

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета авиационной  
и морской техники

Красильникова О.А.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Численные методы анализа объектов морской техники»

Направление подготовки	26.04.02 Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской инфраструктуры
Направленность (профиль) образовательной программы	Проектирование судовых корпусных конструкций, систем и устройств
Квалификация выпускника	Магистр
Год начала подготовки (по учебному плану)	2021
Форма обучения	Очная форма
Технология обучения	Традиционная

Курс	Семестр	Трудоемкость, з.е.
2	3	6

Вид промежуточной аттестации	Обеспечивающее подразделение
Курсовая работа, Экзамен	Кафедра «Кораблестроение и компьютерный инжиниринг»

Разработчик рабочей программы:

Доцент, канд. физ.-мат. наук

(должность, степень, ученое звание)

(подпись)

Журбина И.Н.

(ФИО)

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой

«Кораблестроение и компьютерный

инжиниринг»

(наименование кафедры)

(подпись)

Куриный В.В.

(ФИО)

## 1 Введение

Рабочая программа и фонд оценочных средств дисциплины «Численные методы анализа объектов морской техники» составлены в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, утвержденного приказом Минобрнауки Российской Федерации ФГОС ВО, утвержденный приказом Минобрнауки России от 17.08.2020 г. № 1042, и основной профессиональной образовательной программы подготовки «Проектирование судовых корпусных конструкций, систем и устройств» по направлению подготовки «26.04.02 Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской инфраструктуры».

Практическая подготовка реализуется на основе:

Профессиональный стандарт 30.001 «СПЕЦИАЛИСТ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ И КОНСТРУИРОВАНИЮ В СУДОСТРОЕНИИ».

Обобщенная трудовая функция: D Организация проектно-конструкторских работ в рамках рабочей группы, разработка и модернизация проектов, техническое сопровождение производства судов, плавучих сооружений, аппаратов и их составных частей.

НУ-3 Производить компьютерное моделирование, расчеты с использованием программных средств общего и специального назначения.

Задачи дисциплины	Формирование понимания стратегии развития анализа объектов морской техники; формирование знаний в области современных численных методов вообще и применительно к кораблестроению в частности; формирование умений, навыков и компетенций в области конкретного применения численных методов анализа объектов морской техники.
Основные разделы / темы дисциплины	<p><b>Раздел 1: Понятие о численных методах в ряду других методов (экспериментальные, аналитические, численные):</b> Численные методы в ряду других методов, Конечно-элементные методы</p> <p><b>Раздел 2: Сеточные методы:</b> Конечные разности, Численные примеры решения задач прочности</p> <p><b>Раздел 3: Метод конечных элементов (МКЭ):</b> Сущность МКЭ, Общая система уравнений, Численные примеры МКЭ</p> <p><b>Раздел 4: Метод суперэлементов:</b> Общая схема применения метода суперэлементов</p> <p><b>Раздел 5: Метод модуль-элементов (ММЭ):</b> Отличительные черты и проблемы ММЭ, Применение метода модуль-элементов</p> <p><b>Раздел 6: Сопоставление численных методов, выявление их достоинств и недостатков:</b> Сопоставление численных методов, Погрешности решения</p>

## 2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины «Численные методы анализа объектов морской техники» направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 1):

Таблица 1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<b>Профессиональные</b>		
ПК-1 Способен проводить конструкторские исследования в области создания новых образцов судов, плавучих сооружений и их составных частей в соответствии с техническим заданием	ПК-1.1 Знает основы проектирования, конструирования и производства судов и их составных частей; цифровые технологии, применяемые в судостроении; программные и аппаратные средства для проектирования, конструирования ПК-1.2 Умеет создавать структурные и конструктивнокомпонентные схемы с использованием современных систем автоматизированного проектирования ПК-1.3 Владеет навыками построения математических моделей объектов исследования и выбор численного метода их моделирования; разработки нового или выбор готового алгоритма решения задачи	- Знает численные методы, применяемые в судостроении - Умеет производить компьютерное моделирование, расчеты с использованием программных средств общего и специального назначения - Владеет навыками выбора численного метода

### 3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Численные методы анализа объектов морской техники» изучается на 2 курсе, 3 семестре.

Дисциплина входит в состав блока 1 «Дисциплины (модули)» и относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.

Для освоения дисциплины необходимы знания, умения, навыки и / или опыт практической деятельности, сформированные в процессе изучения дисциплин / практик: «Системы автоматизированного проектирования морской техники».

Знания, умения и навыки, сформированные при изучении дисциплины «Численные методы анализа объектов морской техники», будут востребованы при изучении последующих дисциплин: «Научно-исследовательская и проектная деятельность», «Производственная практика (технологическая (проектно-технологическая) практика)», «Производственная практика (преддипломная практика)».

Дисциплина «Численные методы анализа объектов морской техники» частично реализуется в форме практической подготовки. Практическая подготовка организуется путем проведения / выполнения практических занятий, самостоятельных работ.

