

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

**Д. А. Романюта**

## **УСТРОЙСТВО И ПРОЕКТИРОВАНИЕ СУДОВ ИЗ СТЕКЛОПЛАСТИКА**

Учебно-методическое пособие – локальный электронный  
методический материал по изучению дисциплины для студентов,  
обучающихся в магистратуре по направлению подготовки  
26.04.02 Кораблестроение, океанотехника, системотехника объектов  
морской инфраструктуры

Калининград  
2023

УДК 629.5

Рецензент

заместитель директора по науке научно-исследовательского центра судостроения  
ФГБОУ ВО «КГТУ» Е.А. Чуреев

**Романюта, Д. А.**

Устройство и проектирование судов из стеклопластика: локальное электронное учеб.-методич. пособие по изучению дисциплины для студ. магистратуры по напр. подгот. 26.04.02 Кораблестроение, океанотехника, системотехника объектов морской инфраструктуры / **Д. А. Романюта.** – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2023. – 22 с.

В учебно-методическом пособии по изучению дисциплины «Устройство и проектирование судов из стеклопластика» представлены учебно-методические материалы по освоению тем лекционного курса, включающие подробный план лекции по каждой изучаемой теме, вопросы для самоконтроля, рекомендации и требования для выполнения практических занятий по направлению подготовки 26.04.02 Кораблестроение, океанотехника, системотехника объектов морской инфраструктуры

Список лит. – 7 наименований

Локальный электронный методический материал. Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины рекомендовано к использованию в учебном процессе методической комиссией института морских технологий, энергетики и строительства 25 сентября 2023 г., протокол № 11

УДК 629.5

© Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Калининградский государственный  
технический университет», 2023 г.  
© Романюта Д. А., 2023 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	4
1. Методические рекомендации по изучению дисциплины .....	6
2. Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям.....	15
3. Методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы .....	17
Библиографический список.....	18
Приложение А – Вопросы для контрольных опросов .....	19

## **Введение**

Дисциплина «Устройство и проектирование судов из стеклопластика» является частью образовательной программы магистратуры по направлению подготовки 26.04.02 - Кораблестроение, океанотехника, системотехника объектов морской инфраструктуры, модуля по выбору №1 - Проектирование судов гражданского флота. Дисциплина изучается студентами очной формы обучения в четвертом семестре.

**Целью** освоения дисциплины «Устройство и проектирование судов из стеклопластика» является формирование у студентов-магистрантов теоретических представлений, прикладных знаний, умений и навыков по методологии проектирования стеклопластиковых судов, особенно в части конструкции корпуса судна, и воспитания у студентов навыков самостоятельной проектно-конструкторской работы, в соответствии с профессиональной деятельностью магистра.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

**знать:**

- архитектурно-конструктивное исполнение судов из стеклопластика;
- требования классификационных обществ к материалам и конструкции корпуса судов из стеклопластика;
- особенности проектирования судов из стеклопластика;
- технико-экономическое обоснование, используемое для создания судов из стеклопластика;
- структуру подсистемы корпус, с учетом выбора в качестве основного материала корпуса – стеклопластика;
- физико-механические характеристики материалов, используемых для изготовления конструкций корпуса;
- виды нагрузок, действующих на суда из стеклопластика.

**уметь:**

- пользоваться технической литературой и нормативными документами, позволяющими создавать суда гражданского флота из стеклопластика;
- решать проектные задачи, анализировать и понимать результаты решения задач по созданию стеклопластиковых судов гражданского флота.

**владеть:**

- навыками исследовательского проектирования мореходных качеств судов из стеклопластика;
- навыками исследовательского проектирования по обеспечению норм прочности и вибрации на судах из стеклопластика.

Дисциплина опирается на компетенции, полученные при изучении дисциплин «Моделирование процессов создания и эксплуатации морской техники», «Методы исследования жизненного цикла морской техники» и др.

Знания, умения и навыки, полученные при изучении дисциплины, могут быть использованы при написании выпускной квалификационной работы и в практической профессиональной деятельности.

Для оценки результатов освоения дисциплины из оценочных средств текущего контроля успеваемости используются вопросы для контрольного опроса.

Опрос может проводиться как на практических, так и на лекционных занятиях.

