

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



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по образовательной  
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 07 » марта 20 23 г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Современные компьютерные технологии в научных исследованиях и проектировании энергетических установок  
(наименование)

**Форма обучения:** очная  
(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** магистратура  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** 324 (9)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** 13.04.03 Энергетическое машиностроение  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Газотурбинные и паротурбинные установки и двигатели  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель – получение знаний, умений и навыков применять современное программное обеспечение для расчёта параметров рабочих процессов газотурбинных и паротурбинных установок и двигателей и разработки конструкторской документации их деталей и узлов.

Задачи:

- изучение методов построения моделей деталей и узлов газотурбинных установок и двигателей, создания на их основе чертежей деталей, сборочных чертежей и спецификаций;
- формирование умения самостоятельно разрабатывать законченную конструкторскую документацию деталей и узлов газотурбинных установок и двигателей;
- формирование умения решать инженерные задачи с применением программных систем компьютерного моделирования и компьютерного инжиниринга (CAE-систем);
- формирование навыков использования современных САПР при проектировании деталей и узлов газотурбинных установок и двигателей;
- формирование навыков применения современных численных методов и построения физико-математических и компьютерных моделей для решения задач прикладной механики в области газотурбинных и паротурбинных установок и двигателей с применением программных систем компьютерного инжиниринга.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- CAD программы;
- конструкторская документация;
- программный комплекс ANSYS.

### 1.3. Входные требования

Не предусмотрены

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

| Компетенция | Индекс индикатора | Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)   | Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения  | Средства оценки |
|-------------|-------------------|---|---|-----------------|
| ОПК-2       | ИД-1ОПК-2         | Знает возможности, преимущества и недостатки современных компьютерных технологий при выполнении научных исследований и разработок; стандартных пакетов прикладных программ; языки алгоритмизации процесса вычислений при проведении исследований. | Знает возможности, преимущества и недостатки современных экспериментальных методов и компьютерных технологий при выполнении научных исследований и разработок; стандартных пакетов прикладных программ; языки алгоритмизации процесса вычислений при проведении исследований. | Зачет           |

| Компетенция | Индекс индикатора | Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)  | Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения   | Средства оценки        |
|-------------|-------------------|--|--|------------------------|
| ОПК-2       | ИД-2ОПК-2         | Умеет аргументированно выбирать и использовать современные компьютерные технологии при выполнении научных исследований и разработок, стандартные пакеты прикладных программ; алгоритмизировать процесс вычислений при проведении исследований. | Умеет аргументированно выбирать и использовать современные экспериментальные методы и компьютерные технологии при выполнении научных исследований и разработок, стандартные пакеты прикладных программ; алгоритмизировать процесс вычислений при проведении исследований.  | Индивидуальное задание |
| ОПК-2       | ИД-3ОПК-2         | Владеет навыками использования современных компьютерных технологий при выполнении научных исследований и разработок, стандартных пакетов прикладных программ, алгоритмизации процесса вычислений при проведении исследований.                  | Владеет навыками использования современных экспериментальных методов и компьютерных технологий при выполнении научных исследований и разработок, стандартных пакетов прикладных программ, алгоритмизации процесса вычислений при проведении исследований.  | Индивидуальное задание |
| ПКО-2       | ИД-1ПКО-2         | Знает подходы, виды и формы рабочих планов и программ, регламентирующих проведение научных исследований и технических разработок, составления практических рекомендаций по использованию результатов научных исследований.                     | Знает подходы, виды и формы рабочих планов и программ, регламентирующих проведение научных исследований и технических разработок, процедуру проведения обработки и анализа результатов экспериментов и испытаний объектов энергетического машиностроения, составления практических рекомендаций по использованию результатов научных исследований. | Зачет                  |
| ПКО-2       | ИД-2ПКО-2         | Умеет обосновывать практическую и теоретическую значимость полученных результатов; проверять и   | Умеет разрабатывать рабочие планы и программы проведения научных исследований и технических разработок,  | Индивидуальное задание |

