

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

Кафедра «Строительство и архитектура»

УТВЕРЖДАЮ  
Первый проректор  
  
И.В. Макурин  
15» 2018г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

**дисциплины «Расчёт строительных конструкций  
методом конечных элементов»**

основной профессиональной образовательной программы  
подготовки специалистов  
по специальности 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и  
сооружений»  
специализация «Строительство высотных и большепролетных зданий и  
сооружений»

Форма обучения


очная

Технология обучения

традиционная

Комсомольск-на-Амуре 2018

Автор рабочей программы  
доцент, к.т.н.

  
Ю.Н. Чудинов  
« 08 » 02 2017 г.

## СОГЛАСОВАНО

Директор библиотеки

  
И.А. Романовская  
« 08 » 02 2017 г.

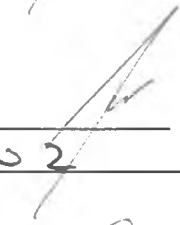
Руководитель образовательной  
программы «Строительство  
уникальных зданий и сооружений»

  
Ю.Н. Чудинов  
« 08 » 02 2017 г.


Заведующий выпускающей кафедрой  
«Строительство и архитектура»

  
Е.О. Сысоев  
« 10 » 02 2017 г.

Декан факультета кадастра и  
строительства

  
О.Е. Сысоев  
« 10 » 02 2017 г.

Начальник учебно-методического  
управления

  
Е.Е. Поздеева  
« 15 » 02 2017 г.

## Введение

Рабочая программа дисциплины «Расчёт строительных конструкций методом конечных элементов» составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 1030 от 11.08.2016, и основной образовательной программы подготовки специалистов по специальности 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений».

## 1 Аннотация дисциплины

Наименование дисциплины	Расчёт строительных конструкций методом конечных элементов						
Цели дисциплины	Формирование знаний, умений и навыков в области метода конечных элементов, позволяющих эффективно и надежно решать прикладные задачи расчета строительных конструкций						
Задачи дисциплины	- изучение теоретических основ метода конечных элементов и алгоритмов реализации метода конечных элементов при расчете строительных конструкций; - формирование у студентов умений и навыков применения метода конечных элементов, позволяющих эффективно и надежно решать прикладные задачи расчета строительных конструкций - выработка у студентов умения анализировать результаты выполненных расчетов, находить возможные ошибки и исправлять их.						
Основные разделы дисциплины	1. Основные теоретические положения метода конечных элементов 2. Расчет стержневых систем методом конечных элементов 3. Расчет методом конечных элементов пластин и оболочек						
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			
8	34	-	17	21	-	108	
ИТОГО:		34	-	17	21	-	108

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

Дисциплина «Расчёт строительных конструкций методом конечных элементов» 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>ОПК-6</b> использованием основных законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применением методов математического анализа и математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования	<b>З1 (ОПК-6-8)</b> Знание основных теоретических положений метода конечных элементов	<b>У1 (ОПК-6-8)</b> Умение выполнять расчеты строительных конструкций с помощью ручного счета и специализированных программных комплексов на основе метода конечных элементов	<b>Н1 (ОПК-6-8)</b> Навыки расчета строительных конструкций методом конечных элементов в ПК Лири-САПР, ПК STARK ES, программе MathCAD
<b>ПСК-1.4</b> владением основными вероятностными методами строительной механики и теории надежности строительных конструкций, необходимыми для проектирования и расчета высотных и большепролетных зданий и сооружений	<b>З1(ПСК-1.4-2)</b> Знание методов проведения теоретических исследований с использованием средств вычислительной техники	<b>У1(ПСК-1.4-2)</b> Умение выполнять расчеты высотных зданий и большепролетных сооружений с применением прикладного математического обеспечения САПР	<b>Н1(ПСК-1.4-2)</b> Навыки выполнения численных расчетов высотных зданий и большепролетных сооружений с помощью САПР-систем, а также навыки анализа корректности, достоверности и точности получаемых решений

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

Дисциплина «Расчёт строительных конструкций методом конечных элементов» изучается на 4 курсе в 8 семестре.

Дисциплина входит в состав блока «Дисциплины (модули)» и относится к обязательным дисциплинам вариативной части.

Для освоения дисциплины необходимы знания, умения и навыки, сформированные при изучении дисциплин «Сопротивление материалов» (3 и 4 семестры) и «Строительная механика» (5 и 6 семестры), «Теория упругости с основами пластичности и ползучести» (5 семестр). «Вероятностные методы строительной механики и теория надежности

строительных конструкций» (7 семестр).

Дисциплина «Расчёт строительных конструкций методом конечных элементов» является основой для успешного освоения дисциплин «Динамика и устойчивость сооружений» (9 семестр), «Нелинейные задачи строительной механики» (9 семестр) и прохождения государственной итоговой аттестации.

Входной контроль для дисциплины «Расчёт строительных конструкций методом конечных элементов» проводится в виде тестирования. Тестовые вопросы представлены в приложении 2.

#### **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

Объем дисциплины	Всего академических часов
	Очная форма обучения
Общая трудоемкость дисциплины	108
<b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий), всего</b>	51
В том числе:	
<b>занятия лекционного типа</b> (лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации педагогическими работниками)	34
<b>занятия семинарского типа</b> (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия)	17
<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	21
Промежуточная аттестация обучающихся	-

**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	Трудоёмкость, ч	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
8 семестр					
<b>Раздел 1 Основные теоретические положения метода конечных элементов</b>					
Основы метода конечных элементов (МКЭ). Формы МКЭ. Основное уравнение МКЭ. Матрица жесткости. Аппроксимация перемещений по области конечного элемента. Системы координат. Объединение перемещений. Вектор внешних узловых сил. Граничные условия. Общий алгоритм статического расчета МКЭ. Ошибки метода конечных элементов.	Лекция	8	Интерактивная (презентация)	ОПК-6 ПСК-1.4	31(ОПК-6-8) 31(ПСК-1.4-2)
Лабораторная работа 1 «Аппроксимация перемещений по области конечного элемента».	Лабораторная работа	2	Интерактивная (презентация)	ОПК-6	31(ОПК-6-8) У1 (ОПК-6-8) Н1 (ОПК-6-8)
Лабораторная работа 2 «Формирование матрицы жесткости конечного элемента в программе MathCAD».	Лабораторная работа	2	Интерактивная (презентация)	ОПК-6	31(ОПК-6-8) У1 (ОПК-6-8) Н1 (ОПК-6-8)
Текущий контроль по разделу 1			Собеседование	ОПК-6	31(ОПК-6-8) У1 (ОПК-6-8) Н1 (ОПК-6-8) 31(ПСК-1.4-2)
<b>Раздел 2 Расчет стержневых систем методом конечных элементов</b>					
Статический расчёт стержневых систем методом конечных элементов. Основные этапы МКЭ расчета. Дискретизация конструкции. Основные типы конечных элементов (КЭ). Аппроксимация	Лекция	16	Интерактивная (презентация)	ОПК-6 ПСК-1.4	31(ОПК-6-8) 31(ПСК-1.4-2)