Каждому студенту выдается 3 контрольных вопроса по ранее пройденным темам, на которые требуется дать письменный краткий ответ. Опрос считается пройденным в случае положительного ответа на два или три вопроса. В случае неудовлетворительного результата студенту предоставляется возможность передачи опроса на индивидуальной консультации. Список вопросов представлен в приложении А.

Студент считается допущенным к зачету при следующих условиях:

1. Удовлетворительно сданные контрольные опросы;
2. Выполненные работы, в рамках проведения практических занятий.

При выполнении поставленных условий, в соответствии с положением о ФОС № П 01-309(02), обучающийся получает «зачет».

В данном учебно-методическом пособии представлены методические материалы по изучению дисциплины, включающие тематический план занятий с перечнем ключевых вопросов для каждой лекции, целевой установкой, рекомендуемой литературой, методическими указаниями и вопросами для самоконтроля. Изложены методические указания по выполнению студентами практических занятий.

## **1. Методические рекомендации по изучению дисциплины**

Дисциплина «Устройство и проектирование судов из стеклопластика» знакомит обучающихся с основными элементами теории проектирования стеклопластиковых судов, а особенно с вопросами проектирования конструкции корпуса стеклопластикового судна. Обучаясь на бакалавриате, студенты направления подготовки 26.03.02. «Кораблестроение, океанотехника, системотехника объектов морской инфраструктуры» знакомятся только с проектированием конструкции корпуса стального судна, при этом вопросы проектирования стеклопластиковых судов не поднимаются. Осваивая данный курс, студент расширяет возможности своей профессиональной деятельности.

Важно, приступая к изучению курса, обратить особое внимание на вводную лекцию, на которой преподавателем освещаются следующие вопросы:

1. Цели и задачи курса.

2. Знания и навыки, которыми должен обладать студент по завершению изучения данной дисциплины и к чему нужно стремиться.

3. Перечень основной и дополнительной литературы. Преподаватель порекомендует такие учебники, справочники и интернет-ресурсы, которые доступны для понимания студентов и написаны понятным языком.

4. Различные организационные моменты. Преподаватель объяснит структуру всего курса в целом, и отдельных занятий в частности, пояснит требования к сдаче зачета и экзамена, опишет требования к сдаче зачета и т.д.

Таким образом, вводная лекция во многом определяет последующую работу студентов.

Приходя на очередную лекцию, необходимо обязательно предварительно просмотреть конспект предыдущей лекции, а возникшие при этом вопросы постараться решить с помощью учебника, интернет-ресурса, или на консультации у преподавателя. В этом случае обеспечивается преемственность в последовательности изучении материала и устойчивое закрепление знаний. В случае вынужденного пропуска лекции нужно просмотреть и переписать её конспект у товарищей по группе.

Ниже приведен тематический план лекционных занятий.

### **Тема 1. Основные понятия и положения курса. Композитные материалы, применяемые в судостроении.**

#### *Ключевые вопросы темы*

1. Цель и задачи дисциплины.
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
3. Планируемые результаты освоения дисциплины.
4. Классификация композитных материалов.

5. Композитные полимерные материалы, применяемые в судостроении.
6. Стеклопластик – виды, классификация и примеры использования в судостроительной отрасли.
7. Классификация и виды связующих материалов стеклопластика.
8. Классификация и виды армирующих материалов стеклопластика.

#### *Источники*

[4, гл.3], [3, гл. 2 и 3], [5, гл. 1], [6, приложение 1], [7, Правила классификации и постройки судов, часть XVI, п.2.3.]

#### *Методические рекомендации*

В рамках первой лекции, необходимо обозначить цели и задачи изучения курса, указать ее место в структуре образовательной программы, сформулировать планируемые результаты освоения дисциплины.

Сперва, следует познакомить студентов с понятием «композитные материалы», и привести их классификацию по различным признакам. Студенты должны иметь представление о том, что существует большое количество различных видов композитных материалов, и в каких отраслях они применяются.

Далее, важно рассказать про композитные материалы, применяемые в судостроительной отрасли, и привести соответствующие примеры: начиная от различных отдельных элементов устройств или систем, заканчивая целыми корпусами судов, изготовленными полностью из композитных материалов.

Следует пояснить, что из двух основных видов композитного материала, применяемого в судостроении (углепластик и стеклопластик), в последующем речь идти будет только о стеклопластике, как наиболее популярном и широко применимом материале.