| Компетенция | Индекс индикатора | Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)  | Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения  | Средства оценки        |
|-------------|-------------------|--|---|------------------------|
|             |                   | анализировать проектную документацию; прогнозировать развитие процессов в проектной профессиональной области; выдвигать инновационные идеи и нестандартные подходы к их реализации в целях реализации проекта; рассчитывать качественные и количественные результаты, сроки выполнения проектной работы. | проводить обработку и анализ результатов экспериментов и испытаний объектов энергетического машиностроения; составлять практические рекомендации по использованию результатов научных исследований  |                        |
| ПКО-2       | ИД-3ПКО-2         | Владеет навыками использования современных компьютерных технологий в научных исследованиях и проектировании энергетических установок.  | Владеет навыками разработки рабочих планов и программ проведения научных исследований и технических разработок с учетом имеющегося персонала и исследовательского оборудования; обработки и анализа результатов экспериментов и испытаний объектов профессиональной деятельности и составления практических рекомендаций по использованию результатов научных исследований. | Индивидуальное задание |
| УК-2        | ИД-1УК-2          | Знает основные разновидности современных САПР, возможности их применения при проектировании и принципы разработки конструкторской документации в современных пакетах автоматизированного проектирования.   | Знает методы представления и описания результатов проектной деятельности; методы, критерии и параметры оценки результатов выполнения проекта; принципы, методы и требования, предъявляемые к проектной работе.  | Зачет                  |
| УК-2        | ИД-2УК-2          | Умеет использовать современные САПР для построения   | Умеет обосновывать практическую и теоретическую значимость  | Индивидуальное задание |

| Компетенция | Индекс индикатора | Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)  | Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения   | Средства оценки        |
|-------------|-------------------|--|--|------------------------|
|             |                   | твердотельных моделей и разработки конструкторской документации деталей и узлов газотурбинных установок и двигателей.  | полученных результатов; проверять и анализировать проектную документацию; прогнозировать развитие процессов в проектной профессиональной области; выдвигать инновационные идеи и нестандартные подходы к их реализации в целях реализации проекта; рассчитывать качественные и количественные результаты, сроки выполнения проектной работы.   |                        |
| УК-2        | ИД-ЗУК-2          | Владеет навыками управления проектами и использования современных САПР для решения задач разработки конструкторской документации деталей и сложных сборочных единиц газотурбинных установок двигателей | Владеет навыками управления проектами в области, соответствующей профессиональной деятельности, в том числе: навыками распределения заданий и побуждения других к достижению целей; навыками управления разработкой технического задания проекта, управления реализацией профильной проектной работы; управления процессом обсуждения и доработки проекта; навыками разработки программы реализации проекта в профессиональной области; навыками организации проведения профессионального обсуждения проекта, участия в ведении проектной документации; навыками проектирования план-графика реализации проекта; определения требований к результатам реализации проекта, участия в научных дискуссиях и круглых столах. | Индивидуальное задание |

### 3. Объем и виды учебной работы

| Вид учебной работы   | Всего часов | Распределение по семестрам в часах |     |    |
|--|-------------|------------------------------------|-----|----|
|  |             | Номер семестра                     |     |    |
|  |             | 1                                  | 2   | 3  |
| 1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме: | 135         | 54                                 | 54  | 27 |
| 1.1. Контактная аудиторная работа, из них:   |             |                                    |     |    |
| - лекции (Л)   | 45          | 18                                 | 18  | 9  |
| - лабораторные работы (ЛР)   | 80          | 32                                 | 32  | 16 |
| - практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)        |             |                                    |     |    |
| - контроль самостоятельной работы (КСР)  | 10          | 4                                  | 4   | 2  |
| - контрольная работа   |             |                                    |     |    |
| 1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)  | 189         | 90                                 | 54  | 45 |
| 2. Промежуточная аттестация  |             |                                    |     |    |
| Экзамен  |             |                                    |     |    |
| Дифференцированный зачет   | 9           |                                    |     | 9  |
| Зачет  | 18          | 9                                  | 9   |    |
| Курсовой проект (КП)   |             |                                    |     |    |
| Курсовая работа (КР)   |             |                                    |     |    |
| Общая трудоемкость дисциплины  | 324         | 144                                | 108 | 72 |

