

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

(наименование факультета)

О.А. Красильникова

(подпись, ФИО)

«17» 04 2023г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Численные методы решения инженерных задач в кораблестроении»

Направление подготовки	26.03.02 Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской инфраструктуры
Направленность (профиль) образовательной программы	Кораблестроение
Квалификация выпускника	Бакалавр
Год начала подготовки (по учебному плану)	2021
Форма обучения	Очная форма
Технология обучения	Традиционная


Курс	Семестр	Трудоемкость, з.е.
3	6	3

Вид промежуточной аттестации	Обеспечивающее подразделение
Зачет с оценкой	Кафедра «Кораблестроение и компьютерный инжиниринг»

Комсомольск-на-Амуре  
2023

Разработчик рабочей программы:

Доцент, Кандидат физико-математических наук



Журбина И.Н.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой

Кафедра «Кораблестроение и компьютерный инжиниринг»

  
(подпись)

Куриный В.В.

## 1 Введение

Рабочая программа и фонд оценочных средств дисциплины «Численные методы решения инженерных задач в кораблестроении» составлены в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, утвержденного приказом Минобрнауки Российской Федерации от 14.08.2020 № 1021 и основной профессиональной образовательной программы подготовки «Кораблестроение» по направлению подготовки «26.03.02 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: В. Выполнение проектно-конструкторской документации и подготовка документов при техническом сопровождении производства судов, плавучих сооружений, аппаратов и их составных частей

*Необходимые умения:* НУ-8 Выполнять проекты составных частей судов, плавучих сооружений и аппаратов с применением современных цифровых технологий, используемых в судостроении.

Задачи дисциплины	<ul style="list-style-type: none"> <li>- формирование теоретических и практических знаний, позволяющих анализировать результаты напряженно-деформированного состояния конструкции и принимать меры по улучшению (модернизации) конструкции;</li> <li>- формирование умений, навыков и компетенций в области выбора оптимального численного метода для решения математических моделей.</li> </ul>
Основные разделы / темы дисциплины	<ul style="list-style-type: none"> <li>– <b>Раздел 1: Матрицы и матричные операции:</b> Основные понятия и причины использования численных методов, Необходимость и место использования матричного аппарата, Основные сведения о матрицах и матричных операциях</li> <li>– <b>Раздел 2: Сеточные методы:</b> Сеточные методы. Метод коллокаций, Метод конечных разностей, Применение метода сеток для решения одно-, двух-, трехмерных краевых задач, Определение НДС балки методом коллокаций, Определение НДС балки методом конечных разностей</li> <li>– <b>Раздел 3: Метод конечных элементов:</b> Сущность метода конечных элементов и основные операции в процедуре метода конечных элементов, Идеализация объекта. Дискретизация конструкции. Построение основной системы уравнений. Решение системы уравнений, Конечный элемент. Типы конечных элементов. Понятие о матрице жесткости и матрице усилий (грузовом векторе) конечного элемента, Формирование общей системы уравнений всей конструкции при помощи матрицы индексов, Формирование общей матрицы жесткости. Формирование общего вектора нагрузок, Погрешность дискретизации. Погрешность округления. Устойчивость решения системы уравнений, Построение упругой линии балки, эпюры моментов и перерезывающих сил с использованием интерполяции Лагранжа, Решение задачи о собственных и вынужденных гармонических колебаниях</li> <li>– <b>Раздел 4: Оптимизация матриц:</b> Понятие о разреженных матрицах. Ленточные матрицы. Ширина ленты. Уменьшение разреженности матриц, Оптимизация матрицы жесткости с помощью алгоритма Катхилл-Макки</li> <li>– <b>Раздел 5: Вариационные методы:</b> Метод Ритца. Основные положения метода, Метод Ритца для исследования изгиба балок</li> </ul>