Необходимо представить подробную детальную информацию о том, что такое стеклопластик, каких видов он бывает, как именно применяется в судостроении.

Закончить лекцию рекомендуется классификацией связующих и армирующих материалов, применяемых в изготовлении стеклопластика. Для лучшего понимания обсуждаемой темы, предлагается приносить на занятие небольшие образцы различных видов армирующих (стекломата разной плотности, стеклоткани различного переплетения, небольшого рулона стеклоровинга, стеклосети и т.д.) и связующих материалов (отдельные баночки с эпоксидной и полиэфирной смолой, а также отвердителями).

#### *Вопросы для самоконтроля*

- 1.1. Что такое композитный материал?
- 1.2. Как классифицируются композитные материалы по типу матрицы?
- 1.3. Каким образом можно классифицировать композитные материалы по типу армирующего наполнителя?

- 1.4. Чем отличается понятие «композитного материала» от «полимерного материала»?
- 1.5. Назовите примеры использования стеклопластика в судостроении.
- 1.6. Перечислите преимущества и недостатки стеклопластиков в судостроении.
- 1.7. Какие виды армирующих материалов, изготовленных из стеклонити вы знаете?
- 1.8. Перечислите и кратко охарактеризуйте различные виды стеклотканей, с точки зрения переплетения.
- 1.9. Какие виды связующих материалов для изготовления стеклопластиков применяются в судостроительной отрасли?
- 1.10. Перечислите преимущества и недостатки использования эпоксидных смол.
- 1.11. Опишите преимущества и недостатки использования полиэфирных смол.

*Рекомендуемые источники*

1. Аврух М.Г. Проектирование судов из пластмассы / М. Г. Аврух. - Ленинград: Судпромгиз, 1960. – 339 с.

**Тема 2. Трехслойные конструкции в судостроении. Заполнители: классификация и виды.**

*Ключевые вопросы темы*

1. Трехслойные конструкции, применяемые в судостроении.
2. Преимущества и недостатки «сэндвич»-конструкций.
3. Виды заполнителей, разрешенных требованиями РМРС и РРР.
4. Классификация различных заполнителей трехслойных конструкций.
5. Методы изготовления трехслойных конструкций.

*Источники*

[3, гл. 8], [5, гл. 1], [6, параграф 2.14.], [7, Правила классификации и постройки судов, часть XVI, п.2.3.]

*Методические рекомендации*

В рамках данной темы необходимо познакомить обучающихся с трехслойными конструкциями («сэндвич»-конструкциями). Для наглядности, рекомендуется сопроводить лекционный материал реальными примерами использования подобных конструкций в судостроительной отрасли, или даже реальным образцом такой панели, при наличии.

Далее, следует привести преимущества и недостатки использования «сэндвич»-конструкции в судостроительной отрасли. В данном пункте можно

отдельно выделить преимущества трехслойного варианта конструкции корпуса судна от однослойного с набором.

Обратившись к требованиям Правил Российского Морского Регистра Судоходства (РМРС) и Правил Российского Речного Регистра (РРР), следует выделить разрешенные типы заполнителей трехслойных конструкций.

Важно кратко рассмотреть все разрешенные типы заполнителей, уделяя особое внимание пенопластам, как наиболее распространенным. Привести преимущества и недостатки каждого вида пенопласта по сравнению с другими.

В конце данной лекции, рекомендуется представить основные методы изготовления трехслойных конструкций – ручное формование, напыление и т.д. По возможности, сопроводить пояснения видеозаписями изготовления конструкций различными методами.

#### *Вопросы для самоконтроля*

- 2.1. Что называется трехслойной конструкцией («сэндвич»-конструкцией)?
- 2.2. В чем преимущества использования трехслойных конструкций?
- 2.3. Какие главные недостатки использования «сэндвич»-панелей?
- 2.4. Какие виды заполнителей разрешены требованиями Правил РМРС и РРР?
- 2.5. В чем разница между пенопластом, полистиролом и пенополистиролом?
- 2.6. Назовите преимущества и недостатки использования пенополистирола, в качестве заполнителя трехслойной конструкции.
- 2.7. Назовите преимущества и недостатки использования пенополивинилхлорида, в качестве заполнителя трехслойной конструкции.
- 2.8. Какие методы изготовления трехслойных конструкций вы знаете?