### 4. Содержание дисциплины

| Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием   | Объем аудиторных занятий по видам в часах |    |    | Объем внеаудиторных занятий по видам в часах |
|--|---|----|----|--|
|  | Л   | ЛР | ПЗ | СРС  |
| 1-й семестр  |   |    |    |  |
| Общие сведения о САПР  | 2   | 0  | 0  | 2  |
| Тема 1. Общие сведения о системах автоматизированного проектирования (САПР). Основные понятия, термины, определения. САПР высокого/среднего/нижнего уровня. Модули САД, САЕ, САМ и их связь между собой. Разновидности САПР. Общие сведения о различных САПР (SolidWorks, SolidEdge). Место САПР в машиностроении. |   |    |    |  |

| Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием   | Объем аудиторных занятий по видам в часах |    |    | Объем внеаудиторных занятий по видам в часах |
|--|---|----|----|--|
|  | Л   | ЛР | ПЗ | СРС  |
| Создание твердотельных моделей деталей   | 6   | 8  | 0  | 6  |
| Тема 2. Создание твердотельных моделей деталей<br>Этапы построения геометрических объектов.<br>Основные принципы создания геометрических объектов. Типы геометрических объектов.<br>Интерфейс SolidWorks. Режим эскиза. Плоскость построения эскиза (стандартные, вспомогательные).<br>Правила построения эскизов. Начало координат.<br>Объекты эскиза. Нанесение размеров и ограничений.<br>Информация курсора. Отображение ошибок.<br>Цветовые коды эскиза. Корректный эскиз. Создание литьевого тела. Условия создания элемента. Тонкое тело. Создание тела вращения. Правила построения эскиза для тела вращения. Условия создания элемента. Простановка размера диаметра.<br>Элементы редактирования тел. Массивы. Зеркальное отображение тел. Уклон. Накладные элементы.<br>Сложные элементы. Элемент по траектории.<br>Пространственная кривая – спираль. Элемент по сечениям. Создание справочных плоскостей.<br>Трехмерный эскиз: правила построения, использование. Конфигурации, простая конфигурация, таблица конфигураций. Физические свойства детали. Присвоение материалов.<br>Библиотека материалов. Массовые характеристики. Свойства детали. |   |    |    |  |
| Создание сборочных единиц и конструкторской документации   | 6   | 8  | 0  | 4  |
| Тема 3. Создание сборочных единиц.<br>Создание новой сборки. Сборка метод «снизу». Сборка метод «сверху». Вставка компонентов в сборку. Сопряжения в сборке. Проверка конфликтов в сборке.<br>Тема 4. Создание конструкторской документации.<br>Настройки чертежа. Панель «Слой». Панель «Тип линий». Редактирование формата листа. Создание чертежа детали. Главные виды, проекционные виды, разрезы. Примечания, настройка отображения примечаний. Пустой вид разрезов. Выравнивание видов, свободное расположение видов.<br>Конфигурации в чертеже. Размеры чертежа. Проставление с сохранением параметризации.<br>Настройка выносных линий, разрыв стрелок, наклон выносных линий. Выравнивание размеров.<br>Нанесение примечаний: шероховатость, допуски формы, допуски размеров. Связь размера чертежа с примечанием. Создание чертежа сборки.<br>Проставление позиций. Разрезы, исключение детали из разреза. Изменение штриховки. Спецификация сборочного чертежа.   |   |    |    |  |

| Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием   | Объем аудиторных занятий по видам в часах |    |    | Объем внеаудиторных занятий по видам в часах |
|--|---|----|----|--|
|  | Л   | ЛР | ПЗ | СРС  |
| Разработка конструкторской документации конструкций энергетического машиностроения   | 0   | 16 | 0  | 68   |
| Тема 5. Разработка конструкторской документации конструкций энергетического машиностроения. Изучение конструкции. Определение геометрических параметров деталей по сборочному чертежу конструкции. Определение и выбор материалов. Создание твердотельных моделей деталей и сборки конструкции. Создание чертежей из твердотельных моделей деталей. Создание сборочного чертежа конструкции. Создание спецификации сборочного чертежа. Оформление конструкторской документации согласно требованиям ЕСКД.  |   |    |    |  |
| Системы электронного документооборота  | 4   | 0  | 0  | 10   |
| Тема 6. Системы электронного документооборота. Представление данных в PLM. Объектно-ориентированная модель данных системы PLM для представления и хранения различной информации, описывающей изделие и его составные части. Представление конструкторской и технологической информации в различной форме – чертежи, текстовая документы, 3D-модели и другие электронные документы. Разработка и изменение конструкторской и технологической информации на протяжении всего жизненного цикла изделия. Информационная модель данных системы PLM для обеспечения хранения и управления конструкторской и технологической информацией. |   |    |    |  |
| ИТОГО по 1-му семестру   | 18  | 32 | 0  | 90   |
| 2-й семестр  |   |    |    |  |
| Использование современных компьютерных технологий при проведении расчетов на прочность и устойчивость  | 18  | 32 | 0  | 54   |
| Введение. Сравнение ANSYS APDL и ANSYS Workbench. Нагрузки, действующие на центробежные компрессоры и газоперекачивающие агрегаты. Тема 7. Основы прикладной теории упругости. Соотношения между напряжениями и деформациями. Общие уравнения теории упругости. Теории прочности. Энергетическая теория прочности. Физико-механические свойства материалов. Тема 8. Основы языка APDL. Тема 9. Особенности построения стержневых, балочных, оболочечных моделей в ANSYS. Аналитическое решение прогиба пластины. Особенности расчета прогиба пластин в ANSYS.  |   |    |    |  |



| Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием  | Объем аудиторных занятий по видам в часах |    |    | Объем внеаудиторных занятий по видам в часах |
|---|---|----|----|--|
|   | Л   | ЛР | ПЗ | СРС  |
| Влияние закреплений на прогиб пластины. Расчеты оболочек в ANSYS в плоской, осесимметричной и трехмерной постановках.<br>Тема 10. Устойчивость конструкции.<br>Понятие устойчивости. Критические нагрузки. Устойчивость пластин и оболочек. Особенности расчетов на устойчивость в ANSYS.<br>Тема 11. Решение контактных задач в ANSYS.<br>Классификация контактов. Контактные и целевые элементы. Создание контактных пар в ANSYS. Модели контакта реализованные в ANSYS. Конечно-элементное разбиение контактных пар. Анализ начального состояния и постпроцессинг контактных пар. Моделирование связей в ANSYS. Задача Герца.<br>Тема 12. Расчеты на прочность элементов центробежных компрессоров и газоперекачивающих агрегатов в ANSYS  |   |    |    |  |
| ИТОГО по 2-му семестру  | 18  | 32 | 0  | 54   |
| <b>3-й семестр</b>  |   |    |    |  |
| Использование современных компьютерных технологий при проведении тепловых расчетов  | 9   | 16 | 0  | 45   |
| Виды теплового анализа.<br>Тема 13. Стационарный тепловой анализ.<br>Определение стационарного анализа. Доступные для теплового анализа элементы. Алгоритм проведения теплового анализа. Задание граничных условий (постоянные температуры, тепловой поток, конвекция, плотность теплового потока, энерговыделение). Задание типа анализа. Анализ результатов.<br>Тема 14. Нестационарный тепловой анализ.<br>Определение нестационарного теплового анализа. Конечные элементы и команды, используемые в нестационарном тепловом анализе. Задание начальных и граничных условий, типа анализа и получение решения. Управление выводом результатов расчета. Анализ результатов.<br>Тема 15. Излучение. Решение задач лучистого теплообмена. Решение двумерной стационарной задачи лучистого теплообмена.<br>Тема 16. Решение задач термоупругости. |   |    |    |  |
| ИТОГО по 3-му семестру  | 9   | 16 | 0  | 45   |
| ИТОГО по дисциплине   | 45  | 80 | 0  | 189  |

### Тематика примерных лабораторных работ

| № п.п. | Наименование темы лабораторной работы |
|--------|---------------------------------------|
|        |                                       |