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

Процесс изучения дисциплины «Численные методы решения инженерных задач в кораблестроении» 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>Общепрофессиональные</b>		
ОПК-3 Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения	ОПК-3.1 Знает основы алгоритмизации и программирования инженерных расчетов функциональных и конструктивных качеств объектов океанотехники ОПК-3.2 Умеет разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения в судостроительной области ОПК-3.3 Выполняет компьютерное моделирование, расчеты с использованием разработанных алгоритмов и компьютерных программ, в том числе общего и специального назначения	- Знает понятие алгоритма - Умеет составлять алгоритмы для численного решения инженерных задач в кораблестроении - Владеет навыками проведения расчетов на основе составленных алгоритмов
<b>Профессиональные</b>		
ПК-2 Способен использовать информационные технологии при разработке проектов новых образцов морской (речной) техники	ПК-2.1 Знает технологии компьютерного моделирования, информационные технологии и программные средства разработки проектов судов и новых образцов морской (речной) техники ПК-2.2 Умеет проектировать 3D-модели и чертежи корпуса судна и его элементов средствами автоматизированного проектирования, выполнять инженерный анализ с применением специальных компьютерных технологий ПК-2.3 Владеет навыками проектирования 3D-моделей и чертежей корпуса судна и его элементов средствами автоматизированного проектирования, выполнения инженерного анализа с применением специальных компьютерных технологий	- Знает численные методы, применяемые в расчетах морской (речной) техники - Умеет использовать средства вычислительной техники и численные методы для решения задач теории прочности - Владеет навыками выполнения численного анализа расчета прочности конструкции с помощью компьютерных технологий

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

Дисциплина «Численные методы решения инженерных задач в кораблестроении» изучается на 3 курсе, 6 семестре.

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

Для освоения дисциплины необходимы знания, умения, навыки и / или опыт практической деятельности, сформированные в процессе изучения дисциплин / практик: «Инженерная графика в САД-системах», «Специальное судостроительное черчение», «Учебная практика (ознакомительная практика)».

Знания, умения и навыки, сформированные при изучении дисциплины «Численные методы решения инженерных задач в кораблестроении», будут востребованы при изучении последующих дисциплин: «Б1.В.ДВ.06.01 Системы автоматизации проектирования и постройки судов», «Б1.В.ДВ.06.02 Компьютерное моделирование судовых корпусных конструкций, устройств и систем», «Производственная практика (технологическая (проектно-технологическая) практика), 8 семестр», «Производственная практика (преддипломная практика)».

Дисциплина «Численные методы решения инженерных задач в кораблестроении» частично реализуется в форме практической подготовки. Практическая подготовка организуется путем выполнения практических занятий.

Дисциплина «Численные методы решения инженерных задач в кораблестроении» в рамках воспитательной работы направлена на формирование у обучающихся активной гражданской позиции, уважения к правам и свободам человека, знания правовых основ и законов, воспитание чувства ответственности или умения аргументировать, самостоятельно мыслить, развивает творчество, профессиональные умения или творчески развитой личности, системы осознанных знаний, ответственности за выполнение учебно-производственных заданий и т.д.

### 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 3 з.е., 108 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	108
<b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий), всего</b>	20
<b>В том числе:</b>	
<b>занятия лекционного типа</b> (лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации педагогическими работниками)	12

занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия) в том числе в форме практической подготовки:	8 8*
Самостоятельная работа обучающихся и контактная работа, включающая групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателями (в том числе индивидуальные консультации); взаимодействие в электронной информационно-образовательной среде вуза	88
Промежуточная аттестация обучающихся – Зачет с оценкой	0

**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			СРС
	Лекции	Семинарские (практические занятия)	Лабораторные занятия	
<b>Матрицы и матричные операции</b>				
<b>Основные понятия и причины использования численных методов</b>	1			2
<b>Необходимость и место использования матричного аппарата</b>	0,5			3
<b>Основные сведения о матрицах и матричных операциях</b>	0,5			3
<b>Сеточные методы</b>				
<b>Сеточные методы. Метод коллокаций</b>	0,5			3
<b>Метод конечных разностей</b>	1			3
<b>Применение метода сеток для решения одно-, двух-, трехмерных краевых задач</b>	0,5			4
<b>Определение НДС балки методом коллокаций</b>			2*	3
<b>Определение НДС балки методом конечных разностей</b>			2*	3

