

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

Факультет Аэрокосмический

Кафедра «Экспериментальная механика и конструкционное материаловедение»



**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе

Н. В. Лобов

2018 г.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«Программные комплексы инженерного анализа механических систем»**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

<b>Направление подготовки:</b>	<u>28.03.03 Наноматериалы</u>
<b>Направленность (профиль) образовательной программы:</b>	<u>Конструкционные наноматериалы</u>
<b>Квалификация выпускника:</b>	<u>бакалавр</u>
<b>Форма обучения:</b>	<u>очная/заочная</u>
<b>Срок обучения:</b>	<u>4 года/5 лет</u>
<b>Выпускающая кафедра:</b>	<u>Экспериментальная механика и конструкционное материаловедение</u>

**Курс:** 4                      **Семестр(ы):** 7

**Трудоёмкость:**

Кредитов по рабочему учебному плану: 6 ЗЕ

Часов по рабочему учебному плану: 216 ч

**Виды контроля:** Экзамен - 7

**Пермь 2018**

**Рабочая программа дисциплины «Программные комплексы инженерного анализа механических систем»** разработан на основании:

- федерального государственного образовательного стандарта высшего образования, утверждённого приказом Министерства образования и науки Российской Федерации «22» сентября 2017 г. номер приказа «968» по направлению подготовки 28.03.03 «Наноматериалы»;
- компетентностной модели выпускника ОПОП по направлению подготовки 28.03.03 «Наноматериалы», профилю бакалавриата «Конструкционные наноматериалы», утверждённой «01» февраля 2018 г.;
- базового учебного плана очной формы обучения по направлению подготовки 28.03.03 «Наноматериалы», профилю бакалавриата «Конструкционные наноматериалы», утверждённого «01» февраля 2018 г.;
- учебного плана заочной формы обучения по направлению подготовки 28.03.03 «Наноматериалы», профилю бакалавриата «Конструкционные наноматериалы», утверждённого «01» февраля 2018 г.

Разработчик

канд. техн. наук  
(учёная степень, звание)

  
(подпись)

А.В. Бабушкин  
(инициалы,  
фамилия)

**Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Экспериментальная механика и конструкционное материаловедение»** «13» сентября 2018 г., протокол № 1

Заведующий кафедрой  
«Экспериментальная механика и  
конструкционное материаловедение»,  
ведущей дисциплину  
д-р. физ.-мат. наук, проф.  
(учёная степень, звание)

  
(подпись)

В.Э. Вильдеман  
(инициалы, фамилия)

### СОГЛАСОВАНО

Заведующий выпускающей кафедрой  
«Экспериментальная механика и  
конструкционное материаловедение»,  
д-р. ф-м. наук, проф.

  
\_\_\_\_\_

В.Э. Вильдеман

Начальник управления образовательных программ, канд. техн. наук, доц.

  
\_\_\_\_\_

Д.С. Репецкий

## 1. Общие положения

### 1.1. Цель дисциплины

Ознакомление студентов с основами работы в современных пакетах прикладных программ для инженерных расчетов.

В процессе освоения данной дисциплины студент расширяет, углубляет и демонстрирует следующую профессиональную компетенцию:

- быть способным применять навыки использования методов моделирования, оценки, прогнозирования и оптимизации технологических процессов и свойств наноматериалов (ПК-4).

### 1.2. Задачи учебной дисциплины:

#### • Формирование знаний:

– о возможности CAE-систем в области визуализации технических объектов; основных режимах работы с графикой в специализированных CAE-системах; классификации и свойствах элементов твердотельных моделей в системах конечно-элементного анализа.

#### • Формирование умений:

– построения виртуального геометрического аналога реального технического объекта; осуществления нагружения рассматриваемого объекта, проведения расчетов с применением встроенных численных алгоритмов и анализ его результатов.

#### • Формирование навыков:

– Практического применения математического и компьютерного моделирования виртуальных визуальных аналогов реальных технических объектов.

### 1.3. Предметом освоения дисциплины являются следующие объекты:

- Методы построения трехмерных твердотельных аналогов виртуальных объектов;
- Программный пакет ANSYS Mechanical APDL;

### 1.4. Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Программные комплексы инженерного анализа механических систем» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины» при освоении ОПОП по направлению 28.03.03 «Наноматериалы» бакалаврской программы «Конструкционные наноматериалы».

В таблице 1.1 приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций, заявленных в пункте 1.1.

Таблица 1.1 – Дисциплины, направленные на формирование компетенций

Код	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины (группы дисциплин)
<b>Профессиональные компетенции</b>			
ПК-4	Способность применять навыки использования методов моделирования, оценки, прогнозирования и оптимизации технологических процессов и свойств наноматериалов	1. Механика материалов, 2. Физические методы исследований материалов и процессов, 3. Методы математического моделирования и	1. Перспективные материалы и технологии, 2. Компьютерное моделирование материалов и процессов, 3. Преддипломная практика, практика

		обработки данных, 4. Учебно-исследовательская работа, 5. Учебная практика, ознакомительная	для выполнения выпускной квалификационной работы
--	--	--	--

**2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы (индикаторами достижения компетенций)**

Учебная дисциплина обеспечивает формирование части компетенций ПК-4:

**2.1 Дисциплинарная карта компетенции ПК-4**

<b>Код ПК-4</b>	<b>Формулировка компетенции</b> Способность применять навыки использования методов моделирования, оценки, прогнозирования и оптимизации технологических процессов и свойств наноматериалов
-----------------	---

<b>Код ПК-4.Б1.В.08</b>	<b>Формулировка индикатора достижения компетенции</b> ИД-1пк-4. Решает задачи с применением информационно коммуникационных технологий с учетом основных требований информационной безопасности, владеет практическими приемами математического и компьютерного моделирования технических объектов;
-------------------------	---

**Требования к компонентному составу компетенции**

<b>Знать:</b> – возможности инженерных программных комплексов в области оценки состояния технических объектов; – основные режимы работы с графикой в специализированных САЕ-системах; – классификацию и свойства элементов твердотельных моделей в системах конечно-элементного анализа	Лекции. Самостоятельная работа студентов по изучению теоретического материала.	Вопросы контрольных работ рубежного контроля Вопросы к экзамену
<b>Уметь:</b> – решать задачи с применением информационно коммуникационных технологий с учетом основных требований информационной безопасности; – выполнять построение виртуального геометрического аналога реального технического объекта в ANSYS Mechanical APDL; – создавать и регулировать параметры дискретного аналога в ANSYS Mechanical APDL; – осуществлять нагружение рассматриваемого объекта, проводить расчет с применением встроенных численных алгоритмов и анализировать	Самостоятельная работа студентов по подготовке к практическим занятиям Лабораторные работы.	Задания рубежных контрольных работ Типовые задания к лабораторным работам. Отчёты по лабораторным работам

его результаты.		
<b>Владеть:</b> – практическими приемами математического и компьютерного моделирования виртуальных визуальных аналогов реальных технических объектов; – навыками применения встроенного языка APDL для проведения вычислительных экспериментов в САЕ-системе ANSYS.	Лабораторные работы Самостоятельная работа студентов по подготовке к практическим занятиям. Индивидуальные задания	Типовые задания к лабораторным работам. Отчёты по лабораторным работам. Проверка индивидуальных заданий

### 3. Объем дисциплины и виды учебной работы

Таблица 3.1 – Объем и виды учебной работы

№ п/п	Виды учебной работы	Трудоемкость, ч	
		По семестрам	Всего
1	2	3	4
		7 семестр	
<b>1.</b>	<b>Контактная аудиторная работа</b>	<b>88</b>	<b>88</b>
	-в том числе в интерактивной форме	40	40
	Лекции (Л)	36	36
	-в том числе в интерактивной форме	20	20
	Лабораторные работы (ЛР)	48	48
	-в том числе в интерактивной форме	20	20
	<b>Контроль самостоятельной работы (КСР)</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
<b>2.</b>	<b>Самостоятельная работа студентов (СРС)</b>	<b>92</b>	<b>92</b>
	- подготовка отчетов по лабораторным работам (ОЛР)	36	36
	- подготовка к аудиторным занятиям (ПАЗ)	23	23
	- изучение теоретического материала (ИТМ)	23	23
	- индивидуальные задания (ИЗ)	10	10
<b>3.</b>	<b>Промежуточная аттестация по дисциплине</b>	<b>Экзамен</b>	<b>36</b>
<b>4.</b>	<b>Трудоёмкость дисциплины, всего:</b>		
	<b>в часах (ч)</b>	<b>216</b>	<b>216</b>
	<b>в зачётных единицах (ЗЕТ)</b>	<b>6</b>	<b>6</b>

