

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета \_\_\_\_\_ Гусев П.Ю.  
«31» августа 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины

«Системы конечно-элементного анализа конструкций»

Направление подготовки 09.03.02 Информационные системы и технологии

Профиль Информационные технологии в дизайне

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года / 4 года и 11 м.

Форма обучения очная / заочная


Год начала подготовки 2019

Автор программы



\_\_\_\_\_ / Норман А.В. /

Заведующий кафедрой  
Графики, конструирования и  
информационной  
технологии в  
промышленном дизайне



\_\_\_\_\_ / Кузовкин А.В. /

Руководитель ОПОП

\_\_\_\_\_ / Кузовкин А.В. /

Воронеж 2021

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1.1. Цели дисциплины

- изучение информационных технологий и методов инженерных расчетов деталей, узлов и различных конструкций;
- построение и расчет механико-математических моделей конструкций.

### 1.2. Задачи освоения дисциплины

- овладение важнейшими информационными методами решения науднотехнических задач;
- овладение основными алгоритмами математического моделирования механических явлений конструкций и отдельных деталей при инженерных расчетах.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Системы конечно-элементного анализа конструкций» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений (дисциплина по выбору) блока Б1.

## 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Системы конечно-элементного анализа конструкций» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-6 - Способен осуществлять работы по физическому моделированию и прототипированию объектов промышленного дизайна для различных прикладных отраслей

ПК-8 - Способен осуществлять контроль реализации эргономических требований при проектировании, изготовлении, испытаниях и доводке опытных образцов изделий и подготовке технической документации для серийного (массового) производства и внесение в нее необходимых изменений

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-6	знать правила физического моделирования и прототипирования объектов промышленного дизайна и расчет основных элементов конструкций при действии нагрузок
	уметь проводить проектировочный и проверочный расчеты различных деталей и конструкций
	владеть навыком выбора расчетных схем для различных конструкций объектов промышленного дизайна и методикой их расчета
ПК-8	знать правила расчета элементов конструкций при действии нагрузок произвольного типа
	уметь пользоваться возможностями современных компьютеров и информационных технологий при проектировании и изготовлении образцов изделий и подготовке технической документации
	владеть построением и исследованием математических, механических моделей конструкций с применением компьютерных технологий

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Системы конечно-элементного анализа конструкций» составляет 3 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий  
**очная форма обучения**

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		7
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	72	72
В том числе:		
Лекции	36	36
Лабораторные работы (ЛР)	36	36
<b>Самостоятельная работа</b>	36	36
Виды промежуточной аттестации - зачет	+	+
Общая трудоемкость: академические часы	108	108
зач.ед.	3	3

**заочная форма обучения**

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		9
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	28	28
В том числе:		
Лекции	12	12
Лабораторные работы (ЛР)	16	16
<b>Самостоятельная работа</b>	76	76
Часы на контроль	4	4
Виды промежуточной аттестации - зачет	+	+
Общая трудоемкость: академические часы	108	108
зач.ед.	3	3

#### 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1. Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

**очная форма обучения**

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Основные понятия механики. Классификация задач решаемых с применением МКЭ	Основные понятия: механика и ее составные части; задачи вычислительной механики; классификация разделов механики сплошной среды (статические, динамические, линейные, нелинейные); методы пространственной дискретизации; метод конечноэлементного анализа,	6	10	6	22

		физическая и математическая модели МКЭ, уточнение дискретной модели. МКЭ.				
2	Основные понятия МКЭ	Терминологии: вектор состояния, матрица жесткости, основные уравнения МКЭ; основные шаги МКЭ, идеализация, дискретизация и решение; явное и безусловное моделирование; ошибки и аппроксимация; общая схема алгоритма МКЭ. Понятие о конечных элементах. Атрибуты элемента, классификация КЭ, ансамблирование, граничные условия. Конечноэлементные модели.	6	-	6	12
3	Использование МКЭ при инженерном анализе деталей и конструкций инженерных сооружений	Разбиение на КЭ твердотельных САД моделей; основные принципы, общие замечания, контакт и соответствие КЭ-сети между деталями; параметры настройки КЭ-сети модели (тип сети, размер элемента, значение по умолчанию, разбиение модели на КЭ, управление повторения КЭ-разбиения, управление формой элемента, размер сети выбор типа сети). Контактные пары. Типы контакта: по умолчанию, тела, силовое соединение, сварка, свободный контакт, поверхностный контакт. Типы анализа. Линейный (статические напряжения с линейными моделями материалов, критическая нагрузка устойчивости). Нелинейный (нелинейное конструктивное моделирование механических событий, методы определения сил, схема моделирования событий, совместимость моделей), поток жидкости (основное понятие), электростатический (основное понятие), массопередача (основное понятие), анализ усталости; назначение граничных условий и симметрия модели; мультифизика (требования для сетей различных моделей).	6	10	6	22
4	Информационные методы используемые при расчетах зубчатых передач	Геометрические параметры зубчатых колес. Прямозубые и косозубые зубчатые передачи. Конические зубчатые передачи. Червячные передачи. Прочностной расчет зуба. Виды разрушений зубьев. Нагрузки, действующие на зуб. Неравномерность распределения нагрузки по ширине зуба. Распределение усилий между зубьями. Расчет зубьев на прочность при изгибе.	6	6	6	18