<b>РГР</b>				12
<b>Метод конечных элементов</b>				
<b>Сущность метода конечных элементов и основные операции в процедуре метода конечных элементов</b>	1			1
<b>Идеализация объекта. Дискретизация конструкции. Выбор основных неизвестных</b>	1			1
<b>Построение интерполирующего полинома. Построение основной системы уравнений. Решение системы уравнений</b>	1			2
<b>Конечный элемент. Типы конечных элементов. Понятие о матрице жесткости и матрице усилий (грузовом векторе) конечного элемента</b>	1			2
<b>Формирование общей системы уравнений всей конструкции при помощи матрицы индексов</b>	1			2
<b>Формирование общей матрицы жесткости. Формирование общего вектора нагрузок</b>	1			2
<b>Погрешность дискретизации. Погрешность округления. Устойчивость решения системы уравнений</b>	1			2
<b>Построение упругой линии балки, эпюры моментов и перерезывающих сил с использованием интерполяции Лагранжа</b>			2*	3
<b>Решение задачи о собственных и вынужденных гармонических колебаниях</b>			2*	3
<b>РГР</b>				20
<b>Оптимизация матриц</b>				
<b>Понятие о разреженных матрицах. Ленточные матрицы. Ширина ленты. Уменьшение разреженности матриц</b>	0,5			2
<b>Оптимизация матрицы жесткости с помощью алгоритма Катхилл-Макки</b>				4
<b>Вариационные методы</b>				

<b>Метод Ритца. Основные положения метода</b>	0,5			4
<b>Метод Ритца для исследования изгиба балок</b>				4
<b>ИТОГО по дисциплине</b>	12		8	88

\* 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

<b>Компоненты самостоятельной работы</b>	<b>Количество часов</b>
Подготовка к собеседованию	44
Выполнение отчета и подготовка к защите РГР	32
Выполнение отчета и подготовка к защите лаб. раб.	12

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

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

3. Волков, Е. А. Численные методы : учеб. пособие / Е. А. Волков. – 3-е изд., испр. – СПб. : Лань, 2004. – 249 с.

4. 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; 2003. – 301 с.

### **8.2 Дополнительная литература**

1. Киреев, В. И. Численные методы в примерах и задачах : учеб. пособие для вузов / В. И. Киреев, А. В. Пантелеев. – 2-е изд., стер. – М. : Высшая школа, 2006. – 480 с.



2. Панюкова, Т. А. Численные методы : учеб. пособие для вузов / Т. А. Панюкова. – М. : Либроком, 2013. – 224 с .

3. Бахвалов, Н. С. Численные методы : учеб. пособие для вузов / Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков. – 6-е изд. – М. : БИНОМ : Лаборатория знаний, 2008. – 636 с.

4. Пантелеев, А. В. Численные методы. Практикум : учеб. пособие / А. В. Пантелеев, И. А. Кудрявцева. – Москва : ИНФРА-М, 2020. – 512 с. // Znanium.com : электронно-библиотечная система. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1028969> (дата обращения: 18.05.2021). – Режим доступа: по подписке.

5. Лебедев, А. В. Численные методы расчета строительных конструкций : учеб. пособие / А. В. Лебедев. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2012. – 55 с. // IPRbooks : электронно-библиотечная система. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/19055.html> (дата обращения: 18.05.2021). – Режим доступа: по подписке.

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

1. Определение напряженно-деформированного состояния балки сеточными методами и методом конечных элементов : метод. Указания к РГР по курсу «Численные методы решения инженерных задач в кораблестроении» / И. Н. Журбина – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КНАГУ», 2021. – 12 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.)

### **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: 16.05.2021).

### **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 лабораторным 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 расчетно-графической работы**

Теоретическая часть расчетно-графической работы выполняется по установленным темам с использованием лекционных и практических материалов, материалов для самостоятельного изучения. Излагая материал расчетно-графической работы, следует строго придерживаться плана. Работа не должна представлять пересказ отдельных глав учебника или учебного пособия. В работе проводится анализ полученных результатов, подтверждаются или опровергаются гипотезы, предлагаются конкретные рекомендации. Излагаемый материал при необходимости следует проиллюстрировать таблицами, схемами, диаграммами и т.д.

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

## **10.1 Учебно-лабораторное оборудование**

Таблица 6 – Перечень оборудования лаборатории

Аудитория	Наименование аудитории (лаборатории)	Используемое оборудование
228/3	Компьютерный класс ФЭТМТ с неограниченным доступом к сети Интернет, включая доступ к ЭБС	Персональные компьютеры по количеству студентов

## **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).

### **Лабораторные занятия.**

Для лабораторных занятий (компьютерный практикум) используется аудитория № 228/3, оснащенная оборудованием, указанным в табл. 6.