**4 Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 6 з.е., 216 акад. час.

Распределение объема дисциплины (модуля) по видам учебных занятий представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Объем дисциплины (модуля) по видам учебных занятий

Объем дисциплины	Всего академических часов
Общая трудоемкость дисциплины	216
<b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий), всего</b>	24
<b>В том числе:</b>	
<b>занятия лекционного типа</b> (лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации педагогическими работниками),	12
в том числе в форме практической подготовки:	2*
<b>занятия семинарского типа</b> (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия),	12
в том числе в форме практической подготовки:	6*
<b>Самостоятельная работа обучающихся и контактная работа</b> , включающая групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателями (в том числе индивидуальные консультации); взаимодействие в электронной информационно-образовательной среде вуза	157
Промежуточная аттестация обучающихся – Курсовая работа, Экзамен	35

**5 Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебной работы**

Таблица 3 – Структура и содержание дисциплины (модуля)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)					
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			ИКР	Пром. аттест.	СРС
	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы			
<b>Раздел «Понятие о численных методах в ряду других методов (экспериментальные, аналитические, численные)»</b>						

Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)					
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			ИКР	Пром. аттест.	СРС
	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы			
Тема «Численные методы в ряду других методов»	2					6
Тема «Конечно-элементные методы»		2				4
<b>Раздел «Сеточные методы»</b>						
Тема «Конечные разности»	2					6
Тема «Численные примеры решения задач прочности»		2				4
<b>Раздел «Метод конечных элементов (МКЭ)»</b>						
Тема «Сущность МКЭ»	2					6
Тема «Общая система уравнений»	2					6
Тема «Численные примеры МКЭ»		6*				4
<b>Раздел «Метод суперэлементов»</b>						
Тема «Общая схема применения метода суперэлементов»	2*					6
<b>Раздел «Метод модуль-элементов (ММЭ)»</b>						
Тема «Отличительные черты и проблемы ММЭ»	1					6
Тема «Применение метода модуль-элементов»		1				4
<b>Раздел «Сопоставление численных методов, выявление их достоинств и недостатков»</b>						
Тема «Сопоставление численных методов»	1					6
Тема «Погрешности решения»		1				4
<b>Экзамен</b>				1	35	
<b>Курсовая работа</b>				2		92
<b>ИТОГО по дисциплине</b>	<b>12</b>	<b>12</b>		<b>3</b>	<b>35</b>	<b>154</b>

\* реализуется в форме практической подготовки

### 6 Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)

При планировании самостоятельной работы студенту рекомендуется руководствоваться следующим распределением часов на самостоятельную работу (таблица 4):

Таблица 4 – Рекомендуемое распределение часов на самостоятельную работу

Компоненты самостоятельной работы	Количество часов
Подготовка опорного конспекта	42

Выполнение и подготовка к защите отчета по практике	20
Выполнение и подготовка к защите КР	95

## **7 Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)**

Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации представлен в Приложении 1.

Полный комплект контрольных заданий или иных материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), практике хранится на кафедре-разработчике в бумажном и электронном виде.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **8.1 Основная литература**

1. Журбин, О. В. Анализ инженерных конструкций методом конечных элементов : учеб. пособие для вузов / О. В. Журбин, С. Д. Чижумов. – Комсомольск-на-Амуре : Изд-во Комсомольского-на-Амуре гос. ун-та, 2004. – 156 с.

2. Основы численных методов в задачах прочности судовых конструкций. Сеточные методы. Метод суперэлементов. Метод граничных элементов. Метод конечных элементов : учеб. пособие для вузов / под общ. ред. Н. А. Таранухи. – Комсомольск-на-Амуре : Изд-во Комсомольского-на-Амуре гос. ун-та, 2017. – 97 с.

3. Постнов, В. А. Численные методы расчёта судовых конструкций : учебник / В. А. Постнов. – Л. : Судостроение, 1977. – 280 с.

4. Строительная механика корабля и теория упругости. В 2 т. Т. 1. Теория упругости и численные методы решения задач строительной механики корабля : учебник для вузов / под ред. В. А. Постнова. – Л. : Судостроение, 1987. – 288 с.

### **8.2 Дополнительная литература**

1. Журбин, О. В. Численные методы анализа в инженерных расчётах : учеб. пособие для вузов / О. В. Журбин. – Комсомольск-на-Амуре : Изд-во Комсомольского-на-Амуре гос. ун-та, 1998. – 74 с.

2. Турчак, Л. И. Основы численных методов : учеб. пособие для вузов / Л. И. Турчак, П. В. Плотников. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Физматлит, 2005. – 301 с.

3. Решение инженерных задач в пакете MathCAD : учеб. пособие / Ю. Е. Воскобойников [и др.]. – Новосибирск : Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), 2013. – 121 с. // Iprbooks : электронно-библиотечная система. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/68838.html> (дата обращения: 12.06.2021). – Режим доступа: по подписке.

