

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

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

Кафедра «Кораблестроение»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор

И.В. Макурин



09

2018 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА


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

основной профессиональной образовательной программы подготовки бакалавров  
по направлению 26.03.02 «Кораблестроение, океанотехника  
и системотехника объектов морской инфраструктуры»  
направленность (профиль) – «Кораблестроение»

Форма обучения                    Заочная  
Технология обучения            Традиционная


Комсомольск-на-Амуре 2018

Автор рабочей программы  
доцент каф. «Кораблестроение»,  
канд. физ.-мат. наук

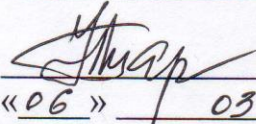
  
И.Н. Журбина  
« 03 » 03 2014 г.

СОГЛАСОВАНО


Директор библиотеки

  
И.А. Романовская  
« 03 » 03 2014 г.


Заведующий кафедрой  
«Кораблестроение»

  
Н.А. Тарануха  
« 06 » 03 2014 г.

Декан факультета заочного  
и дистанционного обучения

  
М.В. Семибратова  
« 07 » 03 2014 г.

Начальник учебно-методического  
управления

  
Е.Е. Поздеева  
« 10 » 03 2014 г.

## Введение

Рабочая программа дисциплины «Численные методы решения инженерных задач в кораблестроении» составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 03.09.2015 № 960, и основной профессиональной образовательной программы подготовки бакалавров по направлению 26.03.02 «Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской инфраструктуры».

### 1 Аннотация дисциплины

Наименование дисциплины	Численные методы решения инженерных задач в кораблестроении							
Цель дисциплины	Формирование у студентов основных знаний о принципах построения математических и физических моделей, изучение численных методов применительно к анализу напряженно-деформированного состояния инженерных конструкций.							
Задачи дисциплины	- формирование теоретических и практических знаний, позволяющих анализировать результаты напряженно-деформированного состояния конструкции и принимать меры по улучшению (модернизации) конструкции; - формирование умений, навыков и компетенций в области выбора оптимального численного метода для решения математических моделей.							
Основные разделы дисциплины	- Сеточные методы; - Метод конечных элементов (МКЭ); - Вариационные методы.							
Общая трудоемкость дисциплины	3 з.е. / 108 академических часов							
	Семестр	Аудиторная нагрузка, ч				СРС, ч	Промежуточная аттестация, ч	Всего за семестр, ч
		Лекции	Пр. занятия	Лаб. работы	Курсовое проектирование			
7 семестр	4	6	-	-	94	4	108	
ИТОГО:		4	6	-	-	94	4	108

## 2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами образовательной программы

Дисциплина «Численные методы решения инженерных задач в кораблестроении» нацелена на формирование компетенций, знаний, умений и навыков, указанных в таблице 1.

Таблица 1 – Компетенции, знания, умения, навыки

Наименование и шифр компетенции, в формировании которой принимает участие дисциплина	Перечень формируемых знаний, умений, навыков, предусмотренных образовательной программой		
	Перечень знаний (с указанием шифра)	Перечень умений (с указанием шифра)	Перечень навыков (с указанием шифра)
<b>ПК-2</b> Готовность использовать информационные технологии при разработке проектов новых образцов морской (речной) техники	<b>З1(ПК-2-2)</b> Знания об основных законах численных методов в расчетах различных конструкций морской техники	<b>У1(ПК-2-2)</b> Уметь использовать средства вычислительной техники и численные методы для решения задач теории прочности	<b>Н1(ПК-2-2)</b> Владеть навыками численного моделирования и анализа прочности

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

Дисциплина «Численные методы решения инженерных задач в кораблестроении» изучается на 4 курсе в 7 семестре.

Дисциплина является вариативной, входит в состав блока Б1 «Дисциплины (модули)» и относится к дисциплинам по выбору.