### **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<sup>1</sup>

### по дисциплине

#### «Численные методы решения инженерных задач в кораблестроении»

Направление подготовки	26.03.02 Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской инфраструктуры
Направленность (профиль) образовательной программы	Кораблестроение
Квалификация выпускника	Бакалавр
Год начала подготовки (по учебному плану)	2021
Форма обучения	Очная форма
Технология обучения	Традиционная

Курс	Семестр	Трудоемкость, з.е.
3	6	3

Вид промежуточной аттестации	Обеспечивающее подразделение
Зачет с оценкой	Кафедра «Кораблестроение и компьютерный инжиниринг»

<sup>1</sup> В данном приложении представлены типовые оценочные средства. Полный комплект оценочных средств, включающий все варианты заданий (тестов, контрольных работ и др.), предлагаемых обучающемуся, хранится на кафедре в бумажном и электронном виде.

## 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>Общепрофессиональные</b>		
ОПК-3 Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения	<p>ОПК-3.1 Знает основы алгоритмизации и программирования инженерных расчетов функциональных и конструктивных качеств объектов океанотехники</p> <p>ОПК-3.2 Умеет разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения в судостроительной области</p> <p>ОПК-3.3 Выполняет компьютерное моделирование, расчеты с использованием разработанных алгоритмов и компьютерных программ, в том числе общего и специального назначения</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Знает понятие алгоритма</li> <li>- Умеет составлять алгоритмы для численного решения инженерных задач в кораблестроении</li> <li>- Владеет навыками проведения расчетов на основе составленных алгоритмов</li> </ul>
<b>Профессиональные</b>		
ПК-2 Способен использовать информационные технологии при разработке проектов новых образцов морской (речной) техники	<p>ПК-2.1 Знает технологии компьютерного моделирования, информационные технологии и программные средства разработки проектов судов и новых образцов морской (речной) техники</p> <p>ПК-2.2 Умеет проектировать 3D-модели и чертежи корпуса судна и его элементов средствами автоматизированного проектирования, выполнять инженерный анализ с применением специальных компьютерных технологий</p> <p>ПК-2.3 Владеет навыками проектирования 3D-моделей и чертежей корпуса судна и его элементов средствами автоматизированного проектирования, выполнения инженерного анализа с применением специальных компьютерных технологий</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Знает численные методы, применяемые в расчетах морской (речной) техники</li> <li>- Умеет использовать средства вычислительной техники и численные методы для решения задач теории прочности</li> <li>- Владеет навыками выполнения численного анализа расчета прочности конструкции с помощью компьютерных технологий</li> </ul>

Таблица 2 – Паспорт фонда оценочных средств

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Формируемая компетенция	Наименование оценочного средства	Показатели оценки
Все разделы	ОПК-3, ПК-2	Собеседование	<ul style="list-style-type: none"> <li>- понимание вопросов;</li> <li>- информированность по теме собеседования;</li> <li>- глубина, систематичность знаний;</li> <li>- способность технически грамотно изложить свои знания;</li> <li>- способность грамотно рассуждать и формулировать свои представления;</li> <li>- рациональность используемых подходов;</li> <li>- правильность логических построений;</li> <li>- степень проявления необходимых профессиональных качеств.</li> </ul>
Лабораторные работы № 1-6		Защита лабораторной работы	<ul style="list-style-type: none"> <li>- способность анализировать и обобщать информацию;</li> <li>- способность синтезировать новую информацию;</li> <li>- способность делать обоснованные выводы на основе интерпретации информации, разъяснения;</li> <li>- установление причинно-следственных связей, выявление закономерности.</li> </ul>
Разделы: - Сеточные методы; - Метод конечных элементов.		РГР	Обоснованное применение изученных методов или процедур, Полное выполнение всех заданий, Соблюдение принятого алгоритма операций, Соответствие формируемых выводов имеющимся данным.