4. Холопов, И. С. Расчет плоских конструкций методом конечного элемента : учеб. пособие / И. С. Холопов, И. В. Лосева. – Саратов : Самарский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2014. – 102 с. // Iprbooks : электронно-библиотечная система. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/43399.html> (дата обращения: 12.06.2021). – Режим доступа: по подписке.

5. Чернусь, П. П. Численные методы и их применение в Matlab : учеб. пособие / П. П. Чернусь, Петр П. Чернусь. – СПб : Балт. гос. техн. ун-т. – 2018. – 90 с. // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/122101> (дата обращения: 12.06.2021). – Режим доступа: по подписке.

### **8.3 Методические указания для студентов по освоению дисциплины**

1. Методические указания к практическим занятиям по курсу «Численные методы анализа объектов морской техники» / сост. : И. Н. Журбина. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КНАГУ», 2021. – 7 с.

2. Исследование прочности балки тремя численными методами : метод. указания к курсовой работе по курсу «Численные методы анализа объектов морской техники» / сост. : И. Н. Журбина. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КНАГУ», 2021. – 6 с.

### **8.4 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

1. Электронно-библиотечная система ZNANIUM.COM. Договор № 4997 эбс ИКЗ 21 1 2727000769 270301001 0010 004 6311 244 от 13 апреля 2021 г. (с 17 апреля 2021 г. по 16 апреля 2022 г.)

2. Электронно-библиотечная система IPRbooks. Лицензионный договор № ЕП 44/4 на предоставление доступа к электронно-библиотечной системе IPRbooks ИКЗ 21 1 2727000769 270301001 0010 003 6311 244 от 05 февраля 2021 г. (с 27 марта 2021 г. по 27 марта 2022 г.)

3. Электронно-библиотечная система eLIBRARY.RU (периодические издания) Договор № ЕП 44/3 на оказание услуг доступа к электронным изданиям ИКЗ 211 272 7000769 270 301 001 0010 002 6311 244 от 04 февраля 2021 г. (с 04 февраля 2021 г. по 04 февраля 2030 г.)

4. «Сетевая электронная библиотека технических вузов» на платформе ЭБС «Лань». Договор на оказание услуг № СЭБ НВ-228 от 14 июля 2020 г. (с 14 июля 2020 г. по 31 декабря 2023 г.)

### **8.5 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

1. Единое окно доступа к образовательным ресурсам : сайт. – Москва, 2005 – . – URL: <http://window.edu.ru> (дата обращения: 25.06.2021).

### **8.6 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Таблица 5 – Перечень используемого программного обеспечения

Наименование ПО	Реквизиты / условия использования
Microsoft Imagine Premium	Лицензионный договор АЭ223 №008/65 от 11.01.2019
OpenOffice	Свободная лицензия, условия использования по ссылке: <a href="https://www.openoffice.org/license.html">https://www.openoffice.org/license.html</a>
Mathcad Education	Договор № 106-АЭ120 от 27.11.2012

## **9 Организационно-педагогические условия**



Организация образовательного процесса регламентируется учебным планом и расписанием учебных занятий. Язык обучения (преподавания) - русский. Для всех видов аудиторных занятий академический час устанавливается продолжительностью 45 минут.

При формировании своей индивидуальной образовательной траектории обучающийся имеет право на перезачет соответствующих дисциплин и профессиональных модулей, освоенных в процессе предшествующего обучения, который освобождает обучающегося от необходимости их повторного освоения.

### **9.1 Образовательные технологии**

Учебный процесс при преподавании курса основывается на использовании традиционных, инновационных и информационных образовательных технологий. Традиционные образовательные технологии представлены лекциями и семинарскими (практическими) занятиями. Инновационные образовательные технологии используются в виде широкого применения активных и интерактивных форм проведения занятий. Информационные образовательные технологии реализуются путем активизации самостоятельной работы студентов в информационной образовательной среде.

### **9.2 Занятия лекционного типа**

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов учебного плана.

На первой лекции лектор обязан предупредить студентов, применительно к какому базовому учебнику (учебникам, учебным пособиям) будет прочитан курс.

Лекционный курс должен давать наибольший объем информации и обеспечивать более глубокое понимание учебных вопросов при значительно меньшей затрате времени, чем это требуется большинству студентов на самостоятельное изучение материала.

### **9.3 Занятия семинарского типа**

Семинарские занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы.

Основной формой проведения семинаров является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также разбор примеров и ситуаций в аудиторных условиях. В обязанности преподавателя входят: оказание методической помощи и консультирование студентов по соответствующим темам курса.

Активность на семинарских занятиях оценивается по следующим критериям:

- ответы на вопросы, предлагаемые преподавателем;
- участие в дискуссиях;
- выполнение проектных и иных заданий;
- ассистирование преподавателю в проведении занятий.