#### 4. Содержание учебной дисциплины

##### 4.1. Модульный тематический план

Таблица 4.1 – Тематический план по модулям учебной дисциплины

Номер учебного модуля	Номер раздела дисциплины	Номер темы дисциплины	Количество часов и виды занятий (очная форма обучения)						Трудоёмкость, ч/ЗЕ
			контактная аудиторная работа				промежут очный контроль	самостоятельная работа	
			Всего	Л	ЛР	КСР			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Раздел 1	1	2	2				ПАЗ-1	3
		2	1	1				ПАЗ-2 ИТМ-5 ОЛР-2	10
		3	1	1				ПАЗ-1 ОЛР-2	4
	<b>Итого по модулю:</b>		<b>6</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>13</b>	<b>19/0,53</b>
2	Раздел 2	4	4	2	2			ПАЗ-2 ИЗ-2 ОЛР-2	10
		5	4	2	2			ПАЗ-1 ИТМ-3 ОЛР-2	10
		6	4	2	2			ПАЗ-2 ИЗ-2 ОЛР-2	10
	Раздел 3	7	4	1	3			ПАЗ-1 ИТМ-1 ОЛР-2	8
		8	5	2	3			ПАЗ-1 ИТМ-1 ОЛР-2	9
		9	4	1	3			ПАЗ-1 ИЗ-2 ОЛР-2	9
		10	4	1	3			ПАЗ-1 ИТМ-7 ОЛР-2	14
		11	5	2	3			ПАЗ-1 ИЗ-2 ОЛР-2	10
	Раздел 4	12	4	1	3			ПАЗ-1 ИТМ-2 ОЛР-2	9
		13	5	2	3			ПАЗ-1 ИТМ-1 ОЛР-2	9
		14	4	1	3			ПАЗ-1 ОЛР-2	7

Номер учебного модуля	Номер раздела дисциплины	Номер темы дисциплины	Количество часов и виды занятий (очная форма обучения)					Трудовой мкость, ч/ЗЕ		
			контактная аудиторная работа				промежут очный контроль		самостоя тельная работа	
			Всего	Л	ЛР	КСР				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	Раздел 5	15	5	2	3			ПАЗ-1 ИТМ-1 ОЛР-2	9	
		16	6	3	3			ПАЗ-1 ИЗ-2 ОЛР-2	11	
	Раздел 6	17	5	2	3			ПАЗ-1 ИТМ-2 ОЛР-2	10	
		18	6	3	3			ПАЗ-1 ОЛР-3	10	
		19	5	2	3			ПАЗ-1 ОЛР-1	7	
		20	6	3	3			ПАЗ-1	7	
	<b>Итого по модулю:</b>			<b>82</b>	<b>34</b>	<b>48</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>79</b>	<b>161/4,47</b>
	<b>Промежуточная аттестация</b>			<b>-</b>	<b>-</b>			<b>36</b>	<b>-</b>	<b>36/1</b>
	<b>Итого</b>			<b>88</b>	<b>36</b>	<b>48</b>	<b>4</b>	<b>36</b>	<b>92</b>	<b>216/6</b>

#### 4.2. Содержание разделов и тем учебной дисциплины

##### Модуль 1. Обзор возможностей программы

##### Раздел 1. Начало работы в пакете ANSYS.

Л – 4 ч, СРС – 14 ч.

**Тема 1.** Интерфейс пользователя: методы ввода инструкций. Меню утилит. Главное меню. Окно ввода. Графическое окно. Линейка инструментов. Панель диалога. Возможности модуля Power Graphics. База данных. Основные процессоры ANSYS. Семейство ANSYS-программ: Многоцелевая программа ANSYS/Multiphysics. ANSYS/Mechanical, ANSYS/Structural, ANSYS/PrepPost, ANSYS/FLOTRAN, ANSYS/Emag, ANSYS/LS-DYNA  
Препроцессорная подготовка: твердотельное моделирование, непосредственное создание модели. Основные графические примитивы.

**Тема 2.** Построение сетки: использование экструзии, создание упорядоченной сетки, создание произвольной сетки, адаптивное разбиение. Получение решения (SOLVING): задание вида анализа и его опций, нагрузок и шага решения, запуск на счет.

Методы решения уравнений: фронтальный решатель, PowerSolver, метод сопряженных градиентов Якоби, Холецкого.

Постпроцессорная обработка: постпроцессор общего назначения, постпроцессор истории нагружения.

**Тема 3.** Состав программной группы и функции рабочих файлов. Предварительная настройка параметров среды с помощью INTERACTIVE. Основные группы и типы файлов. Команды ввода-вывода.

##### Модуль 2. Моделирование и решение задач

##### Раздел 2. Твердотельное моделирование

Л – 6 ч, ЛР – 6 ч, СРС – 18 ч.

#### **Тема 4.** Этапы создания модели.

Системы координат: глобальная, локальные, активная, СК рабочего поля, дисплейная, постпроцессорная. Системы координат узлов и элементов. Создание и изменение вспомогательных СК.

#### **Тема 5.** Настройка, изменение положения и ориентации рабочего поля.

Построение геометрии методом «снизу-вверх». Иерархия геометрических объектов. Основные команды создания, удаления и модификации ключевых точек, линий, областей, объемов.

**Тема 6.** Булевы операции: объединение, исключение, разделение над геометрическими объектами.

### **Раздел 3. Построение конечно-элементной сетки**

Л – 7 ч, ЛР – 15 ч, СРС – 28 ч.

**Тема 7.** Атрибуты элементов: тип, материал, геометрические характеристики, система координат. Назначение и изменение атрибутов.

**Тема 8.** Установка параметров сетки: форма элементов, выбор размера, параметры автоматического сгущения.

**Тема 9.** Особенности регулярного разбиения, конкатенация линий и областей.

**Тема 10.** Команды нанесения плоской и объемных сеток, проверки качества и модификации.

**Тема 11.** Терминология, выбор и выделение, основные виды выделения и группировки. Создание компонентов (Components) и сборок (Assemblies).

### **Раздел 4. Приложение внешних нагрузок**

Л – 4 ч, ЛР – 9 ч, СРС – 12 ч.

**Тема 12.** Терминология для различных типов анализа. Типы нагружения: ограниченные степени свободы, сосредоточенные силы, поверхностные и объемные нагрузки, инерционные нагрузки, связанное нагружение. Способы приложения. Понятие о шагах нагружения (Load Steps).

**Тема 13.** Команды генерирования и модификации граничных условий.

Особенности приложения распределенных усилий, не нормальных к поверхности. Специальные поверхностные элементы. Зависимость от координат и номеров узлов.

**Тема 14.** Связанные нагрузки. Обмен данными между различными типами анализа.

### **Раздел 5. Настройка вычислительного процесса. Расчет.**

Л – 5 ч, ЛР – 6 ч, СРС – 9 ч.

**Тема 15.** Параметры шагов нагружения: основные опции, некоторые настройки динамического и нелинейного анализов. Регулирование параметров выходных данных.

**Тема 16.** Типы решателей. Методы управления многоступенчатым процессом: создание файлов шагов нагружения, метод таблиц. Возобновление прерванных вычислений.

### **Раздел 6. Постпроцессорная обработка результатов. Основы программирования на APDL. Некоторые виды нелинейного анализа.**

Л – 10 ч, ЛР – 12 ч, СРС – 12 ч.

**Тема 17.** Главный постпроцессор. Загрузка выходных данных и команды доступа к ним. Элементные таблицы: активизация, математические операции, преобразование в массив, удаление. Использование “вариантов нагружения”.



**Тема 18.** Операции над данными по пути слежения.

Основные команды графического отображения результатов.

Постпроцессор времени-истории нагружения. . Загрузка выходных данных и команды доступа к ним. Таблицы данных по времени: активизация, математические операции, преобразование в массив, удаление.

**Тема 19.** Типы переменных. Обработка массивов. Присваивание, команда \*GET. Операторы цикла, условный оператор, безусловный переход. Ввод-вывод в текстовые файлы.

**Тема 20.** Контактные термоупругие задачи. Би- и мультилинейная пластичность. Вязкоупругость. Ползучесть.

#### 4.3. Перечень тем практических занятий

Не предусмотрен

#### 4.4. Перечень тем лабораторных работ

Таблица 4.2 – Темы лабораторных работ

№ п/п	Номер темы дисциплины	Наименование тем лабораторных работ	Часы
1.	4	Упругое деформирование уголкового кронштейна	2
2.	5	Задача о НДС тоннеля	2
3.	6	Применение Р-элементов для расчета пластины с отверстием	2
4.	7	Расчет строительных элементов	3
5.	8	Течение жидкости в сужающемся канале	3
6.	9	Обтекание воздухом крыла самолета	3
7.	10	Оценка прочности объемного костного протеза	3
8.	11	Построение геометрии и статический расчет динамика	3
9.	12	Нестационарная теплопроводность при остывании слитка	3
10.	13	Совместная термоупругая задача остывания слитка	3
11.	14	Расчет НДС шкива ременной передачи	3
12.	15	Нелинейное деформирование упругой оболочки	3
13.	16	Вычисление эффективных параметров волокнистого композита	3
14.	17	Применение балочных элементов для расчета ферм	3
15.	18	Определение собственных форм и частот ферм	3
16.	19	Контактные напряжения в болтовом соединении	3
17.	20	Осадка упругопластической заготовки	3

#### 5. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению практических занятий и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Изучение дисциплины осуществляется в течение одного семестра, график изучения дисциплины приводится в п.7.
5. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

Тематика для самостоятельного изучения теоретического материала дисциплины:

**Тема 2.** Построение сетки: использование экструзии, создание упорядоченной сетки, создание произвольной сетки, адаптивное разбиение. Получение решения (SOLVING): задание вида анализа и его опций, нагрузок и шага решения, запуск на счет.