<p>перемещений по области стержневого конечного элемента. Матрица жесткости КЭ с шестью степенями свободы в узле. Системы координат. Матрица направляющих косинусов. Формирование глобальной матрицы жесткости. Учет граничных условий. Объединение перемещений. Формирование вектора узловых сил. Методы решение основного уравнения МКЭ. Расчет устойчивости стержневых систем МКЭ. Динамический расчёт стержневых систем методом конечных элементов. Виды динамического воздействия на строительные сооружения. Уравнение движения и свободные колебания системы с одной степенью свободы. Матрица масс стержневого конечного элемента. Анализ частот и мод свободных колебаний стержневых конструкций. Расчет баки на упругом основании МКЭ.</p>					
Лабораторная работа 3 «Статический расчет фермы МКЭ в программе MathCAD»	Лабораторная работа	2	Интерактивная (презентация)	ОПК-6 ПСК-1.4	31(ОПК-6-8) У1 (ОПК-6-8) Н1 (ОПК-6-8) 31(ПСК-1.4-2) У1(ПСК-1.4-2) Н1(ПСК-1.4-2)
Лабораторная работа 4 «Статический расчет балки МКЭ в ПК ЛираСАПР»	Лабораторная работа	2	Интерактивная (презентация)	ОПК-6 ПСК-1.4	31(ОПК-6-8) У1 (ОПК-6-8) Н1 (ОПК-6-8) 31(ПСК-1.4-2) У1(ПСК-1.4-2) Н1(ПСК-1.4-2)
Лабораторная работа 5 «Статический расчет балки МКЭ в ПК STARK ES»	Лабораторная работа	2	Интерактивная (презентация)	ОПК-6 ПСК-1.4	31(ОПК-6-8) У1 (ОПК-6-8) Н1 (ОПК-6-8) 31(ПСК-1.4-2) У1(ПСК-1.4-2) Н1(ПСК-1.4-2)
Лабораторная работа 6 «Динамический расчет балки МКЭ. Аналитический расчет. Расчет в ПК ЛираСАПР и ПК STARK ES»	Лабораторная работа	3	Интерактивная (презентация)	ОПК-6 ПСК-1.4	31(ОПК-6-8) У1 (ОПК-6-8) Н1 (ОПК-6-8) 31(ПСК-1.4-2) У1(ПСК-1.4-2) Н1(ПСК-1.4-2)

Текущий контроль по разделу 2			Выполнение и защита лабораторных работ	ОПК-6 ПСК-1.4	31(ОПК-6-8) У1 (ОПК-6-8) Н1 (ОПК-6-8) 31(ПСК-1.4-2) У1(ПСК-1.4-2) Н1(ПСК-1.4-2)
<b>Раздел 3 Расчет методом конечных элементов пластин и оболочек</b>					
Статический расчет методом конечных элементов пластин и оболочек. Идея метода конечных элементов для расчёта пластин. Типы конечных элементов Матрица жесткости плоского четырехугольного КЭ. Аппроксимация перемещений по области КЭ. Учет граничных условий. Объединение перемещений. Формирование вектора узловых сил. Решение системы уравнений МКЭ. Анализ результатов расчета. Динамический расчет пластин и оболочек. Матрица масс стержневого конечного элемента. Анализ частот и мод свободных колебаний пластин и оболочек	Лекция	10	Интерактивная (презентация)	ОПК-6 ПСК-1.4	31(ОПК-6-8) 32(ПСК-1.4-2)
Лабораторная работа 7 «Статический расчет пластины МКЭ»	Лабораторная работа	2	Интерактивная (презентация)	ОПК-6 ПСК-1.4	31(ОПК-6-8) У1 (ОПК-6-8) Н1 (ОПК-6-8) 31(ПСК-1.4-2) У1(ПСК-1.4-2) Н1(ПСК-1.4-2)
Лабораторная работа 7 «Динамический расчет пластины МКЭ»	Лабораторная работа	2	Интерактивная (презентация)	ОПК-6 ПСК-1.4	31(ОПК-6-8) У1 (ОПК-6-8) Н1 (ОПК-6-8) 31(ПСК-1.4-2) У1(ПСК-1.4-2) Н1(ПСК-1.4-2)
Текущий контроль по разделу 3			Выполнение и защита лабораторных работ. Выполнение и защита расчетно-графической работы	ОПК-6 ПСК-1.4	31(ОПК-6-8) У1 (ОПК-6-8) Н1 (ОПК-6-8) 31(ПСК-1.4-2) У1(ПСК-1.4-2) Н1(ПСК-1.4-2)
<b>ИТОГО ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b>	Лекции	34		ОПК-6 ПСК-1.4	31(ОПК-6-8) 31(ПСК-1.4-2)



	Лабораторные занятия	17		ОПК-6 ПСК-1.4	31(ОПК-6-8) У1 (ОПК-6-8) Н1 (ОПК-6-8) 31(ПСК-1.4-2) У1(ПСК-1.4-2) Н1(ПСК-1.4-2)
	Самостоятельная работа обучающихся	21	Подготовка к лабораторным занятиям, изучение теоретических разделов дисциплины, выполнение РГР	ОПК-6 ПСК-1.4	31(ОПК-6-8) У1 (ОПК-6-8) Н1 (ОПК-6-8) 31(ПСК-1.4-2) У1(ПСК-1.4-2) Н1(ПСК-1.4-2)
<b>Промежуточная аттестация по дисциплине</b>		-	Зачет с оценкой	ОПК-6 ПСК-1.4	31(ОПК-6-8) У1 (ОПК-6-8) Н1 (ОПК-6-8) 31(ПСК-1.4-2) У1(ПСК-1.4-2) Н1(ПСК-1.4-2)

## **6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)**

Самостоятельная работа обучающихся, осваивающих дисциплину «Расчёт строительных конструкций методом конечных элементов», состоит из следующих компонентов: изучение теоретических разделов дисциплины; подготовка к лабораторным занятиям; подготовка, оформление и защита расчётно-графической работы.

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

1. Лебедев А.В. Численные методы расчета строительных конструкций [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.В. Лебедев. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2012. — 55 с. — 978-5-9227-0338-3. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/19055.html>

2. Расчет строительных стержневых конструкций в ПК «ЛИРА-САПР 2011» : учеб. пособие / Ю. Н. Чудинов. – Комсомольск-на-Амуре : ФБГОУ ВПО «КнАГТУ», 2013. – 88 с.