## 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



6 семестр Промежуточная аттестация в форме «Зачет с оценкой»			
Собеседование (5 вопросов)	В течение семестра	5 баллов	<p><b>5 баллов</b> – студент правильно ответил на все вопросы; показал отличные знания в рамках усвоенного учебного материала;</p> <p><b>4 балла</b> – студент ответил на все вопросы с неточностями; показал хорошие знания в рамках усвоенного учебного материала;</p> <p><b>3 балла</b> – студент ответил на вопросы с существенными неточностями или не ответил на один вопрос; показал удовлетворительные знания в рамках усвоенного учебного материала;</p> <p><b>2 балла</b> – студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний, не ответил на два вопроса;</p> <p><b>0 баллов</b> – студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний и не ответил на три вопроса.</p>
Защита лабораторных работ № 1-6	В течение семестра	30 баллов (6 работ)	<p><b>5 баллов</b> – задание по работе выполнено в полном объеме. Студент точно ответил на контрольные вопросы, свободно ориентируется в предложенном решении, может его модифицировать при изменении условия задачи. Отчет выполнен аккуратно и в соответствии с предъявляемыми требованиями;</p> <p><b>4 балла</b> – задание по работе выполнено в полном объеме. Студент ответил на теоретические вопросы, испытывая небольшие затруднения. Качество оформления отчета к работе не полностью соответствует требованиям;</p> <p><b>3 балла</b> – студент правильно выполнил задание к работе. Составил отчет в установленной форме, представил решения большинства заданий, предусмотренных в работе. Студент не может полностью объяснить полученные результаты;</p> <p><b>2 балла</b> – студент не выполнил все задания работы и не может объяснить полученные результаты.</p>
РГР	16 неделя	40	<p><b>40 баллов</b> – студент правильно выполнил задание. Показал отличные владения навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы на защите;</p> <p><b>30 баллов</b> – студент выполнил задание с небольшими неточностями. Показал хорошие владения навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов на защите;</p>

			<p><b>20 баллов</b> – студент выполнил задание с существенными неточностями. Показал удовлетворительное владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы на защите было допущено много неточностей;</p> <p><b>10 баллов</b> – при выполнении задания студент продемонстрировал недостаточный уровень владения умениями и навыками при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы на защите было допущено множество неточностей.</p>
<b>ИТОГО:</b>		75 баллов	
<p><b>Критерии оценки результатов обучения по дисциплине:</b>  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)</p>			

### 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

##### Типовые задания лабораторных работ (компьютерный практикум)

Лабораторная работа № 1. Определение НДС балки методом коллокаций. Написание алгоритма решения задачи методом коллокаций в программе MathCAD.

Исходные данные:

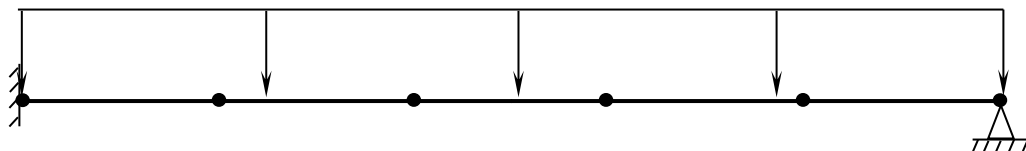
$l$  – 1 м, длина балки;

поперечное сечение – квадрат, 0.05 x 0.05 м;

$E$  –  $2.1 \cdot 10^{11}$  н/м<sup>2</sup>, модуль упругости;

$Q$  – 100 н, нагрузка;

граничные условия – левый торец ЖЗ, правый СО;



Условие:

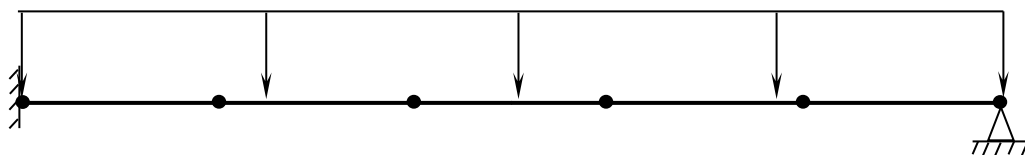
разбить балку на 5 равных по длине элементов;

построить упругую линию балки, эпюры моментов и перерезывающих сил.

Лабораторная работа № 2. Определение НДС балки методом конечных разностей. Написание алгоритма решения задачи методом конечных разностей в программе MathCAD.

Исходные данные:

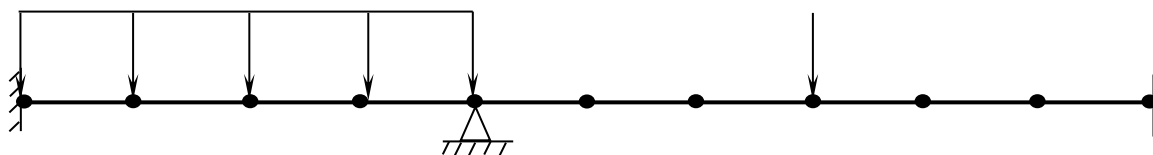
$l$  – 1 м, длина балки;  
 поперечное сечение – квадрат, 0.05 x 0.05 м;  
 $E$  –  $2.1 \cdot 10^{11}$  н/м<sup>2</sup>, модуль упругости;  
 $Q$  – 100 н, нагрузка;  
 граничные условия – левый торец ЖЗ, правый СО;



Условие:  
 разбить балку на 5 равных по длине элементов;  
 построить упругую линию балки, эпюры моментов и перерезывающих сил с использованием интерполяции Лагранжа. Сравнить результаты решения по методу коллокаций и методу конечных разностей.