Для освоения дисциплины необходимы знания, умения, навыки, сформированные на предыдущих этапах освоения компетенции ПК-2 «Готовность использовать информационные технологии при разработке проектов новых образцов морской (речной) техники», в процессе изучения дисциплины: «Информационные технологии в кораблестроении».

Формирование ПК-2осуществляется в рамках двух последовательных этапов:

**1 этап - код этапа: ПК-2-1** Информационные технологии в кораблестроении;

**2 этап - код этапа: ПК-2-2** Численные методы решения инженерных задач в кораблестроении// Численные методы расчета в задачах гидродинамики и теории корабля.

Результаты освоения дисциплины «Численные методы решения инженерных задач в кораблестроении» используются при дальнейшем освоении дисциплины «Специальные компьютерные технологии в кораблестроении // Основы автоматизированного проектирования в кораблестроении», при вы-

полнении выпускной квалификационной работы, а также при прохождении производственной и преддипломной практик.

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 зачетных единиц, 108 академических часов.

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

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

<b>Объем дисциплины</b>	<b>Всего академических часов</b>
Общая трудоемкость дисциплины	108
<b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий), всего</b>	10
В том числе:	
<b>занятия лекционного типа</b> (лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации педагогическими работниками), в том числе в форме практической подготовки:	4 0
<b>занятия семинарского типа</b> (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), в том числе в форме практической подготовки:	6 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	94
Промежуточная аттестация обучающихся	4

## 5 Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

Таблица 3 – Структура и содержание дисциплины (модуля)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудоемкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
<b>Раздел 1. Сеточные методы</b>					
Сеточные методы. Метод коллокаций. Метод конечных разностей. Применение метода сеток для решения одно-, двух-, трехмерных краевых задач.	Лекции	2	Традиционная	ПК-2	З1(ПК-2-2)
Метод коллокаций. Определение НДС балки. Построение упругой линии балки, эпюры моментов и перерезывающих сил.	Практические занятия	1*	Традиционная	ПК-2	У1(ПК-2-2) Н1(ПК-2-2)
Метод конечных разностей. Определение НДС балки решенной методом конечных разностей. Построение упругой линии балки, эпюры моментов и перерезывающих сил с использованием интерполяции Лагранжа. Сравнение результатов решения по методу коллокаций и методу конечных разностей.	Практические занятия	2*	Интерактивная (Выполнение заданий на ПК в среде MathCAD)	ПК-2	У1(ПК-2-2) Н1(ПК-2-2)
Самостоятельная работа обучающихся	Самостоятельное изучение теоретического материала	19	Чтение основной и дополнительной литературы	ПК-2	З1(ПК-2-2)
	Подготовка к практическим занятиям	8	Ознакомиться с тематикой практического занятия	ПК-2	З1(ПК-2-2) У1(ПК-2-2)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудоемкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
	Выполнение РГР	13	Выполнение расчетно-графической части РГР по разделу. Оформление	ПК-2	У1(ПК-2-2) Н1(ПК-2-2)
<b>ИТОГО по разделу 1</b>	Лекции	<b>2</b>	-	-	-
	Практические занятия	<b>3</b>	-	-	-
	Самостоятельная работа обучающихся	<b>40</b>	-	-	-
<b>Раздел 2. Метод конечных элементов (МКЭ)</b>					
Сущность метода конечных элементов и основные операции в процедуре метода конечных элементов. Дискретизация конструкции. Типы конечных элементов. Формирование общей матрицы жесткости. Недостатки МКЭ.	Лекции	1	Интерактивная (презентация)	ПК-2	31(ПК-2-2)
Метод конечных элементов. Определение НДС балочной конструкции. Построение упругой линии балки, эпюры моментов и перерезывающих сил с использованием интерполяции Лагранжа. Решение задачи о собственных и вынужденных гармонических колебаниях.	Практические занятия	2*	Традиционная	ПК-2	У1(ПК-2-2) Н1(ПК-2-2)
Самостоятельная работа обучающихся	Самостоятельное изучение теоретического материала	16	Чтение основной и дополнительной литературы	ПК-2	31(ПК-2-2)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудоемкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
	Подготовка к практическим занятиям	7	Ознакомиться с тематикой практического занятия	ПК-2	З1(ПК-2-2) У1(ПК-2-2)
	Выполнение РГР	10	Выполнение расчетно-графической части РГР по разделу. Оформление	ПК-2	У1(ПК-2-2) Н1(ПК-2-2)
<b>ИТОГО по разделу 2</b>	Лекции	<b>1</b>	-	-	-
	Практические занятия	<b>2</b>			
	Самостоятельная работа обучающихся	<b>33</b>	-	-	-
<b>Раздел 3. Вариационные методы</b>					
Вариационные методы. Метод Ритца. Основные положения метода.	Лекции	1	Традиционная	ПК-2	З1(ПК-2-2)
Примеры использования метода Ритца для исследования изгиба балок.	Практические занятия	1*	Традиционная	ПК-2	У1(ПК-2-2) Н1(ПК-2-2)
Самостоятельная работа обучающихся	Самостоятельное изучение теоретического материала	10	Чтение основной и дополнительной литературы	ПК-2	З1(ПК-2-2)
	Подготовка к практическим занятиям	4	Ознакомиться с тематикой практического занятия	ПК-2	З1(ПК-2-2) У1(ПК-2-2)
	Выполнение РГР	7	Выполнение расчетно-	ПК-2	У1(ПК-2-2) Н1(ПК-2-2)



Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудоемкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
			графической части РГР по разделу. Оформление		
<b>ИТОГО по разделу 3</b>	Лекции	<b>1</b>	-	-	-
	Практические	<b>1</b>			
	Самостоятельная работа обучающихся	<b>21</b>	-	-	-
<b>Промежуточная аттестация по дисциплине – зачет</b>		<b>4</b>	-	ПК-2	31(ПК-2-2)
<b>ИТОГО по дисциплине</b>	Лекции	<b>4</b>	-	-	-
	Практические занятия	<b>6</b>	-	-	-
	Самостоятельная работа обучающихся	<b>94</b>	-	-	-
<b>ИТОГО:</b> общая трудоемкость дисциплины 108 часов, в том числе с использованием активных методов обучения 3 часа					

## **6 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

Самостоятельная работа обучающихся, осваивающих дисциплину «Численные методы решения инженерных задач в кораблестроении», состоит из следующих компонентов: изучение теоретических разделов дисциплины; подготовка к практическим занятиям; подготовка, оформление и защита расчётно-графического задания.

Для успешного выполнения всех разделов самостоятельной работы учащимся рекомендуется использовать следующее учебно-методическое обеспечение:

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.

Рекомендуемый график выполнения самостоятельной работы представлен в таблице 4.

***Общие рекомендации по организации самостоятельной работы:***

Время, которым располагает студент для выполнения учебного плана, складывается из двух составляющих: одна из них – это аудиторная работа в вузе по расписанию занятий, другая – внеаудиторная самостоятельная работа. Задания и материалы для самостоятельной работы выдаются во время учебных занятий по расписанию, на этих же занятиях преподаватель осуществляет контроль за самостоятельной работой, а также оказывает помощь студентам по правильной организации работы.

Правила оформления студенческих текстовых в РД 013-2016 «Текстовые студенческие работы. Правила оформления» ([https://knastu.ru/media/files/page\\_files/page\\_425/omk/rd/RD\\_013-16\\_izm.1.pdf](https://knastu.ru/media/files/page_files/page_425/omk/rd/RD_013-16_izm.1.pdf)).

Чтобы выполнить весь объем самостоятельной работы, необходимо заниматься по 3-5 часов в неделю. Начинать самостоятельные внеаудиторные занятия следует с первых же дней семестра. Первые дни семестра очень важны для того, чтобы включиться в работу, установить определенный порядок, равномерный ритм на весь семестр. Ритм в работе – это ежедневные самостоятельные занятия, желательно в одни и те же часы, при целесообразном чередовании занятий с перерывами для отдыха.