1. «Компьютерное моделирование в задачах строительной механики» Издатель: Издательство АСВ Автор: Городецкий А.С., Барабаш М.С., Сидоров В.Н. ISBN: 978-5-4323-0188-8 Кол-во страниц: 338 Год издания: 2016

Также при выполнении самостоятельной работы можно воспользоваться методическими материалами, которые находятся в установочном комплекте любой версии ПК Лира-САПР (учебной, демонстрационной или свободно распространяемой):

- файлы документации по ПК Лира-САПР (учебное пособие с обучающими примерами);

- файлы примеров по ПК Лира-САПР (файлы обучающих примеров в исходном формате \*.lir).

**Перечень обучающих примеров расчетов с помощью ПК Лира-САПР, выполнение которых пошагово расписано в учебном пособии:**

Пример 1. Расчет плоской рамы

Пример 2. Расчет плиты

Пример 3. Расчет рамы промышленного здания

Пример 4. Расчет пространственного каркаса здания с фундаментной плитой на упругом основании

Пример 5. Расчет металлической башни

Пример 6. Расчет цилиндрического резервуара

Пример 7. Нелинейный расчет двухпролетной балки с учетом ползучести бетона

Пример 8. Расчет мачты в геометрически нелинейной постановке

Пример 9. Расчет конструкции на грунтовом основании с применением системы ГРУНТ

Пример 10. Расчет шпунта усиленного анкерами совместно с грунтовым массивом котлована (применение нелинейных элементов грунта, моделирование предварительного натяжения анкеров, моделирование процесса экскавации котлована)

Пример 11\_М. Расчет конструкций с изменением жесткости грунтового основания (использование новой системы МЕТЕОР)

Пример 12. Расчет стального каркаса здания с подготовкой информации для системы КМ-САПР

Пример 12\_М. Расчет узла металлической фермы из круглых профилей

Пример 16. Технология расчета на устойчивость к прогрессирующему обрушению

Пример 17. Технология использования системы ГРУНТ для создания плоского и трехмерного грунтовых массивов

Пример 20. Расчет многоэтажного здания с безригельным каркасом и проектирование монолитной плиты при помощи систем САПФИР-КОНСТРУКЦИИ и САПФИР-ЖБК

Пример 21. Расчет пространственного каркаса здания при различных вариантах конструирования железобетонных конструкций

Пример 22. Расчет конструкции на свайном основании с вычислением жесткости свай при помощи системы ГРУНТ (использование новых КЭ 57)

В данном учебном пособии также приведено описание ленточного интерфейса и Книги отчетов.

График выполнения самостоятельной работы представлен в таблице 4.

## **Общие рекомендации по организации самостоятельной работы**

Общие рекомендации по организации самостоятельной работы:

Самостоятельная работа выполняется вне расписания учебных занятий, проводится параллельно и во взаимодействии с аудиторной работой по дисциплине и предполагает использование современных информационно-компьютерных образовательных технологий.

Задания и материалы для самостоятельной работы выдаются преподавателем во время аудиторных занятий согласно учебному расписанию. На аудиторных занятиях преподаватель также осуществляет контроль за ритмичностью и своевременностью выполнения компонентов самостоятельной работы, а также знаниями, умениями и навыками, приобретаемыми обучающимися в процессе выполнения самостоятельной работы, оказывает помощь студентам в правильной организации работы.

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

Начинать работу следует со средних по трудности заданий, затем перейти к выполнению сложных заданий, и, наконец, закончить выполнением простых работ, требующих небольших интеллектуальных усилий.

Следует правильно организовать свои занятия по времени: 50 минут – работа, 5-10 минут – перерыв; после трех часов работы – перерыв 20 – 25 минут. В противном случае нарастающее утомление повлечет неустойчивость внимания. Существенным фактором, влияющим на повышение умственной работоспособности, являются систематические занятия физкультурой. Организация активного отдыха предусматривает чередование умственной и физической активности, что полностью восстанавливает работоспособность человека.

Расчетно-графическая работа (РГР) предназначена для закрепления теоретических знаний и приобретения студентами лабораторных навыков расчетов строительных конструкций методом конечных элементов с помощью САПР-систем и ручного счета.

Таблица 4 - Рекомендуемый график выполнения самостоятельной работы студентов в 8 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	
Подготовка к лабораторным занятиям	-	-	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-	7
Изучение теоретических разделов дисциплины	-	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-		7
Подготовка, оформление и защита РГР	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1	1	-	-	7
<b>ИТОГО в 8 семестре</b>	-	-	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	-	<b>21</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
1. Основные теоретические положения метода конечных элементов	31(ОПК-6-8) 31(ПСК-1.4-2)	Собеседование	Демонстрирует теоретические знания основ метода конечных элементов и универсальных алгоритмов реализации метода конечных элементов при расчете строительных конструкций
2. Расчет стержневых систем методом конечных элементов	31(ОПК-6-8) У1 (ОПК-6-8) Н1 (ОПК-6-8) 31(ПСК-1.4-2) У1(ПСК-1.4-2) Н1(ПСК-1.4-2)	Выполнение и защита лабораторных работ	Демонстрирует знания, умения и навыки выполнения статических и динамических расчетов стержневых систем методом конечных элементов при действии различных внешних нагрузок
3. Расчет методом конечных элементов пластин и оболочек	31(ОПК-6-8) У1 (ОПК-6-8) Н1 (ОПК-6-8) 31(ПСК-1.4-2) У1(ПСК-1.4-2) Н1(ПСК-1.4-2)	Выполнение и защита лабораторных работ	Демонстрирует знания, умения и навыки выполнения статических и динамических расчетов пластин и оболочек методом конечных элементов при действии различных внешних нагрузок
	У1 (ОПК-6-8) Н1 (ОПК-6-8) У1(ПСК-1.4-2) Н1(ПСК-1.4-2)	РГР «Расчет балки методом конечных элементов»	Демонстрирует навыки и умения расчетов балок МКЭ с помощью ручного счета в программе MathCAD и с помощью ПК Лира-САПР и ПК SK TARK-ES
1. Основные теоретические положения метода конечных элементов 2. Расчет стержневых систем методом конечных элементов 3. Расчет методом конечных элементов пластин и оболочек	31(ОПК-6-8) У1 (ОПК-6-8) Н1 (ОПК-6-8) 31(ПСК-1.4-2) У1(ПСК-1.4-2) Н1(ПСК-1.4-2)	Коллоквиум. Выполнение практических задач.	Демонстрирует теоретические знания основ метода конечных элементов и универсальных алгоритмов реализации метода конечных элементов при расчете строительных конструкций, умения и навыки выполнения статических и динамических расчетов пластин и оболочек методом конечных элементов при действии различных внешних нагрузок

Промежуточная аттестация проводится в 8 семестре в форме зачета с оценкой.