Лабораторная работа № 3 (реализуется в форме практической подготовки). Построение упругой линии балки, эпюры моментов и перерезывающих сил с использованием интерполяции Лагранжа.

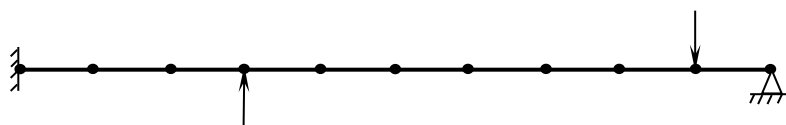
Исходные данные:  
 $l$  – 1.2 м, длина балки;  
 поперечное сечение – квадрат, 0.05 x 0.05 м;  
 $E$  –  $2.1 \cdot 10^{11}$  н/м<sup>2</sup>, модуль упругости;  
 $\rho_0$  – 7830 кг/м<sup>3</sup>, плотность материала;  
 $Q$  – 100 н, равномерно-распределенная нагрузка;  
 $P$  – 1000 н, сосредоточенная нагрузка;  
 граничные условия – указаны на рисунке;



Условие:  
 разбить балку на 10 равных по длине элементов;  
 построить упругую линию балки, эпюры моментов и перерезывающих сил с использованием интерполяции Лагранжа. Решить задачу о собственных и вынужденных гармонических колебаниях.

Лабораторная работа № 4 (реализуется в форме практической подготовки). Решение задачи о собственных и вынужденных гармонических колебаниях.

Решить задачу о собственных и вынужденных гармонических колебаниях.  
 Исходные данные: Дана призматическая балка с параметрами:  $l = 1.2$  м – длина балки; поперечное сечение – квадрат, 0.03 x 0.03 м;  $E = 2.1 \cdot 10^{11}$  Н/м<sup>2</sup> – модуль упругости;  $Q = 100000$  Н/м – равномерно-распределенная нагрузка;  $P = 1000$  Н – сосредоточенная нагрузка;  $\rho_0 = 7830$  кг/м<sup>3</sup> – плотность материала; граничные условия – указаны на рисунке.

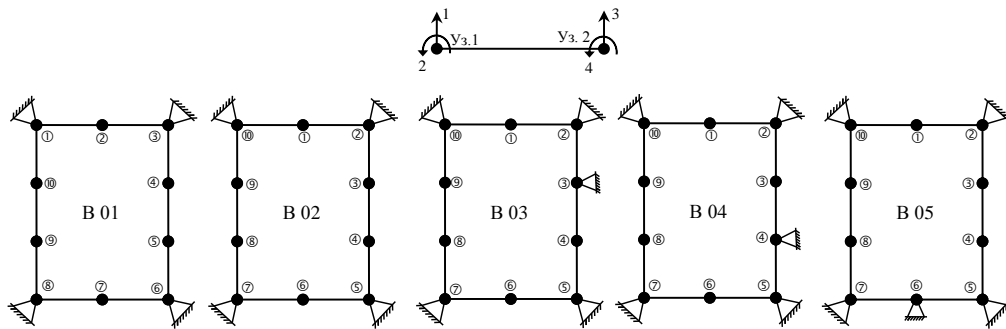


Условие:  
 - разбить балку на 10 равных по длине элементов.

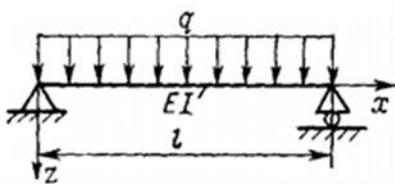
### Лабораторная работа № 5. Оптимизация матрицы жесткости с помощью алгоритма Катхилл-Макки.