		Расчет на контактную выносливость активных поверхностей зубьев. Особенности расчета передач с косыми зубьями.				
5	Информационные методы используемые при расчетах валов	Расчет валов. Конструктивные формы и материалы валов. Основные технические требования. Нагрузки на валы и расчетные схемы. Проектировочный и проверочный расчеты. Расчет валов. Расчет вала на статическую прочность. Расчет валов на усталостную прочность. Расчет подшипников качения. Основные характеристики подшипников. Распределение нагрузки между телами качения. Кинематика и динамика подшипников. Несущая способность подшипников: статическая и динамическая грузоподъемность. Определение ресурса подшипников по заданным режимам. Подшипники скольжения. Расчет подшипников скольжения.	6	10	6	22
6	Информационные методы используемые при расчетах отдельных деталей и конструкций	Расчет пружин. Общие сведения. Расчет пластин. Концентрация напряжений около отверстий в пластине. Балки. Расчет балок и рам на прочность. Проектировочный и проверочный расчеты. Расчет шпоночных и шлицевых соединений. Виды шпоночных и шлицевых соединений. Расчет шпоночных соединений на прочность. Расчет шлицевых соединений на прочность. Расчет фланцевых соединений. Типы фланцевых соединений.	6	-	6	12
<b>Итого</b>			<b>36</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>108</b>

### заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Основные понятия механики. Классификация задач решаемых с применением МКЭ	Основные понятия: механика и ее составные части; задачи вычислительной механики; классификация разделов механики сплошной среды (статические, динамические, линейные, нелинейные); методы пространственной дискретизации; метод конечноэлементного анализа, физическая и математическая модели МКЭ, уточнение дискретной модели. МКЭ.	2	4	12	18

2	Основные понятия МКЭ	Терминологии: вектор состояния, матрица жесткости, основные уравнения МКЭ; основные шаги МКЭ, идеализация, дискретизация и решение; явное и безусловное моделирование; ошибки и аппроксимация; общая схема алгоритма МКЭ. Понятие о конечных элементах. Атрибуты элемента, классификация КЭ, ансамблирование, граничные условия. Конечноэлементные модели.	2	-	14	16
3	Использование МКЭ при инженерном анализе деталей и конструкций инженерных сооружений	Разбиение на КЭ твердотельных САД моделей; основные принципы, общие замечания, контакт и соответствие КЭ-сети между деталями; параметры настройки КЭ-сети модели (тип сети, размер элемента, значение по умолчанию, разбиение модели на КЭ, управление повторения КЭ-разбиения, управление формой элемента, размер сети выбор типа сети). Контактные пары. Типы контакта: по умолчанию, тела, силовое соединение, сварка, свободный контакт, поверхностный контакт. Типы анализа. Линейный (статические напряжения с линейными моделями материалов, критическая нагрузка устойчивости,). Нелинейный (нелинейное конструктивное моделирование механических событий, методы определения сил, схема моделирования событий, совместимость моделей), поток жидкости (основное понятие), электростатический (основное понятие), массопередача (основное понятие), анализ усталости; назначение граничных условий и симметрия модели; мультифизика (требования для сетей различных моделей).	2	4	12	18
4	Информационные методы используемые при расчетах зубчатых передач	Геометрические параметры зубчатых колес. Прямозубые и косозубые зубчатые передачи. Конические зубчатые передачи. Червячные передачи. Прочностной расчет зуба. Виды разрушений зубьев. Нагрузки, действующие на зуб. Неравномерность распределения нагрузки по ширине зуба.	2	4	12	18