Методы решения уравнений: фронтальный решатель, PowerSolver, метод сопряженных градиентов Якоби, Холецкого.

Постпроцессорная обработка: постпроцессор общего назначения, постпроцессор истории нагружения.

**Тема 3.** Состав программной группы и функции рабочих файлов. Предварительная настройка параметров среды с помощью INTERACTIVE. Основные группы и типы файлов. Команды ввода-вывода.

**Тема 4.** Этапы создания модели. Системы координат: глобальная, локальные, активная, СК рабочего поля, дисплейная, постпроцессорная. Системы координат узлов и элементов. Создание и изменение вспомогательных СК.

**Тема 5.** Настройка, изменение положения и ориентации рабочего поля.

Построение геометрии методом «снизу-вверх». Иерархия геометрических объектов. Основные команды создания, удаления и модификации ключевых точек, линий, областей, объемов.

**Тема 7.** Атрибуты элементов: тип, материал, геометрические характеристики, система координат. Назначение и изменение атрибутов.

**Тема 9.** Особенности регулярного разбиения, конкатенация линий и областей.

**Тема 10.** Команды нанесения плоской и объемных сеток, проверки качества и модификации.

**Тема 11.** Терминология, выбор и выделение, основные виды выделения и группировки. Создание компонентов (Components) и сборок (Assemblies).

**Тема 12.** Терминология для различных типов анализа. Типы нагружения: ограниченные степени свободы, сосредоточенные силы, поверхностные и объемные нагрузки, инерционные нагрузки, связанное нагружение. Способы приложения. Понятие о шагах нагружения (Load Steps).

**Тема 13.** Команды генерирования и модификации граничных условий.

Особенности приложения распределенных усилий, не нормальных к поверхности. Специальные поверхностные элементы. Зависимость от координат и номеров узлов.

**Тема 14.** Связанные нагрузки. Обмен данными между различными типами анализа.

### 5.1. Виды самостоятельной работы студентов

Таблица 5.1 – Виды самостоятельной работы студентов (СРС)

Номер темы дисциплины	Вид самостоятельной работы студентов	Трудоёмкость, часов
1	1. Подготовка к аудиторным занятиям	1
2	1. Подготовка к аудиторным занятиям	2
	2. Изучение теоретического материала	5
	3. Отчет по лабораторной работе	2
3	1. Подготовка к аудиторным занятиям	1
	2. Отчет по лабораторной работе	2
4	1. Подготовка к аудиторным занятиям	2
	2. Подготовка индивидуального задания	2
	3. Отчет по лабораторной работе	2
5	1. Подготовка к аудиторным занятиям	1
	2. Изучение теоретического материала	3
	3. Отчет по лабораторной работе	2
6	1. Подготовка к аудиторным занятиям	2
	2. Подготовка индивидуального задания	2
	3. Отчет по лабораторной работе	2
7	1. Подготовка к аудиторным занятиям	1
	2. Изучение теоретического материала	1
	3. Отчет по лабораторной работе	2
8	1. Подготовка к аудиторным занятиям	1
	2. Изучение теоретического материала	1
	3. Отчет по лабораторной работе	2
9	1. Подготовка к аудиторным занятиям	1
	2. Подготовка индивидуального задания	2
	3. Отчет по лабораторной работе	2
10	1. Подготовка к аудиторным занятиям	1
	2. Изучение теоретического материала	7
	3. Отчет по лабораторной работе	2
11	1. Подготовка к аудиторным занятиям	1
	2. Подготовка индивидуального задания	2
	3. Отчет по лабораторной работе	2
12	1. Подготовка к аудиторным занятиям	1
	2. Изучение теоретического материала	2
	3. Отчет по лабораторной работе	2
13	1. Подготовка к аудиторным занятиям	1
	2. Изучение теоретического материала	1
	3. Отчет по лабораторной работе	2
14	1. Подготовка к аудиторным занятиям	1
	2. Отчет по лабораторной работе	2
15	1. Подготовка к аудиторным занятиям	1
	2. Изучение теоретического материала	1
	3. Отчет по лабораторной работе	2
16	1. Подготовка к аудиторным занятиям	1
	2. Подготовка индивидуального задания	2
	3. Отчет по лабораторной работе	2
17	1. Подготовка к аудиторным занятиям	1
	2. Изучение теоретического материала	2
	3. Отчет по лабораторной работе	2

18	1. Подготовка к аудиторным занятиям 2. Отчет по лабораторной работе	1 3
19	1. Подготовка к аудиторным занятиям 2. Отчет по лабораторной работе	1 1
20	1. Подготовка к аудиторным занятиям	1
	Итого: в ч / в ЗЕТ	<b>92/2,6</b>

## 5.2 Индивидуальные задания

Пакет индивидуальных заданий выдается каждому студенту группы и включает в себя задания по всем основным разделам курса. Успешное выполнение индивидуального задания может быть учтено при выставлении экзаменационной оценки.

Индивидуальное задание включает в себя следующие темы:

1. Примеры создания твердотельных моделей средствами ANSYS для решения физических задач.
  - 1.1. Распределение напряжений в плоском образце с концентратором.
  - 1.2. Определение напряжений в гребенке с трапецеидальными зубьями (плоская задача).
  - 1.3. Расчет напряженно-деформированного состояния в плоскости кривошипа коленчатого вала.
  - 1.4. Изгиб пружины с шагом витка 0,006м под действием силы тяжести.
2. Примеры создания конечно-элементных разбиений твердотельных моделей
  - 2.1. Построение упорядоченного разбиения плоского образца с концентратором
  - 2.2. Построение разбиения плоской гребенки с трапецеидальными зубьями
  - 2.3. Конечно-элементное разбиение модели кривошипа коленчатого вала
  - 2.4. Конечно-элементное разбиение модели пружины с шагом витка 0,006м
3. Ограничения и нагрузки в ANSYS. Примеры задания нагрузок на границах конечно-элементных моделей. Решение примеров и просмотр результатов
  - 3.1. Осевое растяжение плоского образца с концентратором.
  - 3.2. Распределение давлений в области контакта трапецеидальных зубьев плоской гребенки
  - 3.3. Расчет напряженно-деформированного состояния кривошипа коленчатого вала.
  - 3.4. Изгиб пружины с шагом витка 0,006м под действием силы тяжести.

## 5.3. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установления связей с ранее освоенным материалом.

В процессе изучения дисциплины используются инновационные технологии для проведения лекционных занятий и лабораторных работ.

Лабораторные занятия основываются на интерактивном методе обучения, при котором учащиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности учащихся на достижение целей занятия.

Технологии организации самостоятельной работы основываются на использовании разработанных Интернет-ресурсов – справочные пособия, практикумы, лекции-презентации,

проектные методики. Контрольные мероприятия включают контрольные работы по двум учебным модулям.

## 6. Фонд оценочных средств дисциплины

### 6.1. Виды текущего, рубежного и итогового контроля освоения компонентов и частей компетенций

Таблица 6.1 - Виды контроля освоения компонентов и частей компетенций

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля			
	Текущий и промежуточный		Рубежный	Промежуточная аттестация
	ЛР	ИЗ	РК	Экзамен
<b>Усвоенные знания</b>				
<b>З.1</b> знать возможности инженерных программных комплексов в области оценки состояния технических объектов; основные режимы работы с графикой в специализированных САЕ-системах; классификацию и свойства элементов твердотельных моделей в системах конечно-элементного анализа	ОЛР		РКР.1.-РКР.2.	ТВ
<b>Освоенные умения</b>				
<b>У.1</b> Уметь решать задачи с применением информационно коммуникационных технологий с учетом основных требований информационной безопасности; выполнять построение виртуального геометрического аналога реального технического объекта в ANSYS Mechanical APDL; создавать и регулировать параметры дискретного аналога в ANSYS Mechanical APDL; осуществлять нагружение рассматриваемого объекта, проводить расчет с применением встроенных численных алгоритмов и анализировать его результаты.	ОЛР		РКР.1.- РКР.2.	ТВ
<b>Приобретенные владения</b>				
<b>В.1</b> Владеть практическими приемами математического и компьютерного моделирования виртуальных визуальных аналогов реальных технических объектов; навыками применения встроенного языка APDL для проведения вычислительных экспериментов в САЕ-системе ANSYS.	ОЛР	ИЗ	РКР.1.-РКР.2.	ПЗ

*Примечание:*

- ОЛР- отчет по лабораторной работе
- РКР – рубежная контрольная работа;
- ТВ – теоретический вопрос;
- ПЗ – практическое задание;
- ИЗ – индивидуальное задание.