#### *Рекомендуемые источники*

1. Аврух М.Г. Проектирование судов из пластмассы / М. Г. Аврух. - Ленинград: Судпромгиз, 1960. – 339 с.

**Тема 3. Методические основы проектирования судов из стеклопластика. Основы проектирования конструкции корпуса судна, в соответствии с требованиями Правил РМРС и РРР.**

#### *Ключевые вопросы темы*

1. Основные вопросы проектирования стеклопластикового судна.
2. Отличия в методологии проектирования стального и стеклопластикового судна.
3. Проектирование конструкции корпуса судна в соответствии с требованиями Правил РРР.
4. Проектирование конструкции корпуса судна в соответствии с требованиями Правил РМРС.

## *Источники*

[5, гл 2.]

### *Методические рекомендации*

Сперва, следует представить обучающимся основные вопросы и направления, требующие рассмотрения в процессе проектирования судна: вопросы остойчивости, ходкости, вместимости, масс и др. характеристик. Дать краткое описание каждой темы, для того чтобы студенты вспомнили курс проектирования судна с момента обучения в бакалавриате.

После этого, необходимо объяснить разницу в проектировании стального и стеклопластикового судна. По большей части, основная разница заключается в составлении уравнения масс, потому как зависимости и уравнения, рассматриваемые в процессе проектирования стального судна, в проектировании стеклопластикового судна не подходят. Для составления уравнения масс стеклопластикового судна можно воспользоваться методом, предлагаемым в рекомендуемой литературе.

После решения системы уравнения проектирования и определения главных характеристик судна одной из важных задач является проектирование конструкции корпуса судна. Необходимо пояснить студентам главный метод, основные подходы, и важные детали в проектировании конструкции корпуса судна по Правилам РРР и РМРС.

### *Вопросы для самоконтроля*

- 3.1. Какие основные качества судна должны учитываться на начальных стадиях проектирования?
- 3.2. В чем отличие уравнения масс стального судна от одноименного уравнения для стеклопластикового судна?
- 3.3. Какие варианты конструкции стеклопластикового судна разрешены требованиями Правил РРР и РМРС?
- 3.4. Каким образом осуществляется проектирование трехслойной конструкции корпуса судна в соответствии с требованиями Правил РМРС?
- 3.5. Как проектируются балки набора при однослойной конструкции в соответствии с требованиями Правил РМРС?
- 3.6. Как осуществляется приформовка балок набора к наружной обшивке стеклопластикового судна в соответствии с требованиями Правил РРР и РМРС?
- 3.7. Какие варианты балок набора допускаются требованиями Правил РРР и РМРС?

### *Рекомендуемые источники*

1. Аврух М.Г. Проектирование судов из пластмассы / М. Г. Аврух. - Ленинград: Судпромгиз, 1960. – 339 с.

## **Тема 4. Проектирование конструкции корпуса стеклопластикового судна в соответствии с требованиями Правил зарубежных классификационных обществ**

### *Ключевые вопросы темы*

1. Область распространения Правил.
2. Минимальные физико-механические характеристики разрешенных связующих, армирующих и заполнителей.
3. Разрешенные варианты конструкции корпуса стеклопластикового судна.
4. Разрешенные типы балок набора.
5. Проектирование наружной обшивки стеклопластикового судна.
6. Проектирование балок набора стеклопластикового судна.
7. Нормы прочности

### *Источники*

[5, глава 2], [7, Правила классификации и постройки судов, часть XVI]

### *Методические рекомендации*

Для того, чтобы студенты шире ознакомились с вопросами проектирования конструкции стеклопластиковых судов, предлагается их ознакомить с некоторыми зарубежными практиками. Рекомендуются рассматривать методы проектирования, предписанные требованиями Правил классификационных обществ, входящих в МАКО. В качестве примера, предлагается рассмотреть требования американского, французского и норвежского/немецкого классификационного общества (см. рекомендуемые источники).

Предлагается рассмотреть основные вопросы по части проектирования конструкции корпуса судна:

- на какие суда распространяются соответствующие требования Правил.
- какие материалы разрешены в проектировании и с какими минимальными физико-механическими характеристиками;
- какие варианты конструкции корпуса допускаются Правилами: трехслойная, однослойная с набором и т.д.
- какие балки набора допускаются Правилами: Т-образные, полые П-образные, П-образные с сердечником и т.д.
- каким методом определяются требуемый толщины для наружной обшивки: с помощью эмпирических графиков и зависимостей, с помощью аналитических формул или др.
- каким методом определяются требуемые размеры балок набора: какие характеристики определяются, что требуется в качестве исходных данных, какие формулы используются и пр.