		Распределение усилий между зубьями. Расчет зубьев на прочность при изгибе. Расчет на контактную выносливость активных поверхностей зубьев. Особенности расчета передач с косыми зубьями.				
5	Информационные методы используемые при расчетах валов	Расчет валов. Конструктивные формы и материалы валов. Основные технические требования. Нагрузки на валы и расчетные схемы. Проектировочный и проверочный расчеты. Расчет валов. Расчет вала на статическую прочность. Расчет валов на усталостную прочность. Расчет подшипников качения. Основные характеристики подшипников. Распределение нагрузки между телами качения. Кинематика и динамика подшипников. Несущая способность подшипников: статическая и динамическая грузоподъемность. Определение ресурса подшипников по заданным режимам. Подшипники скольжения. Расчет подшипников скольжения.	2	4	12	18
6	Информационные методы используемые при расчетах отдельных деталей и конструкций	Расчет пружин. Общие сведения. Расчет пластин. Концентрация напряжений около отверстий в пластине. Балки. Расчет балок и рам на прочность. Проектировочный и проверочный расчеты. Расчет шпоночных и шлицевых соединений. Виды шпоночных и шлицевых соединений. Расчет шпоночных соединений на прочность. Расчет шлицевых соединений на прочность. Расчет фланцевых соединений. Типы фланцевых соединений.	2	-	14	16
<b>Часы на контроль</b>						<b>4</b>
<b>Итого</b>			<b>12</b>	<b>16</b>	<b>76</b>	<b>108</b>

## 5.2. Перечень лабораторных работ

1. Лабораторная работа № 1. Расчет на прочность при изгибе балок.
2. Лабораторная работа № 2. Расчет вала на прочность и жесткость при кручении.
3. Лабораторная работа № 3. Анализ напряжений и деформаций для деталей средствами Autodesk Inventor Professional.
4. Лабораторная работа № 4. Расчет сборок в среде МКЭ Autodesk Inventor Professional
5. Лабораторная работа № 5. Геометрический и прочностной расчеты зубчатых соединений. Расчет провести с использованием программы Autodesk

Inventor

6. Лабораторная работа № 6. Расчет вала на статическую прочность. Расчет провести с использованием программы Autodesk Inventor

7. Лабораторная работа № 7. Расчет подшипников качения на долговечность. Расчет провести с использованием программы Autodesk Inventor.

## **6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ**

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

## **7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания**

### **7.1.1. Этап текущего контроля**

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

<b>Компетенция</b>	<b>Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции</b>	<b>Критерии оценивания</b>	<b>Аттестован</b>	<b>Не аттестован</b>
ПК-6	знать правила физического моделирования и прототипирования объектов промышленного дизайна и расчет основных элементов конструкций при действии нагрузок	Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь проводить проектировочный и проверочный расчеты различных деталей и конструкций	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть навыком выбора расчетных схем для различных конструкций объектов промышленного дизайна и методикой их расчета	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-8	знать правила расчета элементов конструкций при действии нагрузок	Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный	Невыполнение работ в срок, предусмотренный



	произвольного типа		й в рабочих программах	й в рабочих программах
	уметь пользоваться возможностями современных компьютеров и информационных технологий при проектировании и изготовлении образцов изделий и подготовке технической документации	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренны й в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренны й в рабочих программах
	владеть построением и исследованием математических, механических моделей конструкций с применением компьютерных технологий	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренны й в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренны й в рабочих программах

### 7.1.2. Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 7 семестре для очной формы обучения, 9 семестре для заочной формы обучения по двухбалльной системе:

«зачтено»

«не зачтено»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
ПК-6	знать правила физического моделирования и прототипирования объектов промышленного дизайна и расчет основных элементов конструкций при действии нагрузок	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	уметь проводить проектировочный и проверочный расчеты различных деталей и конструкций	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть навыком выбора расчетных схем для различных конструкций объектов промышленного дизайна и методикой их расчета	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-8	знать правила расчета элементов конструкций при действии нагрузок произвольного типа	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	уметь пользоваться возможностями современных компьютеров и информационных технологий при проектировании и изготовлении образцов изделий и	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве	Задачи не решены

	подготовке технической документации		задач	
	владеть построением и исследованием математических, механических моделей конструкций с применением компьютерных технологий	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