| № п.п. | Наименование темы лабораторной работы   |
|--------|---|
| 1      | Основные принципы построения деталей. Построение детали типа «Основание».   |
| 2      | Работа с эскизом. Построение детали типа «Корпус».  |
| 3      | Построение детали типа «Крышка». Создание тел вращения. Работа с массивами. Построение детали типа «Зубчатое колесо».                                     |
| 4      | Элемент по траектории. Создание детали типа «Ручка». Спираль. Работа с материалами. Свойства детали. Создание детали типа «Пружина».                      |
| 5      | Сборка метод «снизу». Библиотека стандартных элементов. Создание сборки типа «Редуктор». Сборка метод «сверху». Создание сборки типа «Ременная передача». |
| 6      | Создание штампа стандартного формата. Создание чертежа «Вала». Создание сборочного чертежа и спецификации «Редуктора».                                    |
| 7      | Детализировка сборочной единицы.  |
| 8      | Создание чертежей сложных деталей. Вырезы, местные виды, вспомогательные виды. Создание чертежа сборки. Создание спецификации.                            |
| 9      | Расчет напряженно-деформированного состояния думмиса.   |
| 10     | Расчет напряженно-деформированного состояния рамы.  |
| 11     | Расчет напряженно-деформированного состояния рабочего колеса.   |
| 12     | Расчет напряженно-деформированного состояния маслобака.   |
| 13     | Расчет напряженно-деформированного корпуса и крышки.  |
| 14     | Расчет напряженно-деформированного состояния каркаса ангара.  |
| 15     | Расчет напряженно-деформированного проточной части компрессора.   |
| 16     | Проведение стационарного теплового анализа конструкции.   |
| 17     | Проведение нестационарного теплового анализа конструкции.   |
| 18     | Решение двумерной задачи лучистого теплообмена.   |
| 19     | Решение задачи термоупругости.  |

## 5. Организационно-педагогические условия

### 5.1. 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, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установления связей с ранее освоенным материалом.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся 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 обучающихся на достижение целей занятия.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

## 5.2. 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 отчетов по лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

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

### 6.1. Печатная учебно-методическая литература

| № п/п                                      | Библиографическое описание<br>(автор, заглавие, вид издания, место, издательство,<br>год издания, количество страниц)   | Количество<br>экземпляров в<br>библиотеке |
|--|---|---|
| <b>1. Основная литература</b>              |   |   |
| 1  | SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике / А.А. Алямовский [и др.]. - СПб: БХВ-Петербург, 2005.   | 8   |
| 2  | Берлинер Э. М. САПР в машиностроении : учебник для вузов / Э. М. Берлинер, О. В. Таратынов. - Москва: ИНФРА-М, 2010.  | 11  |
| 3  | Каплун А. Б. ANSYS в руках инженера: Практическое руководство : [учебное пособие] / А. Б. Каплун, Е. М. Морозов, М. А. Олферьева. - Москва: Либроком, 2015.                                       | 6   |
| 4  | Котов А. Г. САПР изделий из композиционных материалов. Моделирование процессов деформирования и разрушения в среде ANSYS : учебное пособие / А. Г. Котов. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2008.             | 126                                       |
| 5  | Янишевская А.Г. Использование программного комплекса ANSYS при расчетах тепловых процессов в машиностроении : учебное пособие / А.Г. Янишевская, И.Н. Пергун. - Омск: Изд-во ОмГТУ, 2001.         | 5   |
| <b>2. Дополнительная литература</b>        |   |   |
| <b>2.1. Учебные и научные издания</b>      |   |   |
| 1  | Басов К. А. ANSYS для конструкторов / К. А. Басов. - М.: ДМК Пресс, 2009.   | 5   |
| 2  | Васильев Б. Е. Численное моделирование задач динамики и прочности деталей газотурбинных установок и двигателей : учебное пособие / Б. Н. Васильев. - Москва: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018. | 4   |
| <b>2.2. Периодические издания</b>          |   |   |
| 1  | Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника / Пермский национальный исследовательский политехнический университет ; Под ред. В. Ю. Петрова ; Р. В. Бульбовича. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2012 -.          |   |
| <b>2.3. Нормативно-технические издания</b> |   |   |

|   |   |    |
|---|---|----|
| 1   | Т. 1 / Под ред. О. В. Букатина. - Москва: , Машиностроение, 1992. - (Справочник конструктора-машиностроителя : в 3 т.; Т. 1). | 26 |
| 2   | Т. 2 / Под ред. А. В. Громака. - Москва: , Машиностроение, 1992. - (Справочник конструктора-машиностроителя : в 3 т.; Т. 2).  | 21 |
| 3   | Т. 3 / Под ред. В. Н. Волкова. - Москва: , Машиностроение, 1992. - (Справочник конструктора-машиностроителя : в 3 т.; Т. 3).  | 27 |
| <b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>      |   |    |
|   | Не используется   |    |
| <b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b> |   |    |
|   | Не используется   |    |