## 6.2. Текущий и промежуточный контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Текущий и промежуточный контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций проводится в форме защиты отчета по лабораторным работам. Всего предусмотрено 17 тем лабораторных работ (48 часов). По каждому модулю: модуль 1 – нет лабораторных работ, по модулю 2 – 48 часов (17 лабораторных работ).

## 6.3. Рубежный контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Рубежный контроль освоения дисциплинарных частей компетенций проводится по окончании модулей дисциплины в следующих формах:

- контрольные работы (модуль 1, 2).

Тематика контрольных работ:

Модуль 1

РКР.1. Работы в пакете ANSYS

Модуль 2

РКР.2. моделирование и решение задач

## 6.4 Итоговый контроль освоения заданных дисциплинарных компетенций

### Экзамен

Итоговый контроль проходит в форме экзамена. Экзамен проводится в письменной форме одновременно для всех студентов группы по индивидуальным билетам. Билет содержит два теоретических вопроса и одно практическое задание. Экзамен длится 4 часа. По окончании экзамена студент сдает свое решение экзаменационной работы в письменной форме. Результаты экзамена объявляются не позже 12 часов следующего дня. Каждому студенту сообщается его оценка и дается возможность ознакомиться с проверенной письменной работой.

Фонды оценочных средств, включающие типовые задания и контрольные работы, а также методы оценки, критерии оценивания, перечень контрольных точек и таблица планирования результатов обучения, позволяющие оценить результаты освоения данной дисциплины, входят в состав РПД в виде приложения.

## 7. График учебного процесса по дисциплине

8. Таблица 7.1 – График учебного процесса по дисциплине

Вид работы	Распределение часов по учебным неделям (7 семестр)																		Итого, ч
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
<b>Раздел:</b>	<b>P1</b>			<b>P2</b>			<b>P3</b>			<b>P4</b>			<b>P5</b>			<b>P6</b>			
Лекции	2	1	1	1	2	2	2	1	3	2	2	3	2	2	2	3	3	2	36
КСР									2									2	4
Лабораторные работы		2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4		48
Изучение теоретического материала		2		2	1	1	2		4	1		4	1		4	1			23
Индивидуальное задание			2					2			2			2			2		10
Подготовка отчетов к лабораторным работам		2	2	2	1	1	2	1	2	2	4	2	3	2	4	2	2	2	36
Подготовка к аудиторным занятиям	1	2	2	1	1	3	1	1	2	1	1	2	2	1	1		1		23
<b>Модуль:</b>	<b>M1</b>									<b>M2</b>									<b>216</b>
<b>Контр. работа</b>									+									+	
<b>Дисциплин. контроль</b>																			<b>Экзамен</b>

8. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

8.1 Карта обеспеченности дисциплины учебно-методической литературой

<b>Б1.В.08 Программные комплексы инженерного анализа механических систем</b> (индекс и полное название дисциплины)	<b>Блок 1. Дисциплины (модули)</b> (цикл дисциплины)
<b>28.03.03</b> (код направления подготовки / специальности)	<b>Наноматериалы/ Конструкционные наноматериалы</b> (полное название направления подготовки / специальности)
<b>НМ/КНМ</b> (аббревиатура направления / специальности)	Уровень подготовки: <input type="checkbox"/> специалист <input checked="" type="checkbox"/> бакалавр <input type="checkbox"/> магистр
	Форма обучения: <input checked="" type="checkbox"/> очная <input type="checkbox"/> заочная <input type="checkbox"/> очно-заочная
<b>2018</b> (год утверждения учебного плана ОПОП)	Семестр: <u>7</u> Количество групп: <u>1</u> Количество студентов: <u>20</u>
<b>А.В. Ильиных</b> (фамилия, инициалы преподавателя)	<b>доцент</b> (должность)
<b>Аэрокосмический</b> (факультет)	
<b>Экспериментальная механика и конструкционное материаловедение</b> (кафедра)	

**8.2. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+ кафедре; местонахождени е электронных изданий
<b>1 Основная литература</b>		
1	Котов А.Г. САПР изделий из композиционных материалов. Моделирование процессов деформирования и разрушения в среде ANSYS : учебное пособие / А. Г. Котов ; Пермский государственный технический университет .— Пермь : Изд-во ПГТУ, 2008 .— 350 с.	126+ЭБ ПНИПУ
2	Шингель Л.П. Системы автоматизированного проектирования. Решение задач с использованием пакета программ ANSYS : учебно-методическое пособие / Л. П. Шингель ; Пермский государственный технический университет .— Пермь : Изд-во ПГТУ, 2009 .— 31 с.	50+ЭБ ПНИПУ
3	Шингель Л.П. Системы автоматизированного проектирования. Решение задач прочностного анализа с использованием пакета программ ANSYS 12.1 : учебно-методическое пособие / Л. П. Шингель ; Пермский национальный исследовательский политехнический университет .— Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2015 .— 52 с.	25+ЭБ ПНИПУ
<b>2 Дополнительная литература</b>		
1	Чигарев А.В. ANSYS для инженеров : справочное пособие / А. В. Чигарев, А. С. Кравчук, А. Ф. Смалюк .— Москва : Машиностроение, 2004 .— 511 с.	44 + ЭБ ПНИПУ
2	Каплун А.Б. ANSYS в руках инженера: практическое руководство / А. Б. Каплун, Е. М. Морозов, М. А. Олферьева. — 2-е изд., испр. — Москва: УРСС, 2004.— 270 с.	28
<b>2.2. Периодические издания</b>		
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
<b>2.4. Официальные издания</b>		
<b>2.5 Информационные ресурсы, электронно-библиотечные системы и профессиональные базы данных</b>		
1	Электронная библиотека Научной библиотеки Пермского национального исследовательского политехнического университета [Электронный ресурс: полнотекстовая база данных электрон. документов изданных в Изд-ве ПНИПУ]. – Электрон. дан. (1 912 записей). – Пермь, 2014. – Режим доступа: <a href="http://elib.pstu.ru/">http://elib.pstu.ru/</a> . – Загл. с экрана	
2	Электронно-библиотечная система Издательство «Лань» [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. версии кн., журн. по гуманит., обществ., естеств. и техн. наукам] / Электрон.-библ. система «Изд-ва «Лань». – Санкт-Петербург, 2010-2017. – Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com">http://e.lanbook.com</a> , по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана	



№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+ кафедре; местонахождени е электронных изданий
3	eLibrary [Электронный ресурс: полнотекстовая база данных: электрон. журн. на рус, англ., нем. яз.: реф. и наукометр. база данных] / Науч. электрон. б-ка. – Москва, 1869- . – Режим доступа: <a href="http://elibrary.ru/">http://elibrary.ru/</a> . – Загл. с экрана.	
4	Science [Электронный ресурс]: [электрон. версия еженед. междисциплинар. науч. журн. на англ. яз.] / TheAmericanAssociationfortheAdvancementtoScience (AAAS). – Washington, 2017. – Режим доступа: <a href="http://www.sciencemag.org/magazine">http://www.sciencemag.org/magazine</a> , по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.	
5	WebofScience [Электронный ресурс] : [мультидисциплинар. реф.библиограф. и наукометр. база данных на англ. яз.] / ThomsonReuters. – NewYork, 2017. – Режим доступа: <a href="http://apps.webofknowledge.com">http://apps.webofknowledge.com</a> , по IPадресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.	
6	<b>Консультант Плюс</b> [Электронный ресурс: справочная правовая система: документы и комментарии: универсал. информ. ресурс]. – Версия Проф, сетевая. – Москва, 1992. – Режим доступа: Компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, свободный	
7	<b>Техэксперт. 6.2014</b> [Электронный ресурс]: норматив.-техн. информ. / Консорциум «Кодекс». – Версия 6.3.2.22, сетевая. – Электрон. текст. дан. – Санкт-Петербург, 1991. – Режим доступа: Компьютер. сеть Науч. б-ка Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, свободный	

Основные данные об обеспеченности на 1.09.2018  
(дата одобрения рабочей программы на заседании кафедры)

Основная литература  обеспечена  не обеспечена

Дополнительная литература  обеспечена  не обеспечена

Зав. отделом комплектования научной библиотеки  Н.В. Тюрикова

Текущие данные об обеспеченности на \_\_\_\_\_  
(дата контроля литературы)