При выполнении самостоятельной работы необходимо перед практическим занятием выполнить обзор и анализ литературы и источников из интернет по теме занятия и текущего раздела работы, определить вопросы к преподавателю.

Важно выполнять, закреплять и оформлять рассмотренные на практическом занятии вопросы и разделы самостоятельной работы, а также рекомендации преподавателя непосредственно после занятия (в течение 1-2 дней). В этом случае исключается забывание информации. На последней стадии работы (в конце семестра) следует выполнить анализ разделов самостоятельной работы, скорректировать их и сделать выводы.

Следует правильно организовать свои занятия по времени: 50 минут – работа, 5-10 минут – перерыв; после 3 часов работы перерыв – 20-25 минут. Иначе нарастающее утомление повлечет неустойчивость внимания. Очень существенным фактором, влияющим на повышение умственной работоспособности, являются систематические занятия физической культурой. Организация активного отдыха предусматривает чередование умственной и физической деятельности, что полностью восстанавливает работоспособность человека.

Таблица 4 – Рекомендуемый график выполнения самостоятельной работы студентов в 7 семестре

Вид самостоятельной работы	Часов в неделю																					Итого по видам работ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
Изучение теоретических разделов дисциплины	2	2	2	3	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	45
Подготовка к практическим занятиям	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	19
Подготовка, оформление и защита РГР	1	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	1	30
<b>ИТОГО в 7 семестре</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>94</b>

**7 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля  
и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)**

Таблица 5 – Паспорт фонда оценочных средств

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства	Показатели оценки
Разделы 1 – 3	З1(ПК-2-2)	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>
Разделы 1 – 3	У1(ПК-2-2), Н1(ПК-2-2)	Практические занятия	<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 1 – 3	У1(ПК-2-2), Н1(ПК-2-2)	Расчётно-графическая работа	<ul style="list-style-type: none"> <li>- понимание методики и умение ее правильно применить;</li> <li>- качество оформления (аккуратность, логичность, для чертежно-графических работ - соответствие требованиям единой системы конструкторской документации);</li> <li>- достаточность пояснений.</li> </ul>

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета.

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, представлены в виде технологической карты дисциплины (таблица 6).

Таблица 6 – Технологическая карта

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
<i>Промежуточная аттестация в форме зачета</i>				
1	Собеседование (5 вопросов)	В течение семестра	5 баллов	5 баллов – студент правильно ответил на все вопросы; показал отличные знания в рамках усвоенного учебного материала; 4 балла – студент ответил на все вопросы с неточностями; показал хорошие знания в рамках усвоенного учебного материала; 3 балла – студент ответил на вопросы с существенными неточностями или не ответил на один вопрос; показал удовлетворительные знания в рамках усвоенного учебного материала; 2 балла – студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний, не ответил на два вопроса; 0 баллов – студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний и не ответил на три вопроса.
2	Практическая работа № 1	В течение семестра	5 баллов	5 баллов – студент правильно выполнил задание; показал отличное владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала;
3	Практическая работа № 2	В течение семестра	5 баллов	4 балла – студент выполнил задание с небольшими неточностями; показал хорошие владения навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала;
4	Практическая работа № 3	В течение семестра	5 баллов	3 балла – студент выполнил задание с существенными неточностями; показал удовлетворительное владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала;
5	Практическая работа № 4	В течение семестра	5 баллов	2 балла – при выполнении задания