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

| Вид литературы            | Наименование разработки  | Ссылка на информационный ресурс   | Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ) |
|---------------------------|--|---|---|
| Дополнительная литература | Каменских А. А. Реализация решения задач механики контактного взаимодействия в прикладном пакете ANSYS : учебное пособие / А. А. Каменских, М. Л. Бартоломей. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2017. | <a href="https://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPNRPUelib3967">https://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPNRPUelib3967</a> | локальная сеть; свободный доступ  |

## 6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

| Вид ПО  | Наименование ПО   |
|---|---|
| Операционные системы  | Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)                               |
| Офисные приложения.   | Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567                             |
| Прикладное программное обеспечение общего назначения  | Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017                  |
| Прикладное программное обеспечение общего назначения  | MATHCAD 14 Academic, ПНИПУ 2009 г.  |
| Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением | ANSYS (лиц. 1062978 )   |
| Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением | SOLIDWORKS Education Edition ( дог.№ L271113-83М от 27.10.2013 каф.РКТЭС АКФ) |

#### **6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

| Наименование  | Ссылка на информационный ресурс   |
|---|---|
| База данных Scopus  | <a href="https://www.scopus.com/">https://www.scopus.com/</a>           |
| База данных Web of Science  | <a href="http://www.webofscience.com/">http://www.webofscience.com/</a> |
| Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета | <a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>                   |
| Электронно-библиотечная система Лань  | <a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>             |
| Электронно-библиотечная система IPRbooks  | <a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>     |
| Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс   | <a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>       |

#### **7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине**

| Вид занятий         | Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения | Количество единиц |
|---------------------|---|-------------------|
| Лабораторная работа | Персональный компьютер IBM PC   | 8                 |
| Лекция              | Видеопроектор   | 1                 |
| Лекция              | Персональный компьютер IBM PC   | 1                 |

#### **8. Фонд оценочных средств дисциплины**

|                              |
|------------------------------|
| Описан в отдельном документе |
|------------------------------|

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**Пермский национальный исследовательский политехнический университет**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине  
«Современные компьютерные технологии в научных исследованиях и проектировании  
энергетических установок»

*Приложение к рабочей программе дисциплины*

|  |   |
|--|---|
| <b>Специальность:</b>                        | <u>13.04.03 Энергетическое машиностроение</u>                   |
| <b>Направленность программы магистратуры</b> | <u>Газотурбинные и паротурбинные установки<br/>и двигатели</u>  |
| <b>Квалификация выпускника:</b>              | <u>магистр</u>  |
| <b>Выпускающая кафедра:</b>                  | <u>Ракетно-космическая техника и<br/>энергетические системы</u> |
| <b>Форма обучения:</b>                       | <u>очная</u>  |

**Курс:** 1, 2

**Семестры:** 1, 2, 3

**Трудоёмкость:**

Кредитов по рабочему учебному плану: 9 ЗЕ

Часов по рабочему учебному плану: 324 ч.

**Форма промежуточной аттестации:**

Зачет: 1, 2 семестр

Дифференцированный зачет: 3 семестр

Пермь, 2022 г.

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины «Современные компьютерные технологии в научных исследованиях и проектировании энергетических установок». Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

### 1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение трех семестров (1-го, 2-го и 3-го семестров учебного плана). В каждом семестре предусмотрены аудиторские лекционные и лабораторные занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчетов по практическим занятиям, курсовому проекту, экзамена и зачета. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

| Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)  | Вид контроля |     |          |               |            |
|--|--------------|-----|----------|---------------|------------|
|  | Текущий      |     | Рубежный | Промежуточный |            |
|  | ТО           | ОЛР | ИЗ       | Зачет         | Диф. зачет |
| <b>Усвоенные знания</b>  |              |     |          |               |            |
| <b>ИД-1ОПК-2</b> Знает возможности, преимущества и недостатки современных компьютерных технологий при выполнении научных исследований и разработок; стандартных пакетов прикладных программ; языки алгоритмизации процесса вычислений при проведении исследований. | ТО           |     |          | ТВ            |            |
| <b>ИД-1ПКО-2</b> Знает подходы, виды и формы рабочих планов и программ, регламентирующих проведение научных исследований и технических разработок, составления практических рекомендаций по использованию результатов научных исследований.                        | ТО           |     |          | ТВ            | ТВ         |