## 7.2. Примерный перечень оценочных средств ( типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

### 7.2.1. Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

№	Тестовый вопрос	Мак с. балл
1.	<p>CAD – это</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- проектирование и конструирование с помощью ЭВМ или черчение с помощью ЭВМ</li> <li>- инженерные расчёты с помощью ЭВМ, исключая автоматизирование чертёжных работ</li> <li>- автоматизированное программирование устройств ЧПУ станков</li> <li>- автономное проектирование технологических процессов, например, при подготовке производства</li> </ul>	1,0
2.	<p>САЕ – это</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- проектирование и конструирование с помощью ЭВМ или черчение с помощью ЭВМ чертёжных работ</li> <li>- инженерный расчет с помощью ЭВМ, исключая автоматизирование чертёжных работ</li> <li>- автоматизированное программирование устройств ЧПУ станков</li> <li>- автономное проектирование технологических процессов, например, при подготовке производства</li> </ul>	1,0
3.	<p>САМ – это</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- автоматизированное программирование устройств ЧПУ станков</li> <li>- проектирование и конструирование с помощью ЭВМ или черчение с помощью ЭВМ</li> <li>- автономное проектирование технологических процессов, например, при подготовке производства</li> <li>- инженерные расчёты с помощью ЭВМ, исключая автоматизирование чертёжных работ</li> </ul>	1,0
4.	<p>САQ – определяет</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- инженерные расчёты с помощью ЭВМ, исключая автоматизирование чертёжных работ</li> <li>- поддерживаемое компьютером обеспечение качества, прежде всего программирование измерительных машин</li> <li>- проектирование и конструирование с помощью ЭВМ или черчение с помощью ЭВМ</li> <li>- автономное проектирование технологических процессов, например, при подготовке производства</li> </ul>	1,0
5.	<p>САР – это</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- проектирование и конструирование с помощью ЭВМ или черчение с</li> </ul>	1,0

	<p>помощью ЭВМ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- поддерживаемое компьютером обеспечение качества, прежде всего программирование измерительных машин</li> <li>- инженерные расчёты с помощью ЭВМ, исключая автоматизирование чертёжных работ подготовке производства</li> <li><b>- автономное проектирование технологических процессов, например, при подготовке производства</b></li> </ul>	
6.	<p>СІМ – это</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- автономное проектирование технологических процессов, например, при подготовке производства</li> <li>- инженерные расчёты с помощью ЭВМ, исключая автоматизирование чертёжных работ</li> <li>- проектирование и конструирование с помощью ЭВМ или черчение с помощью ЭВМ</li> <li><b>- взаимодействие всех названных отдельных сфер деятельности производственного предприятия, поддерживаемого ЭВМ</b></li> </ul>	1,0
7.	<p>Система Автоматизированного Проектирования (САПР) – это</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- комплекс средств автоматизации проектирования (совокупность аппаратных и информационных средств)</li> <li><b>- комплекс средств автоматизации проектирования (совокупность программно-аппаратных и информационных средств)</b></li> <li>- комплекс средств автоматизации проектирования (совокупность программных и аппаратных средств)</li> <li>- комплекс средств автоматизации проектирования (совокупность программных и информационных средств)</li> </ul>	1,0
8.	<p>Автоматизированное проектирование – это</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- проектирование, при котором отдельные преобразования описаний объекта и (или) алгоритма его функционирования или алгоритма процесса, а также представления описаний на различных языках осуществляется человеком</li> <li>- проектирование, при котором отдельные преобразования описаний объекта и (или) алгоритма его функционирования или алгоритма процесса, а также представления описаний на различных языках осуществляется взаимодействием людей</li> <li>- проектирование, при котором отдельные преобразования описаний объекта и (или) алгоритма его функционирования или алгоритма процесса, а также представления описаний на различных языках осуществляется ЭВМ</li> <li><b>- проектирование при котором отдельные преобразования описаний объекта и (или) алгоритма его функционирования или алгоритма процесса, а также представления описаний на различных языках осуществляется взаимодействием человека и ЭВМ</b></li> </ul>	1,0
9.	<p>Автоматическое проектирование – это</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>- проектирование, при котором все преобразования описаний объекта и (или) алгоритма его функционирования или алгоритма процесса, а также представление описаний на различных языках осуществляются без участия человека</b></li> <li>- проектирование, при котором все преобразования описаний объекта и (или) алгоритма его функционирования или алгоритма процесса, а также представление описаний на различных языках осуществляются без участия ЭВМ</li> <li>- проектирование, при котором все преобразования описаний объекта и (или) алгоритма его функционирования или алгоритма процесса, а также представление описаний на различных языках осуществляются без участия</li> </ul>	1,0