— основные положения расчетов прочности: методика определения внешних нагрузок, значения допускаемых напряжений и пр.

#### *Вопросы для самоконтроля*

- 4.1. Чем отличается методология проектирования наружной обшивки судна в соответствии с отечественными Правилами и в соответствии с зарубежными?
- 4.2. Какие варианты конструкции корпуса стеклопластикового судна разрешены и зарубежными и отечественными Правилами?
- 4.3. Какие балки набора в конструкции корпуса стеклопластикового судна разрешены и зарубежными и отечественными Правилами?
- 4.4. Чем отличается методология проектирования балок набора судна в соответствии с отечественными Правилами и в соответствии с зарубежными?
- 4.5. Охарактеризуйте нормы прочности, в соответствии с требованиями Правил РРР и РМРС.

#### *Рекомендуемые источники*

1. American Bureau of Shipping. – URL: <https://ww2.eagle.org/en.html> (дата обращения: 16.06.2022). — Текст: электронный.
2. Bureau Veritas. Shaping a World of Trust – URL: <https://group.bureauveritas.com/> (дата обращения: 16.06.2022). — Текст: электронный.
3. Det Norske Veritas – URL: <https://www.dnv.com/> (дата обращения: 16.06.2022). — Текст: электронный.

### **Тема 5. Соединения корпусных конструкций и установка судовых устройств, механизмов и оборудования на судах из стеклопластика.**

#### *Ключевые вопросы темы*

1. Требования к узлам соединения корпусных конструкций
2. Требования к установке механизмов, оборудования, судовых устройств и судовых систем на судах из стеклопластика.
3. Узлы соединения, используемые на судах из полимерных композиционных материалов: палубы с бортом, палубы и мачты с корпусом; фундаментов, форштевня, ахтерштевня и скуловых килей с корпусом; переборки и набора к корпусу.

#### *Источники*

[3, гл. 7], [4, глава 6], [6, главы 1, 2, 5, 6], [7, Правила классификации и постройки судов, часть XVI, п. 3.2]

#### *Методические рекомендации*

Данную лекцию рекомендуется проводить с большим количеством примеров и иллюстраций, показывающих различные варианты крепления механиз-

мов, устройств, оборудования и других элементов – кнехтов, путенсов, рулей, различных гнезд, уток и т.д.

Желательно разбирать каждый узел крепления детально, с указанием всех толщин, размеров, расположения болтовых соединений, склеиваемых поверхностей и т.д. Важно показать студентам все возможные варианты крепления насыщения к стеклопластиковому корпусу.

Одним из ключевых вопросов является узел соединения палубы с бортом. Существует довольно большое количество общепринятых исполнений данного узла, кроме того, имеются некоторые патентные разработки, которые также будет полезно включить в лекцию.

Стоит уделить внимание не только вопросу исполнения подобных узлов, но и проектирования. В требованиях РМРС имеются некоторые рекомендации и указания, которые желательно также донести обучающимся.

#### *Вопросы для самоконтроля*

- 5.1. Приведите примеры крепления кнехтов к палубе стеклопластикового судна.
- 5.2. Каким образом осуществляется соединение переборки с наружной обшивкой судна?
- 5.3. Как осуществляется крепление леерного ограждения к палубе и борту судна?
- 5.4. Перечислите варианты конструктивного соединения палубы с бортом стеклопластикового судна.
- 5.5. Как можно соединить основной корпус стеклопластикового судна со стеклопластиковой рубкой/надстройкой??

#### *Рекомендуемые источники*

1. Аврух М.Г. Проектирование судов из пластмассы / М. Г. Аврух. - Ленинград: Судпромгиз, 1960. – 339 с.

### **Тема 6. Расчет прочности конструктивного узла соединения из стеклопластика.**

#### *Ключевые вопросы темы*

1. Основные положения ручного расчета прочности на примере любого узла соединения стеклопластиковых элементов.
2. Особенности моделирования конструктивных узлов соединений.
3. Подготовка модели к расчету.
4. Особенности выполнения прочностного конечно-элементного расчета прочности конструктивных узлов.