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

Таблица 6 – Технологическая карта

Наименование оценочного средства	Сроки оценивания	Шкала оценивания	Критерии оценивания
<b>8 семестр</b> <b>Промежуточная аттестация в форме зачета с оценкой.</b>			
Собеседование	4 неделя	10 баллов	<p><i>10 баллов – студент показал отличные знания и кругозор при ответах на вопросы, показал отличное умение логически строить ответ, отлично владел монологической речью.</i></p> <p><i>8 балла – студент показал хорошие знания и кругозор при ответах на вопросы, показал хорошее умение логически строить ответ, хорошо владел монологической речью.</i></p> <p><i>6 балла – студент показал удовлетворительные знания и кругозор при ответах на вопросы, удовлетворительно показал умение логически строить ответ, удовлетворительно владел монологической речью.</i></p> <p><i>4 балла - студент показал неудовлетворительные знания и кругозор при ответах на вопросы, неудовлетворительно логически строил ответ, неудовлетворительно владел монологической речью.</i></p> <p><i>0 баллов – студент не отвечал на поставленные вопросы, не мог логически строить ответ.</i></p>
Выполнение и защита лабораторных работ	8 неделя	10 баллов	<p><i>10 баллов - 91-100% правильных ответов – высокий уровень знаний, умений и навыков;</i></p> <p><i>6 баллов - 71-90% % правильных ответов – достаточно высокий уровень знаний, умений и навыков;</i></p> <p><i>4 баллов - 61-70% правильных ответов – средний уровень знаний, умений и навыков;</i></p> <p><i>2 балла - 51-60% правильных ответов – низкий уровень знаний, умений и навыков;</i></p> <p><i>0 баллов - 0-50% правильных ответов – очень низкий уровень знаний, умений и навыков;</i></p>
Выполнение и	12 неделя	10 баллов	<p><i>10 баллов - 91-100% правильных ответов – высокий уровень знаний, умений и навыков;</i></p>

Наименование оценочного средства	Сроки оценивания	Шкала оценивания	Критерии оценивания
защита лабораторных работ			<p>6 баллов - 71-90% % правильных ответов – достаточно высокий уровень знаний, умений и навыков;</p> <p>4 баллов - 61-70% правильных ответов – средний уровень знаний, умений и навыков;</p> <p>2 балла - 51-60% правильных ответов – низкий уровень знаний, умений и навыков;</p> <p>0 баллов - 0-50% правильных ответов – очень низкий уровень знаний, умений и навыков;</p>
Расчетно-графическая работа	В течение семестра	40 баллов	<p>40 баллов - Студент полностью выполнил задание, показал отличные умения и навыки в рамках усвоенного учебного материала, контрольная работа оформлена аккуратно и в соответствии с предъявляемыми требованиями.</p> <p>30 баллов - Студент полностью выполнил задание, показал хорошие умения навыки в рамках усвоенного учебного материала, но не смог обосновать оптимальность предложенного решения, допущены одна или две неточности, есть недостатки в оформлении.</p> <p>20 баллов - Студент полностью выполнил задание, но допустил существенные неточности и грубые ошибки, не проявил умения правильно интерпретировать полученные результаты, качество оформления имеет недостаточный уровень.</p> <p>0 баллов - Студент не полностью выполнил задание, при этом проявил недостаточный уровень умений и навыков, а также не способен пояснить полученный результат.</p>
<b>Текущий контроль</b>		<b>70 баллов</b>	-
Коллоквиум		2 вопроса по 10 баллов	<p>Один вопрос:</p> <p>10 баллов – студент правильно ответил на теоретический вопрос билета. Показал отличные знания в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы.</p> <p>7 баллов – студент ответил на теоретический вопрос билета с небольшими неточностями. Показал хорошие знания в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов.</p> <p>4 балла – студент ответил на теоретический вопрос билета с существенными неточностями. Показал удовлетворительные знания в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</p>

Наименование оценочного средства	Сроки оценивания	Шкала оценивания	Критерии оценивания
			0 баллов – при ответе на теоретический вопрос билета студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов.
Практическая задача		1 задача по 10 баллов	<p>Одна задача:</p> <p>10 баллов – студент правильно выполнил практическое задание билета. Показал отличные умения и навыки в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы.</p> <p>7 баллов – студент выполнил практическое задание билета с небольшими неточностями. Показал хорошие умения и навыки в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов.</p> <p>3 балла – студент выполнил практическое задание билета с существенными неточностями. Показал удовлетворительные умения и навыки в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</p> <p>0 баллов – при выполнении практического задания билета студент продемонстрировал недостаточный уровень умений. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов.</p>
Итого		<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)



## Типовые задания для текущего контроля

### Собеседование

#### Раздел 1. Основные теоретические положения метода конечных элементов

1. Как производится дискретизация стержневой системы по МКЭ?
2. Сколько степеней свободы имеют узлы плоской шарнирно-стержневой системы?
3. Каким требованиям должен отвечать конечный элемент стержня?
4. Какие типы конечных элементов используются при расчете плоской стержневой системы?
5. Какие конечные элементы используются при расчете пластин, оболочек, массивных тел?
6. Что представляют собой местная и общая системы координат в МКЭ?
7. Для чего нужна матрица направляющих косинусов?
8. Каким образом получена матрица жесткости стержня в местной системе координат?
9. Что представляют собой элементы матрицы жесткости?
10. Как перевести матрицу жесткости стержня из местной системы координат в общую систему?
11. Как перевести матрицу жесткости стержня из общей в местную систему координат?
12. Что представляет собой вектор узловых нагрузок?
13. Каким образом учитываются опорные связи?
14. В каком порядке вычисляются внутренние усилия?
15. Какая нумерация узлов является оптимальной?
16. Перечислите основные этапы расчета по МКЭ.
17. Каким образом осуществляется проверка результатов расчета в МКЭ

#### **Выполнение и защита лабораторных работ**

#### Раздел 2.

#### Расчет стержневых систем методом конечных элементов

##### **Практические задания**

Выполнить статический расчет балочной фермы с параллельными поясами МКЭ в ПК Лира-САПР, ПК STARK ES и программе MathCAD на два варианта загрузки при шарнирном и жестком сопряжении элементов фермы.

Данные о геометрии фермы, нагрузках, действующих на раму выбираются из таблицы 7 по номеру варианта. Номер варианта представляет двухзначное число – последние две цифры шифра зачетной книжки (студенческого билета).