	САПР - проектирование, при котором все преобразования описаний объекта и (или) алгоритма его функционирования или алгоритма процесса, а также представление описаний на различных языках осуществляются без участия вычислительной техники	
10.	Проектное решение – это - промежуточное описание объекта проектирования, необходимое и достаточное для рассмотрения и определения дальнейшего направления или окончания проектирования - конечное описание объекта проектирования, необходимое и достаточное для рассмотрения и определения дальнейшего направления или окончания проектирования - промежуточное или конечное описание объекта проектирования, необходимое и достаточное для окончания проектирования <b>- промежуточное или конечное описание объекта протипирования, необходимое и достаточное для рассмотрения и определения дальнейшего направления или окончания проектирования</b>	1,0
Итого		10,0

### 7.2.2. Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

#### 1. Типовое проектное решение – это

- **существующее проектное решение, используемое при проектировании**
- разрабатываемое проектное решение, используемое при проектировании
- существующее проектное решение, используемое при изготовлении объекта
- разрабатываемое проектное решение, используемое при изготовлении объекта

#### 2. Результат проектирования – это

- проектное решение (совокупность проектных решений), удовлетворяющее желаемым требованиям, необходимое для создания объекта проектирования удовлетворяющее заданным требованиям, необходимое для создания объекта проектирования
- **проектное решение (совокупность проектных решений), удовлетворяющее заданным требованиям, необходимое для создания объекта проектирования удовлетворяющее заданным требованиям, необходимое для создания объекта проектирования**
- проектное решение (совокупность проектных решений), удовлетворяющее желаемым требованиям, необходимое для проектирования объекта
- проектное решение (совокупность проектных решений), удовлетворяющее заданным требованиям, необходимое для чертежа объекта

#### 3. Алгоритм проектирования – это

- **совокупность предписаний, необходимых для выполнения проектирования**
- совокупность предписаний, необходимых для выполнения чертежа
- совокупность предписаний, необходимых для изготовления объекта
- совокупность предписаний, необходимых для опытного образца

#### 4. Порядок этапов в общей схеме проектирования

- синтез, поиск, анализ, выпуск проектной документации
- **поиск, синтез, анализ, выпуск проектной документации**
- анализ, поиск, синтез, выпуск проектной документации
- анализ, синтез, поиск, выпуск проектной документации

#### 5. К объектным подсистемам относят подсистемы, выполняющие

- **одну или несколько проектных процедур или операций, непосредственно зависящих от конкретного объекта проектирования**
- одну или несколько проектных процедур или операций, независимых от конкретного объекта проектирования

- одну или несколько проектных процедур или операций, опосредовано зависимых от конкретного объекта проектирования
- одну или несколько проектных процедур или операций, независимых от любого объекта проектирования

6. К инвариантным подсистемам относят подсистемы, выполняющие

**- унифицированные проектные процедуры и операции**

- универсальные проектные процедуры и операции
- оптимальные проектные процедуры и операции
- рациональные проектные процедуры и операции

7. Проектная процедура состоит из

- элементарных проектных операций, не имеющих твердо установленный порядок их выполнения и направлена на достижение локальной цели в процессе проектирования
- элементарных проектных операций, имеющих твердо установленный порядок их выполнения и направлена на достижение глобальной цели в процессе проектирования
- элементарных проектных операций, имеющих твердо установленный порядок их выполнения и направлена на достижение локальной цели в процессе проектирования
- элементарных проектных операций, имеющих твердо установленный порядок их выполнения и направлена на достижение локальной цели в процессе проектирования
- элементарных проектных операций, не имеющих твердо установленный порядок их выполнения и направлена на достижение глобальной цели в процессе проектирования

8. Под проектной операцией понимают

- условно выделенную часть проектной процедуры или элементарное действие, совершаемое конструктором в процессе проектирования
- условно выделенную часть проектной процедуры или элементарное действие, совершаемое технологом в процессе проектирования
- условно выделенную часть проектной процедуры или элементарное действие, совершаемое оператором в процессе проектирования
- условно выделенную часть проектной процедуры или элементарное действие, совершаемое директором в процессе проектирования