### *Источники*

[5, глава 2], [7, Правила классификации и постройки судов, часть XVI, п. 5]

### *Методические рекомендации*

В начале лекции, следует тезисно изложить все основные детали расчета анизотропных конструкций, на примере стеклопластика. Возможно, будет уместно продемонстрировать это на примере расчета одной и той же детали из стали и стеклопластика. Важно донести до студентов то, что распределение физико-механических свойств материала в анизотропных конструкциях различно в разных направлениях. Это, в свою очередь, существенно усложняет проведение прочностных расчетов, поэтому рекомендуется отказаться от ручного расчета и прибегнуть к расчету МКЭ.

На примере любого конструктивного узла, показать обучающимся особенности моделирования и подготовки модели к прочностному конечно-элементному расчету. Особое внимание в данном вопросе следует уделить заданию материала и его свойствам.

После этого, важно продемонстрировать сам расчет с тем, как задавать условия закрепления, приложение нагрузки, основное направление распределения физико-механических характеристик и др. деталей.

Завершить лекцию следует проведением самого расчета и интерпретацией результатов расчета.

### *Вопросы для самоконтроля*

- 6.1. Что такое анизотропия, и как она проявляется?
- 6.2. В чем разница между расчетами прочности изотропных и анизотропных конструкций?
- 6.3. Каким образом в расчетах учитывается явление анизотропии?
- 6.4. Как, в расчетах МКЭ задается и учитывается анизотропия материала?
- 6.5. Что такое ортотропные материалы?
- 6.6. Что называется межслоевым сдвигом?
- 6.7. Какие физико-механические характеристики анизотропного материала необходимы для выполнения расчета?

## **2. Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям**

Практические занятия проводятся с целью формирования у студентов умений и навыков проектирования и расчетов стеклопластиковых судовых конструкций корпусов судов, в соответствии с требованиями Правил РРР и РМРС. На занятиях, обучающиеся изучают физико-механические характеристики полимерных материалов, занимаются проектированием конструкции корпуса выбранного судна в соответствии с требованиями Правил РРР и РМРС, а также производят проверочный расчет прочности одной из собственно спроектированных конструкций методом конечных элементов.

Важной частью практических занятий является обучение студентов моделированию и расчету прочности анизотропных конструкций методом конечных элементов. Рекомендуется в обучении использовать современные конкурентоспособные программы, такие как Ansys, Femap with NX Nastran и др. Познакомившись с данными программами, студенты повышают свои компетенции в профессиональной сфере. Преподавателю следует ознакомить студентов со всеми этапами моделирования и расчета, начиная от создания геометрии, заканчивая выводом результатов анализа.

Ниже представлен краткий план практических занятий с основными узловыми вопросами. Более подробно практические занятия рассмотрены в соответствующем методическом пособии.

### **Тема 1. Выбор прототипа. Подготовка к расчету**

#### *Ключевые вопросы*

1. Обзор различных судов, выполненных из стеклопластикового материала;
2. Выбор судна-прототипа для расчета, по заранее установленным критериям;
3. Подготовка теоретического чертежа судна.

### **Тема 2. Выбор основного конструкционного материала**

#### *Ключевые вопросы*

1. Поиск физико-механических характеристик заданного вариантом материала корпуса в открытых источниках (полиэфирный стеклопластик, эпоксидный стеклопластик, ПВХ пенопласт, ППУ пенопласт, ПС пенопласт и др);
2. Сравнение найденных величин и результатов;
3. Окончательный выбор значений физико-механических характеристик заданных материалов.

### **Тема 3. Проектирование конструкции корпуса**

#### *Ключевые вопросы*

1. Выбор системы набора проектируемого судна;
2. Проектирование конструкции корпуса судна в исполнении «однослойная обшивка с набором»;
3. Проектирование конструкции корпуса судна в трехслойном исполнении.

### **Тема 4. Сравнительный расчет массы спроектированных корпусов**

#### *Ключевые вопросы*

1. Расчет массы корпуса судна, выполненного в исполнении «однослойная обшивка с набором»;
2. Расчет массы корпуса судна, выполненного в трехслойном исполнении;
3. Сравнительный анализ полученных данных.