С помощью алгоритма Катхилл-Макки уменьшить ширину ленты матрицы (для одной из схем). В качестве стартовой выбрать вершину 1, имеющую минимальную степень. Для конструкций, имеющих замкнутый контур, обход узлов и их нумерацию надо производить симметрично относительно некоторого начального узла. Алгоритм Катхилл-Макки производит обработку неориентированного графа, связанного с матрицей, и требует задания стартовой вершины. Определяется нумерация графа, а затем строки и столбцы переставляются в соответствии с полученной нумерацией, причем симметрия матрицы сохраняется.

Типовой КЭ с 4<sup>ми</sup> узловыми перемещениями (степенями свободы)



### Лабораторная работа № 6. Метод Ритца.



Определить с помощью метода Ритца упругую линию свободно опертой по концам призматической балки, нагруженной равномерно распределенной нагрузкой.

### **Вопросы для собеседования**

1. Назовите методы решения одномерных задач, используемые в расчетах судовых конструкций.
2. Почему при расчете изгиба балок переходят от дифференциальной формы записи уравнения в матричную форму записи?
3. В методе коллокаций неизвестные параметры находятся из какого условия?
4. Что такое «точки коллокации»?
5. Как определяется погрешность замены дифференциального уравнения разностным при решении одномерных задач методом сеток?
6. Как задаются граничные условия в методе конечных разностей?
7. Что образует совокупность разностных уравнений с граничными условиями, представленными в конечно-разностной форме?
8. Основная идея метода конечных разностей.
9. Что собой представляют двухмерные краевые задачи?
10. Что такое ортогональная сетка? Как ее можно наложить на двухмерную область?
11. Для решения различных задач инженерных конструкций в настоящее время широко применяется метод конечных элементов (МКЭ). Чем это объясняется?
12. При решении задач по МКЭ от чего существенным образом зависит структура общей матрицы жесткости?
13. Какие существуют разновидности МКЭ?
14. Назовите основные операции в процедуре МКЭ.
15. Определение МУ простейшего КЭ.
16. Что представляет собой алгоритм Катхилл-Макки?

17. Что означает «неориентированный граф»?
18. Что представляет собой обратный алгоритм Катхилл-Макки?
19. Что означает переупорядоченная матрица?
20. Дать понятие о вариационных принципах.
21. В чем преимущества использования вариационных принципов?
22. Что называется «функционалом»?
23. Дать понятие вариации.
24. В чем заключается идея метода Ритца?
25. Метод Ритца применяется для точного или приближенного решения задач?

### Расчетно-графическая работа

**Тема РГР:** Определение напряженно-деформированного состояния балки сеточными методами и методом конечных элементов.

**Задание:** Определить расположение наибольших перемещений у конструкции при заданных граничных условиях, условиях нагружения и построить ее упругую линию.

Тематика разделов РГР:

1. Решение задачи по определению упругой линии призматической балки методом коллокаций;
2. Решение задачи по определению упругой линии призматической балки методом сеток (конечных разностей);
3. Решение задачи по определению упругой линии призматической балки методом конечных элементов.

Исходные данные:

Дана призматическая балка с параметрами:

№ варианта	$l, м$	$I, м^4$	$E, Н/м^2$	$Q, кН/м$	Граничные условия
1	1	$0,50 \cdot 10^{-8}$	$2,1 \cdot 10^{11}$	100	Указаны на расчетной схеме
2	1,2	$0,52 \cdot 10^{-8}$	$2 \cdot 10^{11}$		
3	1,4	$0,50 \cdot 10^{-8}$	$1,75 \cdot 10^{11}$		
4	1,5	$0,52 \cdot 10^{-8}$	$2 \cdot 10^{11}$		
5	1	$0,50 \cdot 10^{-8}$	$1,8 \cdot 10^{11}$		
6	1,2	$0,52 \cdot 10^{-8}$	$2,1 \cdot 10^{11}$		
7	1,4	$0,50 \cdot 10^{-8}$	$2 \cdot 10^{11}$		
8	1,8	$0,52 \cdot 10^{-8}$	$1,75 \cdot 10^{11}$		
9	1,5	$0,50 \cdot 10^{-8}$	$2,1 \cdot 10^{11}$		
10	1	$0,52 \cdot 10^{-8}$	$1,8 \cdot 10^{11}$		

В таблице:  $l$  – длина балки;  $I$  – момент инерции сечения;  $E$  – модуль упругости;  $Q$  – равномерно-распределенная нагрузка.

Расчетные схемы