Ответ должен быть аргументированным, развернутым, не односложным, содержать ссылки на источники.

Доклады и оппонирование докладов проверяют степень владения теоретическим материалом, а также корректность и строгость рассуждений.

Оценивание заданий, выполненных на семинарском занятии, входит в накопленную оценку.

#### **9.4 Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)**

Самостоятельная работа студентов – это процесс активного, целенаправленного приобретения студентом новых знаний, умений без непосредственного участия преподавателя, характеризующийся предметной направленностью, эффективным контролем и оценкой результатов деятельности обучающегося.

Цели самостоятельной работы:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную и справочную документацию, специальную литературу;
- развитие познавательных способностей, активности студентов, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, творческой инициативы, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений и академических навыков.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, уровня сложности, конкретной тематики.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов университета.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов может проходить в письменной, устной или смешанной форме.

Студенты должны подходить к самостоятельной работе как к наиболее важному средству закрепления и развития теоретических знаний, выработке единства взглядов на отдельные вопросы курса, приобретения определенных навыков и использования профессиональной литературы.

#### **9.5 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

При самостоятельной проработке курса обучающиеся должны:

- просматривать основные определения и факты;
- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
- изучить рекомендованную литературу, составлять тезисы, аннотации и конспекты наиболее важных моментов;
- самостоятельно выполнять задания, аналогичные предлагаемым на занятиях;
- использовать для самопроверки материалы фонда оценочных средств.

##### **1. Методические указания при работе над конспектом лекции**

В ходе лекционных занятий необходимо вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или

иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском искусстве. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций и т.д.

## **2. Методические указания по самостоятельной работе над изучаемым материалом и при подготовке к практическим занятиям**

Начинать надо с изучения рекомендованной литературы. Необходимо помнить, что на лекции обычно рассматривается не весь материал, а только его часть. Остальная его часть восполняется в процессе самостоятельной работы. В связи с этим работа с рекомендованной литературой обязательна. Особое внимание при этом необходимо обратить на содержание основных положений и выводов, объяснение явлений и фактов, уяснение практического приложения рассматриваемых теоретических вопросов. В процессе этой работы необходимо стремиться понять и запомнить основные положения рассматриваемого материала, примеры, поясняющие его, а также разобраться в иллюстративном материале и т.д.

## **3. Методические указания по выполнению курсовой работы**

Теоретическая часть курсовой работы выполняется по заданию с использованием практических материалов. В теоретической части студент должен продемонстрировать знания рассматриваемых численных методов. В практической части студент должен показать умение применять теоретические знания численных методов для решения поставленных в работе задач, обосновать получившиеся результаты, обобщать расчеты, строить графики и диаграммы по результатам расчета, используя возможности компьютерной обработки информации. К каждому разделу курсовой работы рекомендуется примерный перечень вопросов, список необходимой литературы.

## **10 Описание материально-технического обеспечения, необходимого для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

### **10.1 Учебно-лабораторное оборудование**

Отсутствует

### **10.2 Технические и электронные средства обучения**

#### **Лекционные занятия.**

Аудитории для лекционных занятий укомплектованы мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории (наборы демонстрационного оборудования (проектор, экран, компьютер/ноутбук), учебно-наглядные пособия, тематические иллюстрации).

#### **Практические занятия.**

Аудитории для практических занятий укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

#### **Самостоятельная работа.**

Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и доступом к электронной информационно-образовательной среде КнАГУ:

- читальный зал НТБ КнАГУ;
- компьютерные классы (ауд. 228 корпус № 3).

## **11 Иные сведения**

## **Методические рекомендации по обучению лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Освоение дисциплины обучающимися с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных группах. Предполагаются специальные условия для получения образования обучающимися с ограниченными возможностями здоровья.

Профессорско-педагогический состав знакомится с психолого-физиологическими особенностями обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, индивидуальными программами реабилитации инвалидов (при наличии). При необходимости осуществляется дополнительная поддержка преподавания тьюторами, психологами, социальными работниками, прошедшими подготовку ассистентами.

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. N АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений с другими студентами, создании комфортного психологического климата в студенческой группе. Подбор и разработка учебных материалов производятся с учетом предоставления материала в различных формах: аудиальной, визуальной, с использованием специальных технических средств и информационных систем.

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения (персонального и коллективного использования). Материально-техническое обеспечение предусматривает приспособление аудиторий к нуждам лиц с ОВЗ.

Форма проведения аттестации для студентов-инвалидов устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей. Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной или электронной форме (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- в печатной форме или электронной форме с увеличенным шрифтом и контрастностью (для лиц с нарушениями слуха, речи, зрения);
- методом чтения ассистентом задания вслух (для лиц с нарушениями зрения).

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге или набором ответов на компьютере (для лиц с нарушениями слуха, речи);
- выбором ответа из возможных вариантов с использованием услуг ассистента (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- устно (для лиц с нарушениями зрения, опорно-двигательного аппарата).