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
				студент продемонстрировал недостаточный уровень владения умениями и навыками при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала; 0 баллов – задание не выполнено.
6	Расчётно-графическая работа	В течение семестра	75 баллов	75 баллов - студент полностью выполнил задание РГР, показал отличные знания и умения в рамках усвоенного учебного материала, РГР оформлена аккуратно и в соответствии с предъявляемыми требованиями; 60 баллов - студент выполнил основные разделы РГР, показал хорошие знания и умения, но не смог в полной мере проявить навыки при её решении, есть недостатки в оформлении работы; 30 баллов - студент выполнил РГР частично, не смог проявить навыки моделирования, допустил существенные неточности или ошибки в работе, не смог сделать выводы по работе, есть недостатки в оформлении работы; 0 баллов - студент не выполнил основные разделы РГР, не способен пояснить выполненные разделы и полученный результат.
ИТОГО:		-	100 баллов	-
<b>Критерии оценки результатов обучения по дисциплине:</b> Пороговый (минимальный) уровень для аттестации в форме зачета – 75 баллов.				

### Задания для текущего контроля

#### 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. Точки коллокаций – это...?
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.

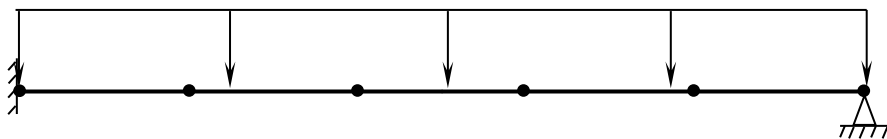
9. Что собой представляют двумерные краевые задачи?
10. Что такое ортогональная сетка? Как ее можно наложить на двумерную область?
11. Для решения различных задач инженерных конструкций в настоящее время широко применяется метод конечных элементов (МКЭ). Чем это объясняется?
12. При решении задач по 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?

### Задачи практических занятий

*Практическая работа № 1.* Определение НДС балки методом коллокаций.

*Задача.* Решить методом коллокаций задачу об изгибе призматической балки, нагруженной равномерно распределенной нагрузкой.

Исходные данные:  $l$  – 1 м, длина балки; поперечное сечение – квадрат,  $0.05 \times 0.05$  м;  $E$  –  $2.1 \times 10^{11}$  н/м<sup>2</sup>, модуль упругости;  $Q$  – 100 Н, нагрузка; граничные условия – левый торец: жесткая заделка, правый: свободное опирание.



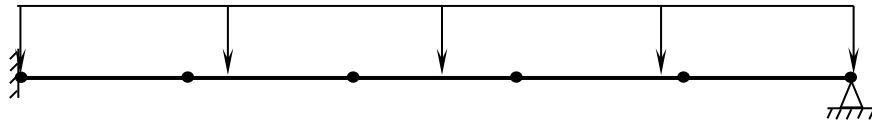
Условие:

- разбить балку на 5 равных по длине элементов;
- построить упругую линию балки, эпюры моментов и перерезывающих сил.

*Практическая работа № 2.* Определение НДС балки методом конечных разностей.

*Задача.* Решить методом сеток задачу об изгибе призматической балки, нагруженной равномерно распределенной нагрузкой, один конец которой жестко зашпелен, а другой свободен.

Исходные данные:  $l$  – 1 м, длина балки; поперечное сечение – квадрат,  $0.05 \times 0.05$  м;  $E$  –  $2.1 \times 10^{11}$  н/м<sup>2</sup>, модуль упругости;  $Q$  – 100 Н, нагрузка; граничные условия – левый торец: жесткая заделка, правый: свободное опирание.

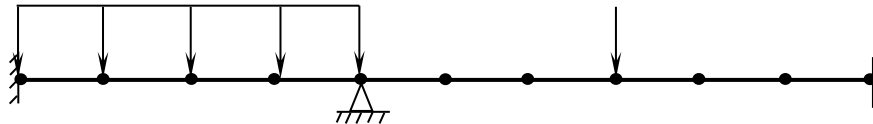


Условие:

- 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.

*Практическая работа № 3.* Построение упругой линии балки, эпюры моментов и перерезывающих сил с использованием интерполяции Лагранжа.

*Задача.* Исходные данные:  $l$  – 1.2 м, длина балки; поперечное сечение – квадрат,  $0.05 \times 0.05$  м;  $E$  –  $2.1 \times 10^{11}$  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.