### **Тема 5. Расчет прочности судовой конструкции из стеклопластика**

#### *Ключевые вопросы*

1. Обзор существующих методов расчета;
2. Выбор рассчитываемой конструкции;
3. Создание 3D модели рассчитываемой конструкции;
4. Задание материала, креплений и внешних нагрузок;
5. Статический расчет прочности конструкции;
6. Составление заключения о соответствии напряженно-деформированного состояния конструкции требованиям Правил РРР или РМРС.

### **3. Методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы**

Задачи, выполняемые студентами в рамках практических занятий, носят достаточно объемный и комплексный характер, поэтому обучающимся предлагается часть необходимых работ выполнять самостоятельно.

Преподаватель на аудиторном практическом занятии должен объяснить задание и предоставить всю необходимую соответствующую информацию таким образом, чтобы студент, начиная выполнение работы на аудиторном занятии, мог успешно закончить ее самостоятельно.

Выполненная задача предоставляется преподавателю на проверку на в начале ближайшего практического аудиторного занятия. Ввиду того, что почти все работы выполняются с помощью специализированных программ, рекомендуется предоставлять на проверку данные в электронном виде, с целью минимизации возможных исправлений на бумаге. Тем не менее, работы должны быть оформлены в удобном. Читаемом формате со всеми необходимыми пояснениями, комментариями, вычислениями и чертежами. После окончательного утверждения правильности выполненной работы, обучающийся приносит ее в бумажном виде на подпись.

Выполняются работы в соответствии с отдельно разработанным учебно-методическим пособием. Учебно-методическое пособие по практическим занятиям устанавливает общие требования к содержанию и оформлению необходимых работ. Пособие включает в себя необходимые исходные данные для выполнения работ, а также примеры.

Выполнить все заявленные работы необходимо до начала экзаменационной сессии.

### Библиографический список

1. Гайкович, А. И. Теория проектирования водоизмещающих кораблей и судов : монография : в 2 т. / А. И. Гайкович. - Санкт-Петербург : МОРИНТЕХ, 2014. Т. 1 : Описание системы "Корабль". - 2014. - 819 с
2. Гайкович, А. И. Теория проектирования водоизмещающих кораблей и судов : монография : в 2 т. / А. И. Гайкович. - Санкт-Петербург : МОРИНТЕХ, 2014. Т. 2 : Анализ и синтез системы "Корабль". - 2014. - 872 с
3. Дятченко, С. В. Технология изготовления корпусов судов из полимерных композиционных материалов: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. подготовки дипломир. спец. 180100 (652900) - Кораблестроение и океанотехника и направлению подготовки бакалавров 180100 (552600) - Кораблестроение и океанотехника / С. В. Дятченко, А. П. Иванов ; Калинингр. гос. техн. ун-т. - Калининград : КГТУ, 2007. - 156 с
4. Катков, П. П. Технология пластмассового судостроения и судоремонта : учебник / П. П. Катков. - Ленинград : Судостроение, 1968. – 267 с.
5. Прочность корпуса судна из стеклопластика / Б. П. Соколов [и др.] ; под общ. ред. М. К. Смирновой. - Ленинград : Судостроение, 1965. - 331 с.
6. Плесси, Х дю. Малотоннажные суда из стеклопластика : оснащение, обслуж., ремонт / Х дю. Плесси. - Ленинград : Судостроение, 1979. – 342 с
7. Российский морской регистр судоходства. – URL: [www.rs-class.org/ru/](http://www.rs-class.org/ru/) (дата обращения: 16.06.2022). — Текст: электронный.

## Приложение А – Вопросы для контрольных опросов

Тема 1. Основные понятия и положения курса. Композитные материалы, применяемые в судостроении.

- 1.1. Что такое композитный материал?
- 1.2. Как классифицируются композитные материалы по типу матрицы?
- 1.3. Каким образом можно классифицировать композитные материалы по типу армирующего наполнителя?
- 1.4. Чем отличается понятие «композитного материала» от «полимерного материала»?
- 1.5. Назовите примеры использования стеклопластика в судостроении.
- 1.6. Перечислите преимущества и недостатки стеклопластиков в судостроении.
- 1.7. Какие виды армирующих материалов, изготовленных из стеклонити вы знаете?
- 1.8. Перечислите и кратко охарактеризуйте различные виды стеклотканей, с точки зрения переплетения.
- 1.9. Какие виды связующих материалов для изготовления стеклопластиков применяются в судостроительной отрасли?
- 1.10. Перечислите преимущества и недостатки использования эпоксидных смол.
- 1.11. Опишите преимущества и недостатки использования полиэфирных смол.