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### по дисциплине

#### «Численные методы анализа объектов морской техники»

Направление подготовки	26.04.02 Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской инфраструктуры
Направленность (профиль) образовательной программы	Проектирование судовых корпусных конструкций, систем и устройств
Квалификация выпускника	Магистр
Год начала подготовки (по учебному плану)	2021
Форма обучения	Очная форма
Технология обучения	Традиционная

Курс	Семестр	Трудоемкость, з.е.
2	3	6

Вид промежуточной аттестации	Обеспечивающее подразделение
Курсовая работа, Экзамен	Кафедра «Кораблестроение и компьютерный инжиниринг»

**1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций**

Таблица 1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<b>Профессиональные</b>		
ПК-1 Способен проводить конструкторские исследования в области создания новых образцов судов, плавучих сооружений и их составных частей в соответствии с техническим заданием	<p>ПК-1.1 Знает основы проектирования, конструирования и производства судов и их составных частей; цифровые технологии, применяемые в судостроении; программные и аппаратные средства для проектирования, конструирования</p> <p>ПК-1.2 Умеет создавать структурные и конструктивнокомпоновочные схемы с использованием современных систем автоматизированного проектирования</p> <p>ПК-1.3 Владеет навыками построения математических моделей объектов исследования и выбор численного метода их моделирования; разработки нового или выбор готового алгоритма решения задачи</p>	<p>- Знает численные методы, применяемые в судостроении</p> <p>- Умеет производить компьютерное моделирование, расчеты с использованием программных средств общего и специального назначения</p> <p>- Владеет навыками выбора численного метода</p>

Таблица 2 – Паспорт фонда оценочных средств

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Формируемая компетенция	Наименование оценочного средства	Показатели оценки
Разделы 1-6	ПК-1	Опорный конспект	<ul style="list-style-type: none"> <li>- оптимальный объем текста (не более одной трети оригинала);</li> <li>- логическое построение и связность текста;</li> <li>- полнота / глубина изложения материала (наличие ключевых положений, мыслей);</li> <li>- визуализация информации как результат её обработки (таблицы, схемы, рисунки);</li> <li>- оформление (аккуратность, соблюдение структуры оригинала).</li> </ul>

Разделы 1-6	ПК-1	Защита результатов выполнения практических работ	-способность анализировать и обобщать информацию, способность синтезировать новую информацию; - способность делать обоснованные выводы на основе интерпретации информации, разъяснения, установление причинно-следственных связей, выявление закономерности.
Разделы 2, 3, 6	ПК-1	Курсовая работа	- понимание методики и умение ее правильно применить; - качество оформления (аккуратность, логичность, для чертежно-графических работ - соответствие требованиям единой системы конструкторской документации); - достаточность пояснений.

## 2 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, представлены в виде технологической карты дисциплины (таблица 3).

Таблица 3 – Технологическая карта

Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
3 семестр Промежуточная аттестация в форме «Экзамен»			
Опорный конспект	16 неделя	10 баллов	<b>10 баллов</b> выставляется студенту, если демонстрируются полнота использования учебного материала, логика изложения (наличие схем, количество смысловых связей между понятиями), наглядность (наличие рисунков, символов и пр.; аккуратность выполнения, читаемость конспекта, грамотность (терминологическая и орфографическая). <b>7 балла</b> выставляется студенту, если демонстрируются использование учебного материала неполное, недостаточно логично изложено (наличие схем, количество смысловых связей между понятиями), наглядность (наличие рисунков, символов и пр.; аккуратность выполнения, читаемость конспекта, грамотность (терминологическая и орфографическая), отсутствие связанных предложений.

			<p><b>4 балла</b> выставляется студенту, если демонстрируются использование учебного материала неполное, недостаточно логично изложено (наличие схем, количество смысловых связей между понятиями), наглядность (наличие рисунков, символов, и пр.; аккуратность выполнения, читаемость конспекта, грамотность (терминологическая и орфографическая), прослеживается несамостоятельность при составлении.</p> <p><b>2 балла</b> выставляется студенту, если демонстрируются использование учебного материала неполное, отсутствуют схемы, количество смысловых связей между понятиями, отсутствует наглядность (наличие рисунков, символов, и пр.; аккуратность выполнения, читаемость конспекта, допущены ошибки терминологические и орфографические, несамостоятельность при составлении.</p>
Защита результатов выполнения практических работ	В течении семестра	5 баллов за работу  Всего 60 баллов	<p><b>5 баллов</b> выставляется, если студент имеет глубокие знания учебного материала по теме практической работы, показывает усвоение взаимосвязи основных понятий, используемых в работе, смог ответить на все уточняющие и дополнительные вопросы. Студент демонстрирует знания теоретического и практического материала по теме практической работы, определяет взаимосвязи между показателями задачи, даёт правильный алгоритм решения, определяет междисциплинарные связи по условию задания.</p> <p><b>4 балла</b> выставляется, если студент показал знание учебного материала, усвоил основную литературу, смог ответить почти полно на все заданные дополнительные и уточняющие вопросы. Студент демонстрирует знания теоретического и практического материала по теме практической работы, допуская незначительные неточности при решении задач, имея неполное понимание междисциплинарных связей при правильном выборе алгоритма решения задания.</p> <p><b>3 балла</b> выставляется, если студент в целом освоил материал практической работы, ответил не на все уточняющие и дополнительные вопросы. Студент затрудняется с правильной оценкой предложенной задачи, даёт неполный ответ, требующий наводящих вопросов преподавателя, выбор алгоритма решения задачи возможен при наводящих вопросах преподавателя.</p> <p><b>2 балла</b> выставляется студенту, если он имеет существенные пробелы в знаниях основного учебного материала практической работы, кото-</p>