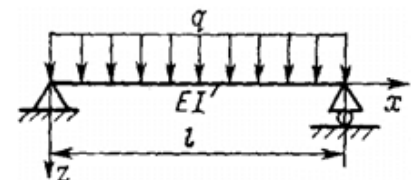


Условие:

- разбить балку на 10 равных по длине элементов;
- построить упругую линию балки, эпюры моментов и перерезывающих сил с использованием интерполяции Лагранжа.

*Практическая работа № 4.* Метод Ритца.

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



### Расчетно-графическая работа (РГР)

Задание для РГР с указанием варианта выдает преподаватель.

**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


### **Контрольные вопросы для защиты РГР**

1. Какие методы могут применяться для решения краевых задач?
2. Изложите основное содержание метода коллокаций.
3. Изложите основное содержание метода сеток.
4. Поясните содержание интерполяционных формул.
5. Что такое левые, центральные и правые производные?
6. Запишите граничные условия для балки с жесткими заделками на концах в конечно-разностном виде.
7. Из каких соображений выбирают шаг сетки в методе конечных разностей?
8. Назовите основные операции КЭ.
9. Дать понятие и объяснить применение МИ.
10. Объясните физический смысл коэффициентов МЖ и МУ.

11. Запишите в матричном виде уравнение равновесия для КЭ и поясните его составляющие.
12. Поясните, что такое погрешность дискретизации, погрешность округления и суммарная погрешность в методе конечных элементов.
13. От каких факторов зависит погрешность дискретизации?
14. Назовите три основных источника погрешностей при решении задач на ЭВМ, их природу и способы уменьшения.

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

### **8.1 Основная литература**

1. Волков, Е. А. Численные методы : учеб. пособие / Е. А. Волков. – 3-е изд., испр. – СПб. : Лань, 2004. – 249 с.
2. 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.
3. 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. 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.
2. 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.
3. 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: 16.06.2022). – Режим доступа: по подписке.
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: 16.06.2022). – Режим доступа: по подписке.
5. Панюкова, Т. А. Численные методы : учеб. пособие для вузов / Т. А. Панюкова. – М. : Либроком, 2013. – 224 с.
6. Постнов, В. А. Численные методы расчёта судовых конструкций / В. А. Постнов. – Ленинград : Судостроение, 1977. – 280 с.

### **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 № 118 эбс ИКЗ 221272700076927030100100090026311244 от 14 марта 2022 г. (с 17 апреля 2022 г. по 16 апреля 2023 г.).

2. Цифровой образовательный ресурс IPRsmart. Лицензионный договор № ЕП44/9 (неисключительная лицензия) ИКЗ 221272700076927030100100090016311244 от 14 марта 2022 г. (с 27 марта 2022 г. по 27 марта 2023 г.).

3. Электронно-библиотечная система eLIBRARY.RU (периодические издания). Договор № ЕП44/12 на оказание услуг доступа к электронным изданиям ИКЗ 221272700076927030100100090036311244 от 14 марта 2022 г. (с 14 марта 2022 г. до 14 марта 2031 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: 16.06.2022).

### **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**

Практические работы представляют одну из форм освоения теоретического материала с одновременным формированием практических навыков в изучаемой дисциплине. Их назначение – углубление проработки теоретического материала, формирование практических навыков путем регулярной и планомерной самостоятельной работы студентов на протяжении всего курса. Процесс подготовки к практическим работам включает изучение нормативных документов, обязательной и дополнительной литературы по рассматриваемому вопросу. Непосредственное проведение практических работ пред-

полагает изучение теоретического материала по теме практической работы (по вопросам изучаемой темы), выполнение необходимых расчетов, оформление отчета с заполнением необходимых таблиц, построением графиков, подготовкой выводов по проделанным расчетам; по каждой практической работе проводится контроль: проверяется содержание отчета, проверяется усвоение теоретического материала. Контроль усвоения теоретического материала является индивидуальным.

### **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**

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 Другие 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 производится 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.

