалентного бруса. Экспериментальные данные, подтверждающие возможность применения модели — эквивалентный брус в задачах расчета общей прочности и проектирования конструкций корпуса судна. Роль отдельных продольных связей в обеспечении общей прочности и жесткости корпуса судна; формула Папковича. Влияние коррозионного износа. Постановка и алгоритм решения задачи проектирования продольных связей корпуса судна.

Проектирование книц. Требования равнопрочности кницы и соединяемых балок. Влияние формы кницы на уровень концентрации напряжений в узле (на значения коэффициентов концентрации напряжений). Конструктивные мероприятия, направленные на обеспечение устойчивости книц. Кничные соединения рамных балок. Бескничные соединения. Нахлесточные кницы и бракеты. Характер напряженного состояния в узле пересечения балок. Виды повреждений. Выбор формы вырезов для прохода балок основного набора. Выбор формы и размеров соединительных элементов (ребер жесткости, соединительных планок). Характеристики технологичности различных вариантов узлов.

Проектирование элементов конструкций корпуса судна на основе требований Правил Регистра. Требования Правил. Расчетные нагрузки. Зависимости для определения толщины листовых элементов. Алгоритмы проектирования. Проектирование балок основного набора днища и второго дна. Конструктивные схемы днища при продольной и поперечной системах набора. Конструктивные схемы подкрепления балок днищевого междудонного набора. Требования Правил. Расчетные нагрузки. Зависимости для определения характеристик балок. Алгоритмы проектирования. Конструктивные схемы борта при продольной и поперечной системах набора. Требования Правил. Расчетные нагрузки. Зависимости для определения характеристик балок. Алгоритмы проектирования. Проектирование палубного набора сухогрузного и нефтеналивного судов. Проектирование набора плоской переборки сухогрузного судна и нефтеналивного судна. Проектирование гофрированной переборки нефтеналивного судна. Проектирование продольных связей корпуса судна. Алгоритм проектирования.

Перспективы развития методов проектирования судовых конструкций. Современное состояние проблемы автоматизированного проектирования конструкций корпуса судна.

Автоматизация проектно-конструкторских работ в судостроении на базе существующих CAD и CAD-CAM систем.

**Примечание:** при подготовке к вступительному экзамену по проектированию судов внимание поступающих акцентируется на разделе 1, а по конструкции судов — на разделе 2.

*Программа разработана научными руководителями кафедр, осуществляющих подготовку аспирантов по данной научной специальности*

**СОГЛАСОВАНО**

Начальник отдела аспирантуры

  
\_\_\_\_\_

Л. В. Кох