			рый полностью не раскрыл содержание вопросов, не смог ответить на уточняющие и дополнительные вопросы. Студент даёт неверную оценку ситуации, неправильно выбирает алгоритм действий.
<b>Текущий контроль:</b>		<b>70 баллов</b>	
Экзамен	Экзаменационная сессия	30 баллов	<p><b>30 баллов</b> – Студент правильно ответил на все вопросы билета. Правильно решил экзаменационное практическое задание. Показал отличные знания в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы.</p> <p><b>20 баллов</b> – Студент ответил на вопросы билета с неточностями. Экзаменационное практическое задание выполнено с небольшими неточностями. Показал хорошие знания в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов.</p> <p><b>10 баллов</b> – Студент ответил на вопросы билета с существенными неточностями или не ответил на один вопрос билета. Экзаменационное практическое задание выполнено с существенными ошибками. Показал удовлетворительные знания в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</p> <p><b>0 баллов</b> – При ответе на вопросы билета студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний. Экзаменационное практическое задание не выполнено. При ответах на дополнительные вопросы было допущено большинство неправильных ответов.</p>
<b>ИТОГО:</b>		<b>100 баллов</b>	

**Критерии оценки результатов обучения по дисциплине:**

0 – 64 % от максимально возможной суммы баллов – «неудовлетворительно» (недостаточный уровень для промежуточной аттестации по дисциплине);

65 – 74 % от максимально возможной суммы баллов – «удовлетворительно» (пороговый (минимальный) уровень);

75 – 84 % от максимально возможной суммы баллов – «хорошо» (средний уровень);

85 – 100 % от максимально возможной суммы баллов – «отлично» (высокий (максимальный) уровень)

3 семестр

**Промежуточная аттестация в форме «КР»**

По результатам защиты курсового проекта (работы) выставляется оценка по 4-балльной шкале оценивания

- оценка «**отлично**» выставляется студенту, если в работе содержатся элементы научного творчества и делаются самостоятельные выводы, достигнуты все результаты, указанные в задании, качество оформления отчета соответствует установленным в вузе требованиям и при защите студент проявил отличное владение материалом работы и способность аргументировано отвечать на поставленные вопросы по теме работы;

- оценка «**хорошо**» выставляется студенту, если в работе достигнуты все результаты, указанные в задании, качество оформления отчета соответствует установленным в вузе требованиям и при защите студент проявил хорошее владение материалом работы и способность аргументировано отвечать на поставленные вопросы по теме работы;

- оценка «**удовлетворительно**» выставляется студенту, если в работе достигнуты основные результаты, указанные в задании, качество оформления отчета в основном соответствует установленным в вузе требованиям и при защите студент проявил удовлетворительное владение материалом работы и способность отвечать на большинство поставленных вопросов по теме работы;

- оценка «**неудовлетворительно**» выставляется студенту, если в работе не достигнуты основные результаты, указанные в задании или качество оформления отчета не соответствует установленным в вузе требованиям, или при защите студент проявил неудовлетворительное владение материалом работы и не смог ответить на большинство поставленных вопросов по теме работы.

### **3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций в ходе освоения образовательной программы**

#### **3.1 Задания для текущего контроля успеваемости**

##### **Практические работы (типовые)**

*Практическая работа № 1:* Численные методы в ряду других методов. Состояние вопроса и задачи исследования.

- Рассмотреть три группы численных методов: сеточные, конечно-элементные и гранично-элементные. Все эти методы в той или иной степени базируются на таких важных общих идеях, как: а) наличие узловой сетки; б) удовлетворение некоторым условиям в узлах; в) построение интерполирующих полиномов; г) численное дифференцирование; д) сведение задачи к решению алгебраических уравнений.

*Практическая работа № 2:* Основные этапы исследования поведения деформируемых тел.

- Построение физической модели. Построение математической модели. Выбор метода исследования (решения) математической модели.