Таблица 7 – Исходные данные к заданию «Расчет плоской фермы»

Тип решетки фермы	Цифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Первая цифра варианта									
Вариант решетки фермы (рисунок 1)	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б
Размеры, нагрузки	Вторая цифра варианта									
Пролет фермы L (м)	12	18	24	12	18	24	12	18	24	12
Высота фермы H (м)	2	2.5	3	2.2	2.4	2.8	2.5	3	2.5	3
Сила P (кН)	38.4	45.1	35.6	30.7	54.8	43.2	29.8	51.9	33.6	47.4

Примечание. Размер панелей нижнего пояса для всех вариантов принимается одинаковым  $L_{пан} = 3$  м.

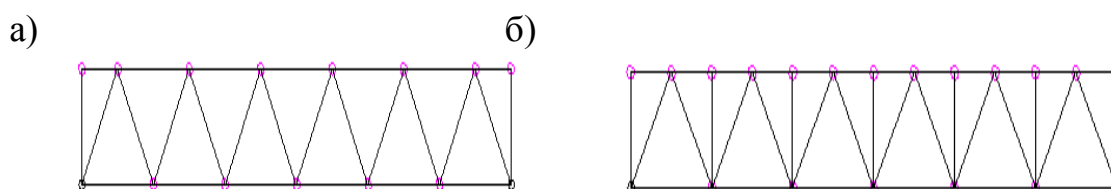


Рисунок 1 – варианты решеток ферм: а – без промежуточных стоек; б – с промежуточными стойками

### Раздел 3.

#### Расчет методом конечных элементов пластин и оболочек

#### Практические задания

Для железобетонной плиты (рисунок 2) требуется:

- 1) выполнить расчет плиты на статические нагрузки МКЭ для трех случаев загрузки;
- 2) вывести на экран деформированные схемы и изополя перемещений по направлению Z;
- 3) определить наибольшие значения прогибов пластины для всех слу-

чаев нагружения;

4) вывести на экран изополя погонных изгибающих моментов  $M_x$  и поперечных сил  $Q_x$ ;

5) определить наибольшие значения погонных изгибающих моментов  $M_x$  и поперечных сил  $Q_x$ ;

6) составить таблицу расчетных сочетаний усилий (PCY) и произвести расчет PCY;

7) для среднего элемента плиты просмотреть результаты PCY и определить, при каких сочетаниях усилий получены наибольшие значения  $M_x$  и  $Q_x$ ;

8) произвести аналитическую проверку полученных результатов.

Номера вариантов указаны в табл. 5.

Короткие стороны плиты оперты по всей длине. Длинные стороны плиты — свободны. Шаг сети КЭ — 0.5 м. Материал плиты — бетон В35.

Заданные нагрузки:

- загрузка 1 — собственный вес;
- загрузка 2 — сосредоточенные силы  $P$  и  $P_1$  приложенные к средним узлам плиты, параллельным короткой стороне, нагрузка  $P_1$  приложена к крайним узлам;
- загрузка 3 — сосредоточенные моменты  $M$  и  $M_1$ , приложенные к коротким сторонам плиты, сосредоточенный момент  $M_1$  приложен к крайним узлам

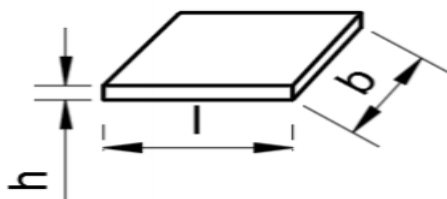


Рисунок 2 – Расчетная схема плиты

Таблица 8. Исходные данные к заданию «Статический расчет плиты МКЭ»

№ варианта	$l$ , м	$b$ , м	$h$ , м	$P$ , кН	$P_1$ , кН	$M$ , кН·м	$M_1$ , кН·м
1	8	3.5	0.2	9	4.5	10	5
2	6	3	0.15	8	4	16	8
3	7	4	0.2	12	6	8	4
4	9	4	0.3	13	6.5	6	3
5	5	3	0.15	15	7.5	8	4

### РГР «Расчет балки методом конечных элементов»

Выполнить статический расчет балки методом конечных элементов:

- а) с помощью ручного счета в программе MathCAD;
- б) с помощью ПК Лира-САПР;
- в) с ПК STARK ES.

Состав и порядок оформления РГР.

1. По двум последним цифрам зачетной книжки (студенческого билета)

- выбрать из методических указаний исходные данные (геометрия балки, граничные условия, нагрузки, характеристики материала) .
2. Для оформления РГР выполнить чертеж расчетной схемы балки в программе NanoCAD СПДС и с помощью виртуальной печати перевести ее в формат \*.pdf.
  3. Выполнить статический расчет балки МКЭ в программе MathCAD.
  4. Выполнить статический расчет балки МКЭ в ПК Лира-САПР».
  5. Выполнить статический расчет балки МКЭ в ПК STARK ES.
  6. Сравнить результаты расчетов, полученные в ПК Лира-САПР, ПК STARK ES и программе MathCAD. Если расхождение результатов превышает 5 процентов, найти ошибки и исправить их.
  7. Проанализировать полученные результаты (эпюры внутренних усилий, перемещения) на предмет корректности, используя правила строительной механики.
  8. Перенести результаты всех расчетов в программу MathCAD.
  9. Полный ход выполнения работы оформить в программе MathCAD и перевести его в формат \*.pdf.
  10. Объединить файлы \*.pdf хода выполнения работы и полученной ранее расчетной схемы балки.
  11. В папку с отчетом по РГР скопировать все расчетные и графические файлы из программ NanoCAD СПДС, ПК Лира-САПР, ПК STARK ES. MathCAD.

Наличие всех этих файлов является обязательным при защите РГР. Итоговый файл в формате \*.pdf, который впоследствии выставляется в личный кабинет студента, в первую очередь необходим для отчетности. Но этот файл является слабой копией проделанной студентом работой и не дает полной возможности оценить корректность выполненных расчетов, соответствие РГР номеру варианта, правильности выполнения чертежа расчетной схемы. Все свойства объектов (графических, математических и т.д.) могут быть доступны только в исходных оригинальных файлах.

### **Варианты исходных данных для РГР.**

Данные о геометрии и нагрузках действующих на балку (рисунок 3) выбираются из таблицы 7 по номеру варианта. Номер варианта представляет двухзначное число – последние две цифры шифра зачетной книжки (студенческого билета).

По первой цифре варианта принимаются данные о геометрии расчетной схемы (1-4 строки таблицы 9)

По второй цифре варианта принимаются значения нагрузок (5-6 строки таблицы 9).