9. Математическое обеспечение САПР – это

- совокупность математических методов и алгоритмов, необходимых для выполнения процесса автоматизированного проектирования, решения всех задач САПР
- совокупность математических моделей и алгоритмов, необходимых для выполнения процесса автоматизированного проектирования, решения всех задач САПР
- совокупность математических методов и моделей, необходимых для выполнения процесса автоматизированного проектирования, решения всех задач САПР
- совокупность математических методов и моделей и алгоритмов, необходимых для выполнения процесса автоматизированного проектирования, решения всех задач САПР

10. Лингвистическое обеспечение САПР – это

- машинный язык, используемый для представления информации о проектируемых объектах, процессе и средствах проектирования
- совокупность языков, используемых для представления информации о проектируемых объектах, процессе и средствах проектирования
- совокупность языков, используемых для представления информации о процессе и средствах проектирования
- машинный язык, используемый для представления информации о процессе и средствах проектирования

### **7.2.3. Примерный перечень заданий для решения прикладных задач**

1. Программное обеспечение САПР – это

- совокупность программ на жестком диске плюс соответствующая документация
- совокупность программ на носимых носителях плюс соответствующая документация
- совокупность программ на машинных носителях без руководства пользователя документация

**- совокупность программ на машинных носителях плюс соответствующая документация**

2. Общесистемное программное обеспечение САПР – это

- операционные среды и системы проектирования
- оболочки и среды проектирования
- программное обеспечение для проектирования

**- операционные системы, оболочки и среды**

3. Базовое программное обеспечение САПР – это

- **комплекс программ, управляющих прикладным программным обеспечением**
- комплекс программ, управляющих общесистемным программным обеспечением
- комплекс программ, управляющих математическим программным обеспечением
- комплекс программ, управляющих операционным программным обеспечением

4. Прикладное программное обеспечение САПР – это

- набор пакетов прикладных программ, предназначенных для реализации процедур разработки технологической документации
- набор пакетов прикладных программ, предназначенных для реализации процедур разработки чертежной документации
- набор пакетов прикладных программ, предназначенных для реализации вычислительных процедур проектных процедур
- **набор пакетов прикладных программ, предназначенных для реализации проектных процедур**

5. Техническое обеспечение САПР – это

- совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих технических средств для вывода, копирования программ и форматирования данных, организации сетевого общения ЭВМ, изготовления проектной документации
- **совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих технических средств для ввода, хранения, переработки, передачи программ и данных, организации общения оператора с ЭВМ, изготовления проектной документации**
- совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих технических средств для форматирования запоминающих устройств, ввода программ и данных, организации общения оператора с ЭВМ, изготовления проектной документации
- совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих технических средств для ввода, хранения, переработки, передачи программ и данных, изготовления проектной документации

6. Информационное обеспечение САПР – это

- совокупность данных, необходимых для моделирования
- совокупность данных, необходимых для черчения
- совокупность данных, необходимых для изготовления
- **совокупность данных, необходимых для проектирования**

7. Организационно - технологическое обеспечение САПР – это

- совокупность документов, включающих технологические маршруты обработки, описание оборудования и т.д.
- совокупность документов, включающих положения, инструкции, приказы распоряжения и т.д.
- **совокупность документов, включающих положения, квалификационные требования, штатные расписания, инструкции, приказы и т.д.**
- совокупность документов, включающих положения об охране труда, технологической и пожарной безопасности, штатные расписания, инструкции, приказы и т.д.

8. Инструктивно-методическое обеспечение САПР – это

- **совокупность документов, характеризующих состав, функционирование и правила эксплуатации САПР**

- совокупность документов, характеризующих порядок разработки проектных решений  
- совокупность документов, характеризующих состав программного обеспечения САПР и руководство пользователя

- совокупность документов, характеризующих порядок функционирования вычислительного оборудования и правила его эксплуатации

9. Модель – это

- **система математических зависимостей, алгоритм или программа, имитирующие структуру или функции исследуемого объекта**

- система математических зависимостей, алгоритм или программа, заменяющие структуру или функции исследуемого объекта

- система математических зависимостей, алгоритм или программа, изменяющие структуру или функции исследуемого объекта

- система математических зависимостей, алгоритм или программа, запускающие структуру или функции исследуемого объекта

10. Моделирование в САПР – это

- представление различных характеристик поведения системы автоматизированного проектирования с помощью компьютерной системы

- **представление различных характеристик поведения физической или абстрактной системы с помощью другой системы**

- представление различных характеристик системы автоматизированного проектирования с помощью механической системы

- представление различных характеристик социальной системы с помощью экономической системы

#### **7.2.4. Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету**

1. Основы МКЭ.