- Задана балка переменной жесткости  $EI(x)$ , нагруженная поперечной нагрузкой интенсивности  $q(x)$ . Требуется подобрать расчетную модель такой балки.

*Практическая работа № 3:* Методы решения многомерных краевых задач: коллокаций и сеток.

- Определить методом коллокаций упругую линию призматической балки. Точки коллокаций расположим по длине балки на равном друг от друга расстоянии ( $l/4$ ).

- Методом коллокаций определить приближенное выражение для упругой поверхности  $w(x, y)$  жестко заделанной на опорном контуре квадратной изотропной пластины постоянной толщины, нагруженной поперечной нагрузкой  $q = \text{const}$ .

- Составить систему конечно-разностных уравнений метода сеток для расчета на изгиб призматической балки жесткости  $EI$ , нагруженной равномерно распределенной нагрузкой  $q$ . Левый конец балки жестко заделан, а правый ( $x = l$ ) свободен.

*Практическая работа № 4:* Применение метода сеток для решения двумерных краевых задач.

- Применение метода сеток для решения двумерных краевых задач. Решить методом сеток задачу об изгибе прямоугольной квадратной пластины, нагруженной равномерно распределенной нагрузкой  $q$ . Кромки пластины  $x=\text{const}$  свободно оперты, а кромки  $y=\text{const}$  жестко заделаны. Найти значения производных, а затем, используя соответствующие зависимости теории изгиба пластин, найти деформации, напряжения и оценить прочность рассматриваемой пластины.

*Практическая работа № 5 (реализуется в форме практической подготовки):* Схема практического применения метода конечных элементов в расчетах прочности.

- По общей схеме процедуры исследования конструкции по методу конечных элементов (МКЭ) построить расчетную модель корпуса судна.

*Практическая работа № 6 (реализуется в форме практической подготовки):* Расчет конструкций средней сложности методом конечных элементов.

- На примере стержневой конструкции разбить систему на конечные элементы, задать обобщенные перемещения и сформировать матрицы индексов; рассчитать матрицы жесткости типового КЭ, сформировать общую матрицу жесткости конструкции и матрицу узловых усилий; решить систему уравнений. Построить график прогибов.
- Проведите конечно-элементный анализ консольной балки прямоугольного сечения единичной толщины, самостоятельно выбирая тип элементов и сетку. Нагрузка  $P$  распределена по параболическому закону в виде касательных напряжений, приложенных к прямоугольному поперечному сечению.

### 3.2 Задания для промежуточной аттестации

#### Курсовая работа

КР реализуется в форме практической подготовки. *Тема курсовой работы по согласованию «преподаватель – студент» может меняться в зависимости от темы магистерской диссертации студента, в которой реализуются расчёты изучаемыми в рамках дисциплины численными методами.*

Тема КР: Исследование прочности балки тремя численными методами.

Цель КР: Вычисление прогибов балки разными методами и выполнение сравнительного анализа

Задание: Для заданной расчетной схемы (заданы конструкция, закрепление внешняя нагрузка, размеры, материал) выполнить расчет несколькими методами:

- Аналитическим методом. Этот расчет рассматривается в качестве сопоставительного (точного в смысле погрешности). При этом в аналитическом методе наличие продольной силы  $T$  можно не учитывать;
- Численным методом коллокаций;
- Численным методом сеток;
- Численным методом конечных элементов.

При этом для каждого из методов (кроме, аналитического) выполнить следующее:

1. Нанести узловую сетку (не менее пяти промежуточных узлов). Во всех численных методах узловую сетку сделать одинаковую (расстояние между узлами одинаковое).
2. Сформировать систему разрешающих уравнений.

3. Решить систему уравнений и найти основные неизвестные задачи. При этом для решения системы уравнений можно использовать любые методы и любые программные продукты.
4. Произвести сравнение результатов (размерность в мм), полученных по всем четырем методам. Для этого:
  - составить таблицу с численными значениями прогибов для всех узловых точек;
  - построить на одном рисунке графики получившихся упругих линий для всех методов;
  - оценить погрешность результатов по максимальному прогибу. Результат по аналитическому методу условно принять за точный результат (100%).
5. Проанализировать решение и сделать выводы:
  - о полученных результатах решения;
  - о достоинствах, недостатках и особенностях использованных методов.

### Типовое задание на курсовую работу

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

Факультет авиационной и морской техники

Кафедра «Кораблестроение и компьютерный инжиниринг»

Направление подготовки «26.04.02 Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской инфраструктуры»

Направленность «Проектирование судовых корпусных конструкций, систем и устройств»

### ЗАДАНИЕ на курсовую работу

по дисциплине (профессиональному модулю)

**«Численные методы анализа объектов морской техники»**

Выдано студенту \_\_\_\_\_

Тема курсовой работы (утверждена распоряжением № \_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.)