Основная литература  обеспечена  не обеспечена

Дополнительная литература  обеспечена  не обеспечена

Зав. отделом комплектования научной библиотеки \_\_\_\_\_ Н.В. Тюрикова

### 8.3. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

#### 8.3.1 Перечень программного обеспечения, в том числе компьютерные обучающие и контролирующие программы

Таблица 8.1 – Программы, используемые для обучения и контроля

№ п.п.	Вид учебного Занятия	Наименование программного продукта	Рег. номер	Назначение
1	2	3	4	5
1	Лабораторные работы	Windows XP Professional	42615552	прикладное программное обеспечения для работы с электронными таблицами, процессорами; системами по работе с базами данных; интегрированными пакетами программ;
2	Лабораторные работы	Microsoft Office 2007	42661567	офисный пакет приложений для работы с различными типами документов: текстами, электронными таблицами, базами данных и др.; составление отчетов по лабораторным работам
3	Лабораторные работы	ANSYS Academic Multiphysics Campus Solution	договор №1884-ПО/2017-ПФО от 28.02.2017г.	CAD, CAM, CAE-программа для построения моделей и выполнения различных расчетов

### 8.3 Аудио- и видео-пособия

Таблица 8.2 – Используемые аудио- и видео-пособия

Вид аудио-, видео-пособия					Наименование учебного пособия
теле-фильм	кино-фильм	слайды	плакаты	модели	
1	2	3	4	5	6
1	–	–	–	–	–

### 9. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

#### 9.1. Специализированные лаборатории и классы

Таблица 9.1 – Специализированные лаборатории и классы

№ п.п.	Помещения			Площадь, м <sup>2</sup>	Количество посадочных мест
	Название	Принадлежность (кафедра)	Номер аудитории		
1	2	3	4	5	6
1	Аудитория для практических занятий, компьютерный класс	МКМК	403	90	25
2	Аудитория для	МКМК	404	90	30

	лекционных и практических занятий				
3	Аудитория для самостоятельной работы студентов	ЦЭМ	312	33,6	12
4	Аудитория для самостоятельной работы студентов	МКМК	403	90	25

## 9.2 Основное учебное оборудование

Таблица 9.2 – Учебное оборудование

№ п.п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката)	Кол-во, ед.	Форма приобретения / владения (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
1	2	3	4	5
1	Компьютер (в составе Intel(R) Core(TM)i3CPU @2.93ГГц, 3.6ГБ ОЗУ)	15	Оперативное управление	403, к. Д
2	Проектор Panasonic PT-LB78V	1	Оперативное управление	403, к. Д
3	Переносной напольный экран APOLLO SAM-4303	1	Оперативное управление	403, к. Д
4	Компьютеры (в составе Intel(R) Core(TM)i5CPU @3ГГц, 4ГБ ОЗУ)	5	Оперативное управление	312, к. Д
5	Экран Da-Lite Cosmopolitan	1	Оперативное управление	404, к. Д
6	Ноутбук LenovoThinkPad	1	Оперативное управление	403, 404, к. Д
7	Проектор PanasonicPT-LB60NTE	1	Оперативное управление	404, к. Д

### Лист регистрации изменений

№ п.п.	Содержание изменения	Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой
1	2	3
1		
2		
3		
4		

## **Специальные условия для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

*В целях доступности получения образования для лиц с ограниченными возможностями здоровья по зрению, слуху, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, используется электронная информационно-образовательная среда организации, где размещается электронная версия рабочей программ. В рабочей программе приведен перечень информационных ресурсов (ЭБС, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем), находящихся в электронной библиотечной системе университета.*

При организации самостоятельной работы обучающихся им рекомендуется основное внимание уделять работе с учебными материалами, в том числе в электронном виде, предлагаемыми для изучения, сопоставлению и дополнению материалов, записанных на аудиторных занятиях, с информацией, имеющейся в рекомендуемой литературе и на электронных ресурсах.

Доступ ко всем необходимым для организации самостоятельной работы обучающихся учебно-методическим материалам выполнен в качестве гиперссылок на ресурсы, размещенные в сети Интернет.

Для каждого обучающегося предусмотрен свободный доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет, предоставляются учебные, методические печатные и электронные издания (включая электронные базы периодических изданий) в форме, адаптированной к ограничениям здоровья: в печатной форме; в форме электронного документа.

Учебно-вспомогательным персоналом кафедр, при необходимости, оказывается помощь в предоставлении результатов работы обучающегося в установленной форме.

*В целях доступности получения образования для лиц с ограниченными возможностями здоровья по зрению дополнительно обеспечивается:*

- присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь;
- обеспечение выпуска альтернативных форматов печатных материалов (крупный шрифт).
- возможность индивидуального равномерного освещения не менее 300 люкс.
- компьютерная техника оснащенная программными средствами усиления остаточного зрения («Электронная лупа»).
- для выполнения заданий, связанных с использованием компьютерной техники предоставляется клавиатура, оснащенная комплектом для маркировки азбукой Брайля

При проведении занятий по запросу обучающихся осуществляется чтение того, что пишется на доске; предоставляются учебно-методические материалы, напечатанные укрупненным шрифтом. Обучающимся рекомендуется использовать диктофоны для записи лекций.

*В целях доступности получения образования для лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху дополнительно обеспечивается:*

- сопровождение воспроизводимой информации записями на доске;
- представление воспроизводимой информации в форме презентаций;
- обеспечение надлежащими звуковыми средствами воспроизведения информации.

**Рабочая программа дисциплины «Программные комплексы инженерного анализа механических систем»** разработан на основании:

- федерального государственного образовательного стандарта высшего образования, утверждённого приказом Министерства образования и науки Российской Федерации «22» сентября 2017 г. номер приказа «968» по направлению подготовки 28.03.03 «Наноматериалы»;
- компетентностной модели выпускника ОПОП по направлению подготовки 28.03.03 «Наноматериалы», профилю бакалавриата «Конструкционные наноматериалы», утверждённой «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.;
- базового учебного плана очной формы обучения по направлению подготовки 28.03.03 «Наноматериалы», профилю бакалавриата «Конструкционные наноматериалы», утверждённого «1» сентября 2018 г.
- учебного плана заочной формы обучения по направлению подготовки 28.03.03 «Наноматериалы», профилю бакалавриата «Конструкционные наноматериалы», утверждённого «1» сентября 2018 г.

Разработчик \_\_\_\_\_ канд. техн. наук \_\_\_\_\_ А.В. Бабушкин  
(учёная степень, звание) (подпись) (инициалы, фамилия)

**Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Экспериментальная механика и конструкционное материаловедение» «\_\_» \_\_\_\_\_ 201\_ г., протокол №**

Заведующий кафедрой  
«Экспериментальная механика и  
конструкционное материаловедение»,  
ведущей дисциплину  
д-р. физ.-мат. наук, проф.  
\_\_\_\_\_ (учёная степень, звание)

\_\_\_\_\_ (подпись) В.Э. Вильдеман  
(инициалы, фамилия)

### **СОГЛАСОВАНО**

Заведующий выпускающей кафедрой  
«Экспериментальная механика и  
конструкционное материаловедение»,  
д-р. ф-м. наук, проф.

\_\_\_\_\_ В.Э. Вильдеман

Начальник управления образовательных  
программ, канд. техн. наук, доц.

\_\_\_\_\_ Д.С. Репецкий

## Приложение 1 к рабочей программе дисциплины

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

Аэрокосмический факультет

*(наименование факультета)*

кафедра Экспериментальная механика и конструкционное материаловедение

*(наименование кафедры, ведущей дисциплину)*

### **Особенности осуществления образовательной деятельности по дисциплине «Программные комплексы инженерного анализа механических систем» для заочной формы обучения**

Программа бакалавриата

Направление подготовки: 23.03.03 «Наноматериалы»

Направленность (профиль)  
программы бакалавриата:

Конструкционные наноматериалы

Квалификация выпускника:

бакалавр

Выпускающая кафедра:

Экспериментальная механика и конструкционное  
материаловедение

Форма обучения:

заочная

Курс: 4 .

Семестр(-ы): 8

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану: 6 ЗЕ

Часов по рабочему учебному плану: 216 ч

Виды контроля:

Экзамен: - 8

Зачёт: - нет

Курсовой проект: - нет

Курсовая работа: - нет

Пермь 2018

Данное приложение является неотъемлемой частью рабочей программы дисциплины **«Программные комплексы инженерного анализа механических систем»** и включает изменения и дополнения таблиц 3.1 и 4.1, пункта 5.2 и нового пункта 4.8, связанные со спецификой заочной формы обучения, остальные пункты и таблицы остаются без изменений.