2. Идея метода конечных элементов (МКЭ).

3. Возможности МКЭ.

4. Обзор существующих систем КЭ расчетов.

5. Понятие о напряжениях и деформациях, прочности, расчетных схемах.

6. Графический интерфейс пользователя. Панели инструментов. Использование системы «Помощь». Форматы файлов. Единицы измерения.

7. Инструменты создания и редактирования геометрии. Импорт готовой геометрии.

8. Создание геометрической модели. Плоскость и эскиз.

9. Трехмерное моделирование. Балки и оболочки.

10. Импорт геометрии. Упрощение и исправление геометрии.

11. Создание сетки конечных элементов. Генерация контактов.

12. Введение в методы создания сетки конечных элементов.

13. Оценка качества сетки. Обзор методов генерации сетки и настроек.

Дополнительные инструменты генерации.

14. Редактирование сетки. Сборки и контакты твердых тел, понятие Part.

15. Задание граничных условий и нагрузок.

16. Решение статических задач. Просмотр и обработка результатов.

17. Схематика проекта. Основные процедуры.

18 Системы координат. Выборки объектов (Named Selections).

19 Статический прочностной анализ. Задание граничных условий.

20 Понятие шага нагрузки. Настройка решения.

21 Линейный прочностной анализ. Просмотр и экспорт результатов.

22 Комбинирование расчетных случаев. Концентраторы напряжений.

23 Практическая сходимости результатов решения. Понятие о параметризации.

24 Нелинейные контакты. Связи (Joint).  
 25 Виды контактов. Формулировки проникновения.  
 26 Симметричное и ассиметричное поведение. Настройки опций для решения задач контакта.

27 Вывод результатов. Задание связей и внешних ограничений.

### 7.2.5. Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

Не предусмотрено учебным планом

### 7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Зачет проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 10 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 20 баллов.).

### 7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Основные понятия: механика и ее составные части; задачи вычислительной механики; классификация разделов механики сплошной среды (статические, динамические, линейные, нелинейные); методы пространственной дискретизации; метод конечноэлементного анализа, физическая и математическая модели МКЭ, уточнение дискретной модели. МКЭ.	ПК-6, ПК-8	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ.
2	Терминологии: вектор состояния, матрица жесткости, основные уравнения МКЭ; основные шаги МКЭ, идеализация, дискретизация и решение; явное и безусловное моделирование; ошибки и аппроксимация; общая схема алгоритма МКЭ. Понятие о конечных элементах. Атрибуты элемента, классификация КЭ, ансамблирование, граничные условия. Конечноэлементные модели.	ПК-6, ПК-8	Тест, контрольная работа.
3	Разбиение на КЭ твердотельных САД моделей; основные принципы, общие замечания, контакт и соответствие КЭ-сети между деталями; параметры настройки КЭ-сети модели (тип сети, размер элемента, значение по умолчанию, разбиение модели на КЭ, управление повторения КЭ-разбиения,	ПК-6, ПК-8	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ.



	<p>управление формой элемента, размер сети (выбор типа сети). Контактные пары. Типы контакта: по умолчанию, тела, силовое соединение, сварка, свободный контакт, поверхностный контакт. Типы анализа. Линейный (статические напряжения с линейными моделями материалов, критическая нагрузка устойчивости,). Нелинейный (нелинейное конструктивное моделирование механических событий, методы определения сил, схема моделирования событий, совместимость моделей), поток жидкости (основное понятие), электростатический (основное понятие), массопередача (основное понятие), анализ усталости; назначение граничных условий и симметрия модели; мультифизика (требования для сетей различных моделей).</p>		
4	<p>Геометрические параметры зубчатых колес. Прямозубые и косозубые зубчатые передачи. Конические зубчатые передачи. Червячные передачи. Прочностной расчет зуба. Виды разрушений зубьев. Нагрузки, действующие на зуб. Неравномерность распределения нагрузки по ширине зуба. Распределение усилий между зубьями. Расчет зубьев на прочность при изгибе. Расчет на контактную выносливость активных поверхностей зубьев. Особенности расчета передач с косыми зубьями.</p>	ПК-6, ПК-8	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ.
5	<p>Расчет валов. Конструктивные формы и материалы валов. Основные технические требования. Нагрузки на валы и расчетные схемы. Проектировочный и проверочный расчеты. Расчет валов. Расчет вала на статическую прочность. Расчет валов на усталостную прочность. Расчет подшипников качения. Основные характеристики подшипников. Распределение нагрузки между телами качения. Кинематика и динамика подшипников. Несущая способность подшипников: статическая и динамическая грузоподъемность. Определение ресурса подшипников по заданным режимам. Подшипники скольжения. Расчет подшипников скольжения.</p>	ПК-6, ПК-8	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ.
6	<p>Расчет пружин. Общие сведения. Расчет пластин. Круглые пластины. Мембраны. Прямоугольные пластины. Концентрация напряжений около отверстий в пластине. Балки. Расчет балок и рам на прочность. Проектировочный и проверочный расчеты.</p>	ПК-6, ПК-8	Тест, контрольная работа, защита реферата.