**«Исследование прочности балки тремя численными методами»**

Срок сдачи курсовой работы: \_\_\_\_\_

Исходные данные **Вариант №** \_\_\_\_\_

*Материал – сталь: модуль упругости*

*Форма поперечного сечения*

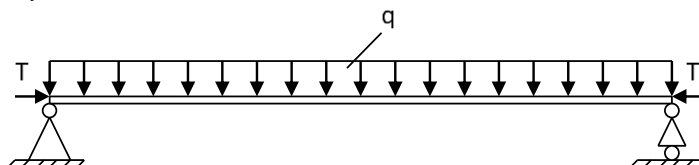
*Момент инерции поперечного сечения*

*Длина балки*

*Распределенная поперечная нагрузка*

*Продольное усилие*

*Граничные условия – указаны на схеме.*





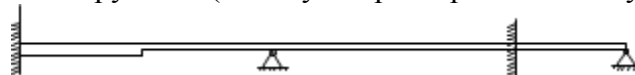
## Теоретические вопросы к экзамену

1. Поясните причины использования численных методов.
2. Укажите и поясните основные этапы исследования сложных конструкций.
3. Поясните идею формирования системы уравнений равновесия в методе коллокаций?
4. Поясните достоинства и недостатки метода коллокаций.
5. Поясните идею конечных разностей и численного дифференцирования.
6. Поясните, что такое левые, правые и центральные производные.
7. Поясните идею формирования системы уравнений равновесия в конечных разностях (методе сеток).
8. Поясните идею формирования граничных условий в методе конечных разностей (методе сеток).
9. Поясните сущность и достоинства метода конечных элементов.
10. Поясните основные операции в процедуре метода конечных элементов.
11. Нарисуйте и поясните основные типы конечных элементов и их обобщенных узловых перемещений (стержневые, пластинчатые, оболочечные, объемные).
12. Поясните понятие о матрице жесткости конечного элемента. Укажите смысл коэффициента жесткости.
13. Поясните понятие о матрице усилий конечного элемента.
14. Поясните два способа получения матрицы жесткости конечного элемента.
15. Запишите и поясните формулу квадратичного представления потенциальной энергии упругой деформации для конечного элемента.
16. Запишите основное матричное уравнение равновесия в методе конечных элементов.
17. Нарисуйте общую схему процедуры исследования конструкции (решения задачи) по методу конечных элементов.
18. Поясните идею и процедуру определения матрицы жесткости простейшего конечного элемента по методу реактивных усилий.
19. Поясните идею и процедуру определения матрицы жесткости простейшего конечного элемента энергетическим методом.
20. Поясните идею и процедуру определения матрицы усилий простейшего конечного элемента энергетическим методом.
21. Поясните идею формирования матрицы индексов в методе конечных элементов. Поясните для чего нужна матрица индексов в методе конечных элементов.
22. Поясните идею метода суперэлементов.
23. Поясните идею метода модуль-элементов.

## Практические задания к экзамену

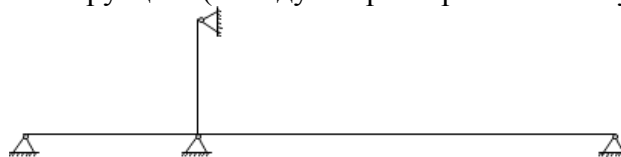
### Практическое задание 1:

Разбить на конечные элементы и построить матрицу индексов и общую матрицу жесткости следующей конструкции. (Между опорами разбить балку на 2 КЭ).



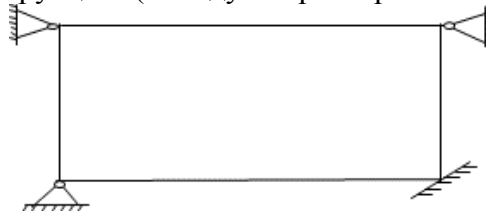
### Практическое задание 2:

Разбить на конечные элементы и построить матрицу индексов и общую матрицу жесткости следующей конструкции. (Между опорами разбить балку на 3 КЭ).

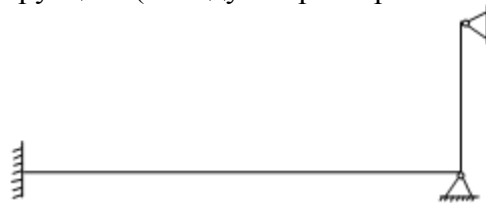


*Практическое задание 3:*

Разбить на конечные элементы и построить матрицу индексов и общую матрицу жесткости следующей конструкции. (Между опорами разбить балку на 2 КЭ и 4 КЭ).

*Практическое задание 4:*

Разбить на конечные элементы и построить матрицу индексов и общую матрицу жесткости следующей конструкции. (Между опорами разбить балку на 2 КЭ).

*Практическое задание 5:*

Разбить на конечные элементы и построить матрицу индексов и общую матрицу жесткости следующей конструкции. (Между опорами разбить балку на 3 КЭ).