Таблица 3.1 – Объём и виды учебной работы

№ п/п	Виды учебной работы	Трудоемкость, ч	
		По семестрам	Всего
1	2	3	4
		8 семестр	
<b>1.</b>	<b>Контактная аудиторная работа</b>	<b>30</b>	<b>30</b>
	Лекции (Л)	10	10
	Лабораторные работы (ЛР)	12	12
	<b>Контроль самостоятельной работы (КСР)</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
<b>2.</b>	<b>Самостоятельная работа студентов (СРС)</b>	<b>183</b>	<b>183</b>
	- подготовка к аудиторным занятиям (ПАЗ)	36	36
	-самостоятельное изучение теоретического материала, выполнение контрольных работ (ИТМ)	50	50
	-Подготовка отчетов по лабораторным работам (ЛР)	50	50
	- индивидуальное задание (ИЗ)	50	50
<b>3.</b>	<b>Промежуточная аттестация по дисциплине</b>	<b>Экзамен/9</b>	<b>9</b>
	<b>Трудоёмкость дисциплины, всего:</b> <b>в часах (ч)</b> <b>в зачётных единицах (ЗЕТ)</b>	<b>216</b> <b>6</b>	<b>216</b> <b>6</b>

Таблица 4.1 – Тематический план по модулям учебной дисциплины

Номер учебного модуля	Номер раздела дисциплины	Номер темы дисциплины	Количество часов (заочная форма обучения)				промежуточная аттестация	самостоятельная работа	Трудоёмкость, ч/ЗЕТ
			контактная аудиторная работа						
			Всего	Л	ЛР	КСР			
1	2	3	4	5	7	8	9	10	11
1	Раздел 1	Тема 1	0.5	0.5	-			ПАЗ-2	2,5
		Тема 2	0.5	0.5	-			ИТМ-10 ЛР-5	15,5
		Тема 3	0.5	0.5	-	1		ЛР-5	5,5
	<b>Итого по модулю 1</b>	<b>1.5</b>	<b>1.5</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>-</b>	<b>22</b>	<b>23,5/0,66</b>	



Номер учебного модуля	Номер раздела дисциплины	Номер темы дисциплины	Количество часов (заочная форма обучения)					Трудоёмкость, ч/ЗЕТ		
			контактная аудиторная работа			промежуточная аттестация	самостоятельная работа			
			Всего	Л	ЛР				КСР	
1	2	3	4	5	7	8	9	10	11	
2	Раздел 2	Тема 4	1	0.5	0.5			ПАЗ-2	3	
		Тема 5	1	0.5	0.5			ИТМ-10 ЛР-5	16	
		Тема 6	1.5	0.5	1			ЛР-5	6,5	
	Раздел 3	Тема 7	1.5	0.5	1			ПАЗ-2	3,5	
		Тема 8	1.5	0.5	1			ИТМ-5 ЛР-5	11,5	
		Тема 9	1.5	0.5	1			ЛР-5 ИЗ-5	11,5	
		Тема 10	1.5	0.5	1			ПАЗ-2 ИЗ-5	8,5	
		Тема 11	1.5	0.5	1			ИТМ-5 ЛР-5	11,5	
	Раздел 4	Тема 12	1.5	0.5	1			ЛР-5 ИЗ-5	11,5	
		Тема 13	1.5	0.5	1			ПАЗ-2 ИЗ-5	8,5	
		Тема 14	1.5	0.5	1			ИТМ-5 ЛР-5	11,5	
	Раздел 5	Тема 15	1.5	0.5	1			ЛР-5 ИЗ-5	11,5	
		Тема 16	1.5	0.5	1			ИТМ-5 ИЗ-5	11,5	
	Раздел 6	Тема 17	2	1	1			ИЗ-5	7	
		Тема 18	2	1	1			ИТМ-5 ИЗ-5	12	
		Тема 19	2	1	1			ИЗ-5	7	
		Тема 20	2	1	1	1		ИТМ-5 ИЗ-5	12	
	<b>Итого по модулю 2</b>			<b>26.5</b>	<b>10.5</b>	<b>16</b>	<b>1</b>	<b>-</b>	<b>153</b>	<b>180.5/5.01</b>
	<b>Промежуточная аттестация</b>			<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>9</b>	<b>-</b>	<b>9/0.25</b>
	<b>Итого</b>			<b>24</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>2</b>		<b>183</b>	<b>216/6</b>

#### 4.8. Контрольная работа

Тематика контрольных работ:

- начало работы в пакете ansys;
- твердотельное моделирование;
- построение конечно-элементной сетки;
- приложение внешних нагрузок;
- настройка вычислительного процесса;
- постпроцессорная обработка результатов;
- Основы программирования на apdl;
- некоторые виды нелинейного анализа.

## Указания по подготовке контрольной работе

Для подготовки контрольной работы преподаватель на первом занятии выдает студенту один вопрос из представленного перечня. Контрольная работа выполняется самостоятельно в соответствии с Методическими рекомендациями по самостоятельной работе.

### 5.2. Изучение теоретического материала

*Тема 2.* Построение сетки: использование экструзии, создание упорядоченной сетки, создание произвольной сетки, адаптивное разбиение. Получение решения (SOLVING): задание вида анализа и его опций, нагрузок и шага решения, запуск на счет.

Методы решения уравнений: фронтальный решатель, PowerSolver, метод сопряженных градиентов Якоби, Холецкого.

Постпроцессорная обработка: постпроцессор общего назначения, постпроцессор истории нагружения.

*Тема 3.* Состав программной группы и функции рабочих файлов. Предварительная настройка параметров среды с помощью INTERACTIVE. Основные группы и типы файлов. Команды ввода-вывода.

*Тема 4.* Этапы создания модели. Системы координат: глобальная, локальные, активная, СК рабочего поля, дисплейная, постпроцессорная. Системы координат узлов и элементов. Создание и изменение вспомогательных СК.

*Тема 5.* Настройка, изменение положения и ориентации рабочего поля.

Построение геометрии методом «снизу-вверх». Иерархия геометрических объектов. Основные команды создания, удаления и модификации ключевых точек, линий, областей, объемов.

*Тема 7.* Атрибуты элементов: тип, материал, геометрические характеристики, система координат. Назначение и изменение атрибутов.

*Тема 9.* Особенности регулярного разбиения, конкатенация линий и областей.

*Тема 10.* Команды нанесения плоской и объемных сеток, проверки качества и модификации.

*Тема 11.* Терминология, выбор и выделение, основные виды выделения и группировки. Создание компонентов (Components) и сборок (Assemblies).

*Тема 12.* Терминология для различных типов анализа. Типы нагружения: ограниченные степени свободы, сосредоточенные силы, поверхностные и объемные нагрузки, инерционные нагрузки, связанное нагружение. Способы приложения. Понятие о шагах нагружения (Load Steps).

*Тема 13.* Команды генерирования и модификации граничных условий.

Особенности приложения распределенных усилий, не нормальных к поверхности. Специальные поверхностные элементы. Зависимость от координат и номеров узлов.

*Тема 14.* Связанные нагрузки. Обмен данными между различными типами анализа.

*Приложение 2 к рабочей программе дисциплины*

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Пермский национальный исследовательский политехнический  
университет»

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине  
«ПРОГРАММНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ИНЖЕНЕРНОГО АНАЛИЗА  
МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ»

<b>Направление подготовки:</b>	28.03.03 Наноматериалы
<b>Направленность (профиль) образовательной программы:</b>	Конструкционные наноматериалы
<b>Квалификация выпускника:</b>	«Бакалавр»
<b>Форма обучения:</b>	Очная/заочная

# 1. Перечень формируемых частей компетенций, этапы их формирования и контролируемые результаты обучения

## 1.1. Формируемые части компетенций

Согласно КМВ ОПОП учебная дисциплина «Программные комплексы инженерного анализа механических систем» участвует в формировании следующей компетенции

- быть способным применять навыки использования (под руководством) методов моделирования, оценки, прогнозирования и оптимизации технологических процессов и свойств наноматериалов (ПК-4).

## 1.2. Этапы формирования дисциплинарных частей компетенций, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (7-го семестра базового учебного плана) и разбито на 2 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные и лабораторные работы, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты дисциплинарных компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, и которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, выполнении индивидуальных заданий и экзамена. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Контролируемые результаты обучения по дисциплине «Программные комплексы инженерного анализа механических систем»

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВЫ)	Вид контроля			
	Текущий и промежуточный		Рубежный	Промежуточная аттестация
	ЛР	ИЗ	РК	Экзамен
<b>Усвоенные знания</b>				
<b>З.1</b> знать возможности инженерных программных комплексов в области оценки состояния технических объектов; основные режимы работы с графикой в специализированных САЕ-системах; классификацию и свойства элементов твердотельных моделей в системах конечно-элементного анализа	ОЛР		РКР.1.-РКР.2.	ТВ
<b>Освоенные умения</b>				
<b>У.1</b> Уметь решать задачи с применением информационно коммуникационных технологий с учетом основных требований информационной безопасности; выполнять построение виртуального геометрического аналога реального технического объекта в ANSYS Mechanical APDL; создавать и регулировать параметры дискретного аналога в ANSYS Mechanical APDL; осуществлять нагружение рассматриваемого объекта, проводить расчет с применением встроенных численных алгоритмов и анализировать его результаты.	ОЛР		РКР.1.- РКР.2.	ТВ
<b>Приобретенные владения</b>				
<b>В.1</b> Владеть практическими приемами математического и компьютерного моделирования виртуальных визуальных аналогов реальных технических объектов; навыками применения встроенного языка APDL для проведения вычислительных экспериментов в САЕ-системе ANSYS.	ОЛР	ИЗ	РКР.1.-РКР.2.	ПЗ

Примечание:

ОЛР- отчет по лабораторной работе

РКР – рубежная контрольная работа;

ТВ – теоретический вопрос;

ПЗ – практическое задание;

ИЗ – индивидуальное задание.