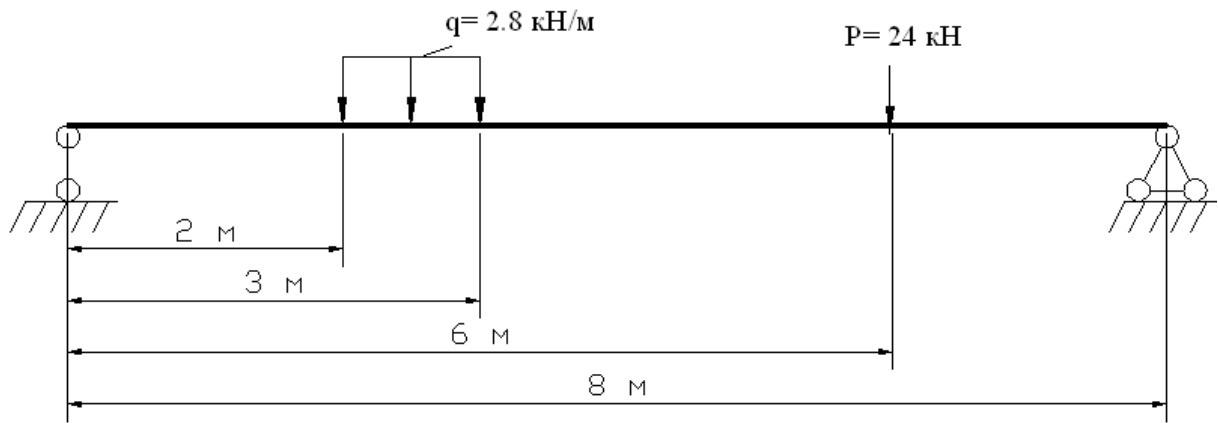


Рисунок 3 – Расчетная схема балки

Таблица 9 – Варианты заданий для РГР «Расчет балки методом конечных элементов»

	Геометрия	Цифра									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		Первая цифра варианта									
1	$L, \text{м}$	12	10	8	9	6	7	8	10	6	9
2	$a, \text{м}$	0	3	2	2	1	0	2	3	1	4
3	$b, \text{м}$	8	5	3	4	2	4	4	5	2	6
4	$c, \text{м}$	10	7	6	8	5	6	7	9	4	8
	Размеры, нагрузки	Вторая цифра варианта									
5	Распределенная нагрузка $q, \text{кН/м}$	2	2.5	3	2.2	2.4	2.8	2.5	3	2.5	3
6	Сосредоточенная сила, $\text{кН}$	12	18	24	12	18	24	12	18	24	12

## **Вопросы к коллоквиуму**

1. Перечислите основные современные численные методы расчета конструкций.
2. В чем суть (основная идея) метода конечных элементов?
3. Что такое дискретизация расчетной области конструкции при расчете МКЭ?
4. Перечислите основные шаги общего алгоритма статического расчета по МКЭ?
5. Конечные элементы, их типы. Степени свободы конечного элемента.
6. Конечно-элементная расчетная схема. Приведение нагрузки на систему к узловой.
7. Матрица жесткости конечного элемента. Ее структура. Связь между перемещениями узлов элемента и усилиями, действующими на них.
8. По каким формулам вычисляются элементы матрицы жесткости конечного элемента?
9. По каким формулам вычисляются элементы матрицы масс конечного элемента?
10. Метод разложения по собственным формам.
11. Преобразование матрицы жесткости конечного элемента при повороте координатных осей.
12. Объединение конечных элементов. Условие равновесия узлов в конечно-элементной схеме. Формирование системы разрешающих уравнений метода конечных элементов.
13. Формирование глобальной матрицы жесткости конечно-элементной схемы из матриц жесткости конечных элементов.
14. Определение внутренних усилий в стержневых конечных элементах после нахождения узловых перемещений в конечно-элементной схеме.
15. Учет связей и заданных узловых перемещений в системе разрешающих уравнений метода конечных элементов.
16. Общая процедура расчета стержневых систем методом конечных элементов в форме метода перемещений. Реализация алгоритма МКЭ в современных программных комплексах.
17. Препроцессор, процессор, постпроцессор, библиотеки конечных элементов.

## **Практические задачи.**

1. Статический расчет балки МКЭ.
2. Динамический расчет балки МКЭ.
3. Расчет стержня на устойчивость МКЭ.
4. Статический расчет пластины МКЭ.
5. Динамический расчет пластины МКЭ.

## **8 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

### **8.1 Основная литература**

1. Лебедев А.В. Численные методы расчета строительных конструкций [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.В. Лебедев. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2012. — 55 с. — 978-5-9227-0338-3. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/19055.html>
2. Строительная механика: метод конечных элементов : учеб. пособие / С.И. Трушин. — М. : ИНФРА-М, 2017. — 305 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс; режим доступа <http://www.znaniium.com>]
3. Расчет строительных стержневых конструкций в ПК «ЛИРА-САПР 2011» : учеб. пособие / Ю. Н. Чудинов. – Комсомольск-на-Амуре : ФБГОУ ВПО «КнАГТУ», 2013. – 88 с.
4. Денисов А.В. Автоматизированное проектирование строительных конструкций [Электронный ресурс] : учебно-практическое пособие / А.В. Денисов. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2015. — 160 с. — 978-5-7264-1073-9. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/57034.html>
5. Решение инженерных задач в пакете MathCAD [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю.Е. Воскобойников [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), ЭБС АСВ, 2013. — 121 с. — 978-5-7795-0641-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/68838.html>

### **8.2 Дополнительная литература**

1. «Компьютерное моделирование в задачах строительной механики» Издатель: Издательство АСВ Автор: Городецкий А.С., Барабаш М.С., Сидоров В.Н. ISBN: 978-5-4323-0188-8 Кол-во страниц: 338 Год издания: 2016
2. Расчет плоских ферм. Часть 1. Расчет фермы методом вырезания узлов. Расчет фермы в программе "Инженерный калькулятор": Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплинам "Практикум по компьютерной технике", "Теоретическая механика" для студентов направления 270100 «Строительство» всех форм обучения/Сост.: Ю.Н. Чудинов. – Комсомольск-на-Амуре: ФБГОУ ВПО "КнАГТУ", 2013. – 24 с.
3. Расчет плоских ферм. Расчет фермы в ПК «ЛИРА» : в 2 ч. Ч. 2 : методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплинам

«Практикум по компьютерной технике», «Теоретическая механика» для студентов направления 270100 «Строительство» всех форм обучения/ сост. Ю. Н. Чудинов. – Комсомольск-на-Амуре : ФБГОУ ВПО «КнАГТУ», 2013. – 32 с.

4. Статический расчет балок. Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплинам "Практикум по компьютерной технике", " Строительная механика. Спецкурс " для студентов направления 270100 «Строительство» всех форм обучения/Сост.: Ю.Н. Чудинов. – Комсомольск-на-Амуре: ФБГОУ ВПО "КнАГТУ", 2013. – 28 с.