Тема 2. Трехслойные конструкции в судостроении. Заполнители: классификация и виды.

- 2.1. Что называется трехслойной конструкцией («сэндвич»-конструкцией)?
- 2.2. В чем преимущества использования трехслойных конструкций?
- 2.3. Какие главные недостатки использования «сэндвич»-панелей?
- 2.4. Какие виды заполнителей разрешены требованиями Правил РМРС и РРР?
- 2.5. В чем разница между пенопластом, полистиролом и пенополистиролом?
- 2.6. Назовите преимущества и недостатки использования пенополистирола, в качестве заполнителя трехслойной конструкции.
- 2.7. Назовите преимущества и недостатки использования пенополивинилхлорида, в качестве заполнителя трехслойной конструкции.
- 2.8. Какие методы изготовления трехслойных конструкций вы знаете?

Тема 3. Методические основы проектирования судов из стеклопластика. Основы проектирования конструкции корпуса судна, в соответствии с требованиями Правил РМРС и РРР.

- 3.1. Какие основные качества судна должны учитываться на начальных стадиях проектирования?
- 3.2. В чем отличие уравнения масс стального судна от одноименного уравнения для стеклопластикового судна?
- 3.3. Какие варианты конструкции стеклопластикового судна разрешены требованиями Правил РРР и РМРС?
- 3.4. Каким образом осуществляется проектирование трехслойной конструкции корпуса судна в соответствии с требованиями Правил РМРС?
- 3.5. Как проектируются балки набора при однослойной конструкции в соответствии с требованиями Правил РМРС?
- 3.6. Как осуществляется приформовка балок набора к наружной обшивке стеклопластикового судна в соответствии с требованиями Правил РРР и РМРС?
- 3.7. Какие варианты балок набора допускаются требованиями Правил РРР и РМРС?

Тема 4. Проектирование конструкции корпуса стеклопластикового судна в соответствии с требованиями Правил зарубежных классификационных обществ

- 4.1. Чем отличается методология проектирования наружной обшивки судна в соответствии с отечественными Правилами и в соответствии с зарубежными?
- 4.2. Какие варианты конструкции корпуса стеклопластикового судна разрешены и зарубежными и отечественными Правилами?
- 4.3. Какие балки набора в конструкции корпуса стеклопластикового судна разрешены и зарубежными и отечественными Правилами?
- 4.4. Чем отличается методология проектирования балок набора судна в соответствии с отечественными Правилами и в соответствии с зарубежными?
- 4.5. Охарактеризуйте нормы прочности, в соответствии с требованиями Правил РРР и РМРС.

Тема 5. Соединения корпусных конструкций и установка судовых устройств, механизмов и оборудования на судах из стеклопластика.

- 5.1. Приведите примеры крепления кнехтов к палубе стеклопластикового судна.
- 5.2. Каким образом осуществляется соединение переборки с наружной обшивкой судна?
- 5.3. Как осуществляется крепление леерного ограждения к палубе и борту судна?

- 5.4. Перечислите варианты конструктивного соединения палубы с бортом стеклопластикового судна.
- 5.5. Как можно соединить основной корпус стеклопластикового судна со стеклопластиковой рубкой/надстройкой??

Тема 6. Расчет прочности конструктивного узла соединения из стеклопластика.

- 6.1. Что такое анизотропия, и как она проявляется?
- 6.2. В чем разница между расчетами прочности изотропных и анизотропных конструкций?
- 6.3. Каким образом в расчетах учитывается явление анизотропии?
- 6.4. Как, в расчетах МКЭ задается и учитывается анизотропия материала?
- 6.5. Что такое ортотропные материалы?
- 6.6. Что называется межслоевым сдвигом?
- 6.7. Какие физико-механические характеристики анизотропного материала необходимы для выполнения расчета?

Локальный электронный методический материал

Дмитрий Александрович Романюта

## УСТРОЙСТВО И ПРОЕКТИРОВАНИЕ СУДОВ ИЗ СТЕКЛОПЛАСТИКА

*Редактор И. Голубева*

Локальное электронное издание

Уч.-изд. л 1,4. Печ. л. 1,4.

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Калининградский государственный технический университет».  
236022, Калининград, Советский проспект, 1