Итоговой оценкой освоения дисциплинарных компетенций (результатов обучения по дисциплине) является промежуточная аттестация в виде экзамена, проводимая с учетом результатов промежуточного и рубежного контроля.

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

### **2.1. Текущий и промежуточный контроль**

Текущий и промежуточный контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций проводится в форме защиты индивидуальных заданий и отчета по лабораторным работам. Всего предусмотрено 17 тем лабораторных работ (48 часов). По каждому модулю: модуль 1 – нет лабораторных работ, по модулю 2 – 48 часов (17 лабораторных работ).

Согласно РПД, запланировано выполнение каждым студентом индивидуальных заданий. На выполнение индивидуальных заданий отводится 10 часов. На семестр запланировано 3 темы индивидуальных заданий, которые последовательно выполняются студентом в соответствии с планом самостоятельной работы.

Результаты проверки знаний студентов заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточных аттестаций.

#### **2.1.2. Защита лабораторных работ**

Всего запланировано 17 лабораторных работ. Типовые темы лабораторных работ приведены в РПД. Защита лабораторных работ проводится индивидуально каждым студентом. Шкала и критерии оценки приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2. Шкала и критерии оценки защиты лабораторных работ

<b>Балл</b>	<b>Уровень освоения</b>	<b>Критерии оценивания уровня освоения учебного материала</b>
5	Максимальный уровень	<i>Задание по лабораторной работе выполнено в полном объеме. Студент точно ответил на контрольные вопросы, свободно ориентируется в предложенном решении, может его модифицировать при изменении условия задачи. Отчет выполнен аккуратно и в соответствии с предъявляемыми требованиями.</i>
4	Средний уровень	<i>Задание по лабораторной работе выполнено в полном объеме. Студент ответил на теоретические вопросы, испытывая небольшие затруднения. Качество оформления отчета по лабораторной работе не полностью соответствует требованиям.</i>
3	Минимальный уровень	<i>Студент выполнил правильно задание к лабораторной работе, составил отчет в установленной форме, представил решение большинства заданий, предусмотренных в лабораторной работе. Студент не может полностью объяснить полученные результаты.</i>

2	Минимальный уровень не достигнут	<i>Студент не выполнил все задания лабораторной работы, не может полностью объяснить полученные результаты.</i>
---	----------------------------------	---

### 2.1.2. Защита индивидуальных заданий

Всего запланировано 3 темы индивидуальных занятий. Типовые темы индивидуальных заданий приведены в РПД. Защита индивидуального задания проводится персонально каждым студентом. Шкала и критерии оценки приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2. Шкала и критерии оценки защиты индивидуального задания

Балл	Уровень освоения	Критерии оценивания уровня освоения учебного материала
5	Максимальный уровень	<i>Студент полностью и правильно выполнил индивидуальное задание, свободно ориентируется в предложенном решении, может его модифицировать при изменении условия задачи. Отчет выполнен аккуратно и в соответствии с предъявляемыми требованиями. Студент может полностью объяснить полученные результаты.</i>
4	Средний уровень	<i>Студент выполнил индивидуальное задание с некоторыми недочетами. Качество оформления отчета не полностью соответствует требованиям. Студент может полностью объяснить полученные результаты.</i>
3	Минимальный уровень	<i>Студент представил не полный отчет по индивидуальному заданию. Качество оформления отчета не полностью соответствует требованиям. Студент не может полностью объяснить полученные результаты.</i>
2	Минимальный уровень не достигнут	<i>Студент не выполнил индивидуальное задание.</i>

## 2.2. Рубежный контроль

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений дисциплинарных частей компетенций (табл. 1.1) проводится в соответствии с графиком учебного процесса, приведенного в РПД, в форме выполнения рубежных контрольных работ (после изучения каждого из двух модулей учебной дисциплины).

### 2.2.1. Рубежные контрольные работы

Рубежный контроль освоения дисциплинарных частей компетенций проводится по окончании модулей дисциплины в следующих формах:

- контрольные работы (модуль 1, 2).

Тематика контрольных работ:

Модуль 1

РКР.1. Работы в пакете ANSYS

Модуль 2

РКР.2. моделирование и решение задач

### **Типовые задания РКР по модулям дисциплины:**

Типовые задания по рубежным контрольным работам согласно модулям изучаемой дисциплины приведены в ФОС (см. Приложение 2).

### **Типовые шкала и критерии оценки результатов рубежного контроля:**

- Оценка «5» ставится студенту, который полностью усвоил материал, грамотно его изложил, свободно отвечает на дополнительные вопросы. Соответствующие знания / умения / владения сформированы полностью.
- Оценка «4» ставится студенту, который твердо знает материал, не допускает существенных неточностей, но в ответах на вопросы имеются незначительные ошибки. Соответствующие знания / умения / владения в целом сформированы, но содержат отдельные пробелы.
- Оценка «3» ставится студенту, который поверхностно раскрывает основные теоретические положения и допускает ошибки в решении задач, показывает общее, но не структурированное знание, в целом приемлемое, но не систематическое умение и владение соответствующими компетенциями.
- Оценка «2» ставится студенту, который не владеет теоретическим материалом, допускает существенные ошибки в решении задач, показывает фрагментарные знания (или их отсутствие), частично освоенное умение (или его отсутствие), фрагментарное применение навыка (или его отсутствие) соответствующих компетенций.

### **2.3. Промежуточная аттестация**

До экзамена допускаются студенты, успешно выполнившие все лабораторные работы и индивидуальные задания, написавшие на положительную оценку все рубежные контрольные работы. Лабораторные работы и индивидуальные задания оцениваются дифференцированно по четырехбалльной шкале: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Положительными считаются первые три оценки. Оценки «отлично» и «хорошо» учитываются при оценке экзаменационной работы и могут ее повышать.

Оценка за экзамен по дисциплине «Программные комплексы инженерного анализа механических систем» выставляется с учетом результатов текущего и рубежного контроля, которые обеспечивают необходимый уровень сформированности заявленных дисциплинарных компетенций.

Результаты экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение экзамена.

Оценочными средствами экзамена являются вопросы билета. Экзаменационные вопросы содержат вопросы, оценивающие уровень сформированности компонентов: *знать* (теоретические вопросы), *уметь* (практические задания), *владеть* (комплексные практические задания). Экзаменационные билеты составляются преподавателем, ведущим дисциплину, и заверяются заведующим кафедрой. Контрольный набор экзаменационных билетов по дисциплине хранится на кафедре, за которой закреплена дисциплина.

Экзамен по дисциплине «Программные комплексы инженерного анализа механических систем» проводится в письменной форме одновременно для всех студентов группы по индивидуальным билетам. Экзамен длится 4 часа. Билет содержит два теоретических вопроса и одно практическое задание. Первое и второе задание (*проверка знаний*) позволяет выяснить, насколько хорошо усвоена студентом теория; для успешного выполнения первого задания требуется грамотно применить теоретический материал. Третье задание (*проверка умений, владений*) позволяет установить, как студент может действовать по известному алгоритму, применяя его к конкретной задаче.

По окончании экзамена студент сдает свое решение экзаменационной работы в письменной форме. Результаты экзамена объявляются не позже 12 часов следующего дня.

Каждому студенту сообщается его оценка и дается возможность ознакомиться с проверенной письменной работой. Итоговая экзаменационная оценка проставляется одновременно в экзаменационную ведомость и зачетную книжку студента и заверяется подписью преподавателя.

### 2.3.1. Типовые контрольные задания для экзамена по дисциплине

#### Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Определение собственных форм и частот ферм.
2. Контактные напряжения в болтовом соединении.
3. Настройка, изменение положения и ориентации рабочего поля.

#### Типовые вопросы и задания для контроля усвоенных умений:

1. Вычисление эффективных параметров волокнистого композита.
2. Определение собственных форм и частот ферм.

#### Типовые вопросы и задания для контроля усвоенных владений:

1. Расчет НДС шкива ременной передачи.
2. Контактные напряжения в болтовом соединении.

### 2.3.2. Шкалы оценивания результатов обучения при экзамене

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных дисциплинарных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания путем выборочного контроля во время экзамена.

Шкала и критерии оценки результатов обучения при экзамене для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в таблицах 2.4, 2.5 и 2.6.