|   |    |     |    |    |    |
|---|----|-----|----|----|----|
| <b>ИД-1УК-2</b> Знает основные разновидности современных САПР, возможности их применения при проектировании и принципы разработки конструкторской документации в современных пакетах автоматизированного проектирования.  | ТО |     |    |    |    |
| <b>Освоенные умения</b>   |    |     |    |    |    |
| <b>ИД-2ОПК-2</b> Умеет аргументированно выбирать и использовать современные компьютерные технологии при выполнении научных исследований и разработок, стандартные пакеты прикладных программ; алгоритмизировать процесс вычислений при проведении исследований.   |    | ОЛР |    |    | ПЗ |
| <b>ИД-2ПКО-2</b> Умеет обосновывать практическую и теоретическую значимость полученных результатов; проверять и анализировать проектную документацию; прогнозировать развитие процессов в проектной профессиональной области; выдвигать инновационные идеи и нестандартные подходы к их реализации в целях реализации проекта; рассчитывать качественные и количественные результаты, сроки выполнения проектной работы |    |     | ИЗ | ПЗ |    |
| <b>ИД-2УК-2</b> Умеет использовать современные САПР для построения твердотельных моделей и разработки конструкторской документации деталей и узлов газотурбинных установок и двигателей.  |    |     | ИЗ |    |    |
| <b>Приобретенные владения</b>   |    |     |    |    |    |
| <b>ИД-3ОПК-2</b> Владеет навыками использования современных компьютерных технологий при выполнении научных исследований и разработок, стандартных пакетов прикладных программ, алгоритмизации процесса вычислений при проведении исследований.  |    | ОЛР | ИЗ |    |    |
| <b>ИД-3ПКО-2</b> Владеет навыками использования современных компьютерных технологий в научных исследованиях и проектировании энергетических установок.  |    |     | ИЗ |    | ПЗ |
| <b>ИД-3УК-2</b> Владеет навыками управления проектами и использования современных САПР для решения задач разработки конструкторской документации деталей и сложных сборочных единиц газотурбинных установок двигателей  |    |     | ИЗ |    |    |

*ТО – теоретический опрос; ОЛР – отчет по лабораторной работе; ИЗ – индивидуальное задание; ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание*

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине в 1-ом семестре является промежуточная аттестация в виде зачета, проводимая с учетом результатов текущего и рубежного контроля.

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине во 2-ом семестре является промежуточная аттестация в виде зачета, проводимая с учетом результатов текущего и рубежного контроля.

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине в 3-ем семестре является промежуточная аттестация в виде Дифференцированного зачета, проводимая с учетом результатов текущего и рубежного контроля.



## **2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения**

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучающихся, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучающегося и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучающимися отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланочного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

- контроль остаточных знаний.

### **2.1. Текущий контроль усвоения материала**

Текущий контроль усвоения материала в форме выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

#### **2.1.1. Защита лабораторных работ**

Всего запланировано 19 лабораторных работ. Типовые темы лабораторных работ приведены в РПД.

Защита лабораторной работы проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **2.2. Рубежный контроль**

Рубежный контроль для комплексного оценивания освоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты индивидуальных заданий.

### **2.2.1. Защита индивидуальных заданий**

Индивидуальные задания по одному на каждого студента запланированы для семестров 1, 2 и 3 по темам: «Создание деталей, узлов, конструкций энергетических установок»; «Использование пакета ANSYS для проведения прочностных расчетов деталей, узлов, конструкций энергетических установок»; «Использование пакета ANSYS для проведения тепловых расчетов деталей, узлов, конструкций энергетических установок». Каждому студенту выдается индивидуальное задание по подготовке конструкторской документации детали и узла энергетической установки.

Индивидуальное задание по теме «Создание деталей, узлов, конструкций энергетических установок» выполняется в течение первого семестра. В ходе данной работы студент изучает конструкцию и работу полученной сборочной единицы, по мере изучения материала строит твердотельные модели деталей сборочной единицы и из построенных деталей собирает общую сборку. Далее студент создает чертежи трех деталей по выбору преподавателя, сборочный чертеж и спецификацию.