<p>Расчет шпоночных и шлицевых соединений.  Виды шпоночных и шлицевых соединений.  Расчет шпоночных соединений на прочность.  Расчет шлицевых соединений на прочность.  Расчет фланцевых соединений. Типы фланцевых соединений.</p>		
---	--	--

### **7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

## **8. УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)**

### **8.1. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

1. Балаганская Е.А. Конспект лекций по дисциплине «Информационные технологии в инженерных расчетах» / Е.А. Балаганская Е.А. 2016.

2. Ларсен, Рональд У. Инженерные расчеты в EXCEL / Р.У. Ларсен ; Пер. с англ. и ред. В.Н. Романова .— М.;СПб.;Киев : Вильямс, 2002. - 539 с.

3. Autodesk Inventor. Autodesk WikiHelp (Product help with community knowledge), 2017.

### **8.2. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:**

Перечень ПО, включая перечень лицензионного программного обеспечения:

- ОС Windows 7 Pro;
- MS Office Standart 2007;
- 7-Zip;
- Adobe Acrobat Reader;
- Google Chrome;

Mozilla Firefox;  
PDF24 Creator;  
DjVuWinDjView

AutoCAD 2019, 2020 (125 рабочих мест для учебных заведений, бессрочная, однопользовательская, серийный номер / ключ 565-95089370 / 206L1);

AutoCADMechanical 2019, 2020 (125 рабочих мест для учебных заведений, бессрочная, однопользовательская, серийный номер / ключ 564-06059037 / 206K1);

InventorCAM 2020 (125 рабочих мест для учебных заведений, бессрочная, однопользовательская, серийный номер / ключ 566-27853495 / 970L1);

InventorProfessional 2019, 2020, 2021 (125 рабочих мест для учебных заведений, бессрочная, однопользовательская, серийный номер / ключ 302-15218996 / 797N1, 570-73348365 / 797M1);

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

– <http://window.edu.ru> - единое окно доступа к информационным ресурсам;

– <http://www.edu.ru/> - федеральный портал «Российское образование»;

– Образовательный портал ВГТУ

Профессиональные базы данных, информационные справочные системы:

– <https://docplan.ru/> - бесплатная база ГОСТ;

– <https://www.iprbookshop.ru/> - электронно-библиотечная система IPRbooks;

<https://elibrary.ru/> - электронные издания в составе базы данных «Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU».

## **9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (комплект учебной мебели: рабочее место преподавателя (стол, стул); рабочие места обучающихся (столы, стулья); оборудование для аудиовизуальных средств обучения: интерактивная доска IQBoard; мультимедиа - проектор NEC; копир/принтер цифровой Toshiba; персональные компьютеры с установленным ПО, подключенные к сети Интернет (13 шт.); графический планшет Wacon Intuos M Bluetooth Pistachio). Учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации, соответствующие рабочей программе дисциплины.

Помещение для самостоятельной работы с выходом в сеть "Интернет" и доступом в электронно-библиотечные системы, электронную информационно-образовательную среду (оснащено: рабочие места обучающихся (столы, стулья); персональные компьютеры – 25 шт.; принтер

лазерный).

Для организации образовательного процесса используется помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.

## 10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)


По дисциплине «Системы конечно-элементного анализа конструкций» читаются лекции, проводятся лабораторные работы.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: <ul style="list-style-type: none"><li>- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;</li><li>- выполнение домашних заданий и расчетов;</li><li>- работа над темами для самостоятельного изучения;</li><li>- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;</li><li>- подготовка к промежуточной аттестации.</li></ul>
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
1.	Актуализирован список используемого программного обеспечения; перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, а также в части рекомендуемой литературы	31.08.2020 г.	
2.	Актуализирован список используемого программного обеспечения; перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, а также в части рекомендуемой литературы	31.08.2021 г.	