5. Расчет плоских рам в ПК «ЛИРА» : методические указания к выполнению расчетно-графического задания по дисциплинам «Практикум по компьютерной технике», «Строительные конструкции. Спецкурс», «Строительная механика» / сост. Ю. Н. Чудинов. – Комсомольск-на-Амуре : ГОУВПО «КнАГТУ», 2013. – 28 с.

## **9 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее – сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

1. «Кодекс»: Сайт компании профессиональных справочных систем. Система Нормативно-Технической Информации «Кодекстехэксперт». Режим доступа (<http://www.cntd.ru>), свободный

2. КонсультантПлюс : Справочно-правовая система /Сайт компании справочной правовой системы «КонсультантПлюс». Режим доступа свободный.

3. Электронно-библиотечная система ZNANIUM.COM. Режим доступа ([www.znanium.com](http://www.znanium.com)), ограниченный.

4. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU. Электронный портал научной литературы. Режим доступа ([www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)).

5. Электронно-библиотечная система «IPRbooks». Электронный портал. Режим доступа (<http://www.iprbookshop.ru>).

6. «Лира-Сапр»: Сайт компании разработчика САПР для строительства ООО «Лира-САПР». База знаний. Режим доступа свободный. <https://help.liraland.ru/>

7. Материалы вебинара «Проектирование строительных конструкций с применением программ семейства ЛИРА-САПР 2015», 29 мая 2015 г. Организаторы – КнАГТУ (Комсомольск-на-Амуре) и ООО «Лира-САПР» (Киев), часть 1: <https://www.youtube.com/watch?v=7qj1K0RA-No>

8. Материалы вебинара «Проектирование строительных конструкций с применением программ семейства ЛИРА-САПР 2015», 29 мая 2015 г. Организаторы – КнАГТУ (Комсомольск-на-Амуре) и ООО «Лира-САПР» (Киев), часть 2: <https://www.youtube.com/watch?v=RRvpsxgvZsQ>



## 10 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Обучение дисциплине «Расчёт строительных конструкций методом конечных элементов» предполагает изучение курса на аудиторных занятиях и в ходе самостоятельной работы. Аудиторные занятия проводятся в форме лекций и лабораторных занятий. Самостоятельная работа включает: подготовку к лабораторным занятиям; изучение теоретических разделов дисциплины, выполнение расчётно-графической работы.

Таблица 10 - Методические указания к освоению дисциплины

Компонент учебного плана	Организация деятельности обучающихся
Самостоятельное изучение теоретических разделов дисциплины	В процессе самостоятельного изучения разделов дисциплины обучающиеся продолжают усвоение базовых теоретических сведений по основам метода конечных элементов и применения его для расчета строительных конструкций. Обучающимися составляются краткие конспекты изученного материала. В ходе работы студенты учатся выделять главное, самостоятельно делать обобщающие выводы. Каждый конспект должен содержать план, основную часть (структурированную в соответствии с основными вопросами темы) и заключение, содержащее собственные выводы студента.
Лекционные занятия	В процессе проведения лекционных занятий рекомендуется вести конспектирование учебного материала, обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации. Рекомендуется избегать дословного записывания информации за преподавателем, а самостоятельно делать краткие формулировки основных положений лекционного материала. Желательно оставлять 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. В ходе лекции студенты могут задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций. Перед началом каждой лекции рекомендуется прочесть материал предыдущего лекционного занятия с целью установления взаимосвязей нового учебного материала с усвоенным ранее для формирования целостного видения изучаемой дисциплины.
Лабораторные занятия	Лабораторные работы выполняются в специальном компьютерном классе. Перед выполнением работы студентам выдается методическое обеспечение в текстовом виде и указывается конкретный адрес папки на сервере \\initsrv\LabSAPR, где хранятся методические указания в электронном виде. Если по выполняемой работе на сервере (канале youtube.com) имеется видеоурок по выполнению задания, то также указывается место его хранения. Перед началом работы

	<p>преподаватель знакомит студентов с основными целями и задачами работы и демонстрирует с помощью проектора примерный алгоритм выполнения лабораторной работы. Затем студенты под контролем преподавателя, а также с помощью методических указаний и видеоуроков выполняют лабораторную работу в одной из программ - «MathCAD», «STARK ES», или «Лири-САПР». Окончательный отчет по лабораторной работе оформляется в программе «MathCAD» и параллельно этот отчет экспортируется в формат pdf. В папке студента, где хранится отчет (в форматах *.xmcd и *.pdf) по конкретной лабораторной работе студент также сохраняет файлы выполнения работы в исходных форматах (*.lir, *.fem, *.dwg)</p> <p>Для закрепления теоретического материала и особенно для закрепления навыков работы в САПР-программах студент должен повторить ход выполнения лабораторных работ дома. Также рекомендуется студентам применять навыки, полученные в рамках изучения дисциплины «Расчёт строительных конструкций методом конечных элементов» и для выполнения контрольных работ, РГР и т.п. по другим дисциплинам связанными с расчетами строительных конструкций.</p>
Расчётно-графическая работа	<p>Выполнение расчётно-графической работы предназначено для практического закрепления и расширения полученных теоретических знаний, дальнейшего развития лабораторных умений и навыков, что в свою очередь способствует более успешному формированию указанной компетенции.</p> <p>Данный вид работы рекомендуется выполнять постепенно в течение семестра по мере изучения материала дисциплины.</p> <p>В качестве вспомогательного материала для выполнения расчётных заданий студенты могут воспользоваться примерами решения типовых задач и видеоуроками на сервере лаборатории САПР (канале youtube.com). Исходные данные для расчётного задания, график выполнения, сроки сдачи и защиты каждым студентом согласуется с преподавателем, ведущим практические занятия.</p> <p>Работа оформляется в соответствии с требованиями, предъявляемыми к студенческим работам.</p>

### **11 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

С целью повышения качества ведения образовательной деятельности в университете создана электронная информационно-образовательная среда. Она подразумевает организацию взаимодействия между обучающимися и преподавателями через систему личных кабинетов студентов, расположенных на официальном сайте университета в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» по адресу <https://student.knastu.ru>.

Созданная информационно-образовательная среда позволяет осуществлять взаимодействие между участниками образовательного процесса посредством организации дистанционного консультирования по вопросам выполнения лабораторных заданий.

В образовательном процессе при изучении дисциплины «Расчёт строительных конструкций методом конечных элементов» используются следующее программное обеспечение.