Таблица 2.4. Шкала оценивания уровня знаний

Балл	Уровень усвоения	Критерии оценивания уровня усвоенных знаний
5	Максимальный уровень	<i>Студент правильно ответил на теоретический вопрос билета. Показал отличные знания в рамках усвоенного учебного материала.</i>
4	Средний уровень	<i>Студент ответил на теоретический вопрос билета с небольшими неточностями. Показал хорошие знания в рамках усвоенного учебного материала.</i>
3	Минимальный уровень	<i>Студент ответил на теоретический вопрос билета с существенными неточностями. Показал удовлетворительные знания в рамках усвоенного учебного материала.</i>
2	Минимальный уровень не достигнут	<i>При ответе на теоретический вопрос билета студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний.</i>

Таблица 2.5. Шкала оценивания уровня умений

Балл	Уровень освоения	Критерии оценивания уровня освоенных умений
5	Максимальный уровень	<i>Студент правильно выполнил практическое задание билета. Показал отличные умения в рамках освоенного учебного материала.</i>
4	Средний уровень	<i>Студент выполнил практическое задание билета с небольшими неточностями. Показал хорошие умения в</i>



Балл	Уровень освоения	Критерии оценивания уровня освоенных умений
		<i>рамках освоенного учебного материала.</i>
3	Минимальный уровень	<i>Студент выполнил практическое задание билета с существенными неточностями. Показал удовлетворительные умения в рамках освоенного учебного материала.</i>
2	Минимальный уровень не достигнут	<i>При выполнении практического задания билета студент продемонстрировал недостаточный уровень умений.</i>

Таблица 2.6. Шкала оценивания уровня приобретенных владений

Балл	Уровень приобретения	Критерии оценивания уровня приобретенных владений
5	Максимальный уровень	<i>Студент правильно выполнил комплексное задание билета. Показал отличные владения навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.</i>
4	Средний уровень	<i>Студент выполнил комплексное задание билета с небольшими неточностями. Показал хорошие владения навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.</i>
3	Минимальный уровень	<i>Студент выполнил комплексное задание билета с существенными неточностями. Показал удовлетворительное владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.</i>
2	Минимальный уровень не достигнут	<i>При выполнении комплексного задания билета студент продемонстрировал недостаточный уровень владения умениями и навыками при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.</i>

### 3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине

#### 3.1. Оценка уровня сформированности компонентов дисциплинарных компетенций

При оценке уровня сформированности дисциплинарных компетенций в рамках выборочного контроля при экзамене считается, что **полученная оценка за компонент проверяемой в билете дисциплинарной компетенции обобщается на соответствующий компонент всех дисциплинарных компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.**

Общая оценка уровня сформированности всех дисциплинарных компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов промежуточного и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

#### 3.2. Оценочный лист

Оценочный лист промежуточной аттестации в виде экзамена является инструментом для оценивания преподавателем уровня освоения компонентов контролируемых дисциплинарных компетенций путём агрегирования оценок, полученных студентом за ответы на вопросы билета, и результатов *текущей успеваемости* студента. Заполняя все позиции оценочного листа, преподаватель выставляет частные оценки по результатам текущей успеваемости студента, а также по ответам на вопросы и задания билета.

В оценочный лист включаются:

1. Интегральная оценка по результатам промежуточного и рубежного контроля по 4-х балльной шкале оценивания.
2. Три за ответы на вопросы и задания билета по 4-х балльной шкале оценивания.
3. Средняя оценка уровня сформированности дисциплинарных компетенций.
4. Итоговая оценка уровня сформированности дисциплинарных компетенций.

По первым четырем оценкам вычисляется средняя оценка промежуточной аттестации по дисциплине, на основании которой по сформулированным критериям выставляется итоговая оценка уровня сформированности заявленных дисциплинарных компетенций. Форма оценочного листа с примерами получения итоговой оценки уровня сформированности дисциплинарных компетенций приведена в таблице 3.1.

Таблица 3.1. Оценочный лист уровня сформированности дисциплинарных компетенций

Интегральный результат промежуточного и рубежного контроля (по результатам текущей успеваемости)	Оценка за экзамен			Средняя оценка уровня сформированности дисциплинарных компетенций	Итоговая оценка уровня сформированности дисциплинарных компетенций
	знания	умения	владения		
5*	5	4	5	4.8	<i>отлично</i>
4	3	3	3	3.3	<i>удовлетворительно</i>
3	5	4	3	3.8	<i>хорошо</i>
3	3	3	2	2.8	<i>неудовлетворительно</i>
3	3	4	2	3.0	<i>неудовлетворительно</i>

\*) - пример заполнения оценочного листа

**Критерии выведения итоговой оценки промежуточной аттестации:**

«Отлично» – средняя оценка > 4,5.

«Хорошо» – средняя оценка >3,7 и ≤ 4,5.

«Удовлетворительно» – средняя оценка ≥3,0 и ≤3,7 при отсутствии хотя бы одной неудовлетворительной оценки за компоненты компетенций.

«Неудовлетворительно» – средняя оценка <3,0 или присутствует хотя бы одна неудовлетворительная оценка за компоненты компетенций.

## Приложение 1. Форма билета для экзамена



ФГБОУ ВО «Пермский национальный  
исследовательский политехнический  
университет» (ПНИПУ)

28.03.03 Наноматериалы  
Конструкционные наноматериалы  
Кафедра «Экспериментальная механика и  
конструкционное материаловедение»

### Дисциплина «Программные комплексы инженерного анализа механических систем»

#### БИЛЕТ № 1

1. Контактные напряжения в болтовом соединении (*контроль знаний*).
2. Вычисление эффективных параметров волокнистого композита. (*контроль умений, владений*).
3. Определение собственных форм и частот ферм. (*контроль умений, владений*).

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

## **Приложение 2. Типовые варианты рубежных контрольных работ по модулям**

В приложении приведено по одному варианту рубежных контрольных работ, согласно выделенных ранее тематик по модулям дисциплины. Рубежные контрольные работы приведены в ознакомительных целях и содержат типовые вопросы и практические задания, направленные на оценку уровня сформированности всех заявленных дисциплинарных компетенций по дисциплине «Программные комплексы инженерного анализа механических систем».

### ***РКР.1. (Модуль 1)***

1. Расчет строительных элементов
2. Применение Р-элементов для расчета пластины с отверстием

### ***РКР.2. (Модуль 2)***

1. Задача о НДС тоннеля
2. Упругое деформирование уголкового кронштейна

### ***РКР.3. (Модуль 3)***

1. Вычисление эффективных параметров волокнистого композита
2. Применение балочных элементов для расчета ферм

### ***РКР.4. (Модуль 4)***

1. Расчет строительных элементов
2. Осадка упругопластической заготовки

## **Специальные условия для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

*В целях доступности получения образования для лиц с ограниченными возможностями здоровья по зрению, слуху, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата,* используется электронная информационно-образовательная среда организации, где размещается электронная версия рабочей программ. В рабочей программе приведен перечень информационных ресурсов (ЭБС, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем), находящихся в электронной библиотечной системе университета.

При организации самостоятельной работы обучающихся им рекомендуется основное внимание уделять работе с учебными материалами, в том числе в электронном виде, предлагаемыми для изучения, сопоставлению и дополнению материалов, записанных на аудиторных занятиях, с информацией, имеющейся в рекомендуемой литературе и на электронных ресурсах.

Доступ ко всем необходимым для организации самостоятельной работы обучающихся учебно-методическим материалам выполнен в качестве гиперссылок на ресурсы, размещенные в сети Интернет.

Для каждого обучающегося предусмотрен свободный доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет, предоставляются учебные, методические печатные и электронные издания (включая электронные базы периодических изданий) в форме, адаптированной к ограничениям здоровья: в печатной форме; в форме электронного документа.

Учебно-вспомогательным персоналом кафедр, при необходимости, оказывается помощь в предоставлении результатов работы обучающегося в установленной форме.

*В целях доступности получения образования для лиц с ограниченными возможностями здоровья по зрению дополнительно обеспечивается:*

- присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь;
- обеспечение выпуска альтернативных форматов печатных материалов (крупный шрифт).
- возможность индивидуального равномерного освещения не менее 300 люкс.
- компьютерная техника оснащенная программными средствами усиления остаточного зрения («Электронная лупа»).
- для выполнения заданий, связанных с использованием компьютерной техники предоставляется клавиатура, оснащенная комплектом для маркировки азбукой Брайля

При проведении занятий по запросу обучающихся осуществляется чтение того, что пишется на доске; предоставляются учебно-методические материалы, напечатанные укрупненным шрифтом. Обучающимся рекомендуется использовать диктофоны для записи лекций.

*В целях доступности получения образования для лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху дополнительно обеспечивается:*

- сопровождение воспроизводимой информации записями на доске;
- представление воспроизводимой информации в форме презентаций;
- обеспечение надлежащими звуковыми средствами воспроизведения информации.