Индивидуальное задание по теме «Использование пакета ANSYS для проведения прочностных расчетов деталей, узлов, конструкций энергетических установок» выполняется в течение второго семестра. Студент изучает конструкцию и работу полученной сборочной единицы, по мере изучения материала оценивает инерциальные и конструкционные нагрузки действующие на сборочную единицу. Далее студент создает геометрическую, конечно-элементную и расчетную модель сборочной единицы. Студент проводит прочностной расчет сборочной единицы при действии инерциальных и конструкционных нагрузок.

Индивидуальное задание по теме «Использование пакета ANSYS для проведения тепловых расчетов деталей, узлов, конструкций энергетических установок» выполняется в течение третьего семестра. Студент изучает конструкцию и работу полученной сборочной единицы, по мере изучения материала оценивает температурные нагрузки действующие на сборочную единицу. Далее студент создает геометрическую, конечно-элементную и расчетную модель сборочной единицы. Студент проводит тепловой расчет сборочной единицы при действии температурных нагрузок.

Защита работы проводится с каждым студентом индивидуально. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

#### **Типовые темы индивидуальных заданий:**

1. Проектирование рамы газоперекачивающего аппарата и проведение прочностных и тепловых расчетов.
2. Проектирование рабочего колеса компрессора газоперекачивающего аппарата и проведение прочностных и тепловых расчетов.
3. Проектирование силового корпуса газоперекачивающего аппарата и проведение прочностных и тепловых расчетов.
4. Проектирование проточной части компрессора газоперекачивающего аппарата и проведение прочностных и тепловых расчетов.

5. Проектирование теплообменника газоперекачивающего аппарата и проведение прочностных и тепловых расчетов.

### **2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)**

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех лабораторных работ, индивидуальных заданий и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

В 1-ом и 2-ом семестре промежуточная аттестация проводится в виде зачета. Зачет по дисциплине основывается на результатах выполнения предыдущих индивидуальных заданий, лабораторных работ, а также при наличии положительной интегральной оценки по результатам текущего и рубежного контроля студента по данной дисциплине.

В отдельных случаях (например, в случае переаттестации дисциплины) промежуточная аттестация в виде зачета по дисциплине может проводиться с проведением аттестационного испытания по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки усвоенных умений и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности всех заявленных компетенций.

Согласно РПД в 3-ем семестре промежуточная аттестация проводится в виде дифференцированного зачета по дисциплине комплексно (устно и с работой на ЭВМ) по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний и практические задания (ПЗ) для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных дисциплинарных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности всех заявленных компетенций. Форма билета представлена в общей части ФОС образовательной программы.

#### **2.3.1. Типовые вопросы и задания для дифференцированного зачета по дисциплине**

##### **Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:**

1. Интерфейс SolidWorks. Дерево построения, работа с деревом построения. Панель «Виды», управление видами (ориентация детали, разрез в окне вида, цвет детали/грани, фильтр выбора).

2. Создание чертежа детали. Главные виды, проекционные виды. Разрезы. Примечания, настройка отображения примечаний. Пустой вид разрезов. Выравнивание видов, свободное расположение видов. Конфигурации в чертеже.

3. Размеры чертежа. Проставление с сохранением параметризации. Перемещение размеров между видами, слоями. Настройка выносных линий, разрыв стрелок, наклон выносных линий. Выравнивание размеров.

4. Обобщенный закон Гука. Физико-механические свойства конструкционных материалов. Изотропные и анизотропные материалы.

5. Создание конечно-элементной сетки в ANSYS Workbench. Основные этапы создания сетки. Настройки размера и формы конечных элементов. Построение структурированной сетки.

#### **Типовые практические задания для контроля приобретенных владений:**

1. Построить модели деталей по чертежам.
2. Создать геометрическую модель для расчета по предоставленной схеме.
3. Построить расчетную сетку с заданными параметрами для предоставленной геометрической модели.
4. Провести расчет прочности детали в соответствии с предоставленной схемой нагружения и расчетной сеткой.
5. Провести тепловой расчет детали в соответствии с предоставленной схемой нагружения и расчетной сеткой.

*Полный перечень теоретических вопросов и практических заданий в форме утвержденного комплекта экзаменационных билетов хранится на выпускающей кафедре.*

#### **2.3.2. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене**

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

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче экзамена для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов компетенций**

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

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

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов дисциплинарных компетенций приведены в общей части ФОС образовательной программы.

#### **3.2. Оценка уровня сформированности компетенций**

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего 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.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде экзамена используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.