1. ПК «ACADEMIK SET» (сетевая лицензия на 20 рабочих мест + 1 локальная лицензия для преподавателя в составе)

- программный комплекс "ЛИРА-САПР FULL" (со всеми специализированными расчетно-графическими системами)
- программный комплекс "МОНОМАХ-САПР PRO";
- программный комплекс "ЭСПРИ" (разделы "Математика для инженера", "Сечения", "Нагрузки и воздействия")
- Система архитектурного проектирования "САПФИР PRO"

ПК «ACADEMIK SET» используется в учебном процессе на основании соглашения о сотрудничестве между КнАГУ и ООО «Лира-Сервис» от 21 ноября 2016 г.

У студентов есть возможность установить ПК «САПФИР» и на личные домашние компьютеры. Компания-разработчик представляет два варианта использования лицензионного программного обеспечения

1. Установка свободно распространяемой рабочей версии ПК «ЛИРА-САПР 2013» (в состав которого входит ПК «САПФИР-2015»)

<http://www.liraland.ru/files/lira2013/>

2. Установка свободно распространяемой демонстрационной версии ПК «ЛИРА-САПР 2017» (в состав которого входит ПК «САПФИР-2017»)

<http://www.liraland.ru/files/>

Для облегчения процедуры установки программы Лира-САПР на личные ПК для студентов записан видеоурок по установке программы, хранящийся в папке \\initsrv\LabSAPR\ВИДЕО ПО УСТАНОВКЕ ПРОГРАММ\ЛИРА\_САПР УСТАНОВКА (файл - Установка ПК Лира САПР.mp4).

2. ПК «СТАРКОН» (сетевая лицензия на 10 рабочих мест + 1 локальная лицензия для преподавателя в составе):

- программный комплекс "STARK ES"
- программа "Металл" (расчет элементов стальных конструкций по прочности, устойчивости и гибкости по методикам СП 16.13330.2011);
- программа «Одиссей» (программа для обработки акселерограмм землетрясений и получения расчётных параметров сейсмических воздействий);
- программа «СпИн» (электронный справочник-калькулятор для проектировщиков и инженеров-строителей);

- программа «ПРУСК» (пакет программ для расчета и конструирования элементов и узлов строительных конструкций).

ПК «СТАРКОН» используется в учебном процессе на основании соглашения о сотрудничестве между КнАГУ и ООО «ЕВРОСОФТ» от 15 августа 2014 г.

У студентов есть также возможность установить на личные домашние компьютеры ознакомительную версию ПК СТАРКОН для некоммерческого использования. Дистрибутив ознакомительной версии можно скачать с сайта компании ООО «ЕВРОСОФТ» <http://www.eurosoft.ru/downloads/>.

С этого же ресурса компании ООО «ЕВРОСОФТ» можно также скачать методические (пособие, указания) и информационные (видеопрезентации) материалы по применению ПК «СТАРКОН» для расчета зданий и сооружений.

3. Программа «MathCAD14». Для закрепления навыков работы в программе MathCAD у студентов есть возможность установить личные домашние компьютеры демонстрационную свободно распространяемую версию программы <https://www.ptc.com/en/products/mathcad/free-trial>

## **12 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Для реализации программы дисциплины «Расчёт строительных конструкций методом конечных элементов» используется материально-техническое обеспечение, перечисленное в таблице 11.

Таблица 11 – Материально-техническое обеспечение дисциплины

Аудитория	Наименование аудитории (лаборатории)	Используемое оборудование	Назначение оборудования
202/5	Лаборатория кафедры САПР	13 Персональных ЭВМ (intel Core i3 2100, 4ГБ ОЗУ, 1ГБ Видео), лицензионное программное обеспечение (MathCAD, NanoCAD СПДС, NanoCAD Металлоконструкции, Лира-САПР, САПФИР, Мономах, ЭСПРИ, STARK ES, Гранд-Смета); 2 Персональных ЭВМ преподавателя; 2 Мультимедийных проектора;	Проведение лабораторных занятий

Сертификат подлинности на право использования ПК Академик Сет 2016

# СЕРТИФИКАТ ПОДЛИННОСТИ

Настоящий сертификат является документом, подтверждающим правомерное использование  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «КНАГТУ»)**

программных комплексов:  
**«Академик сет 2016»**

Далее — ПК

В рамках защиты авторских прав запрещается следующее:

- декомпиляция, дизассемблирование ПК;
- действия, направленные на устранение или снижение эффективности средств защиты авторских прав;
- продажа, передача ПК в пользование, прокат, аренду третьим лицам, как на возмездной, так и на безвозмездной основе;
- модификация, переработка, создание производных продуктов, удаление из ПК любых уведомлений и ссылок на его принадлежность.

Реализация права на ограниченное использование ПК обеспечивается ключом защиты.

ID ключа:	891384216
количество рабочих мест:	Одно
ID ключа:	892106971
количество рабочих мест:	Двадцать

ОСНОВАНИЕ:

Соглашение о сотрудничестве от 21.11.2016

Генеральный директор  
 ООО «Лира сервис»



В.Б.Рожественский

г. Москва 5 декабря 2016 г.

Тестовые вопросы для «входного» контроля знаний обучающихся по дисциплине «Расчёт строительных конструкций методом конечных элементов»

1. Основные элементы конструкций и сооружений: стержни, пластинки, оболочки.
2. Опоры плоских систем, их реакции. Виды нагрузок.
3. Классификация сооружений (статически определимые и неопределимые, распорные и безраспорные, плоские и пространственные, стержневые, тонкостенные, массивы).
4. Анализ геометрической неизменяемости плоских сооружений. Основные понятия и определения: системы изменяемые и неизменяемые, степень свободы, изменяемость системы, степень изменяемости системы.
5. Понятие о кинематических связях. Связи простые и сложные (кратные), кинематическая и статическая характеристика связей.
6. Определение числа степеней свободы, составленных из дисков (плоские системы).
7. Число степеней свободы систем, свободных и прикрепленных к земле.
8. Поперечный изгиб балок. Построение эпюр внутренних усилий.
9. Расчёт статически определимых плоских ферм.
10. Трёхшарнирные системы. Арки. Трёхшарнирная арка. Основные понятия. Основное отличие работы трёхшарнирной арки от простой балки.
11. Определение перемещений в балках.
12. Принцип виртуальных работ. Понятие о возможных перемещениях. Теорема о взаимности работ.
13. Потенциальная энергия деформации плоских систем, выраженная через работу внешних и внутренних силовых факторов.
14. Определение перемещений методом Мора. Интеграл Мора.
15. Вычисление интеграла Мора методом Верещагина.
16. Основные понятия теории упругости.
17. Напряжение в точке.
18. Связь функции напряжения с компонентами тензора напряжения.
19. Плоская деформация.
20. Плоское напряженное состояние.

