

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ  
Директор по образовательной  
деятельности

\_\_\_\_\_ С.Т. Князев  
«\_\_» \_\_\_\_\_

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

| Код модуля | Модуль   |
|------------|--|
| 1156445    | Моделирование и исследование рабочих процессов в турбоустановках |

Екатеринбург

| <b>Перечень сведений о рабочей программе модуля</b>                                       | <b>Учетные данные</b>                                     |
|---|---|
| <b>Образовательная программа</b><br>1. Газотурбинные, паротурбинные установки и двигатели | <b>Код ОП</b><br>1. 13.04.03/33.01                        |
| <b>Направление подготовки</b><br>1. Энергетическое машиностроение                         | <b>Код направления и уровня подготовки</b><br>1. 13.04.03 |

Программа модуля составлена авторами:

| <b>№ п/п</b> | <b>Фамилия Имя Отчество</b>       | <b>Ученая степень, ученое звание</b>               | <b>Должность</b>      | <b>Подразделение</b> |
|--------------|-----------------------------------|--|-----------------------|----------------------|
| 1            | Комаров Олег Вячеславович         | кандидат технических наук, доцент                  | Доцент                | турбин и двигателей  |
| 2            | Рябчиков Александр Юрьевич        | доктор технических наук, старший научный сотрудник | Профессор             | турбин и двигателей  |
| 3            | Седунин Вячеслав Алексеевич       | кандидат технических наук, без ученого звания      | Доцент                | турбин и двигателей  |
| 4            | Скороходов Александр Владимирович | без ученой степени, без ученого звания             | Старший преподаватель | турбин и двигателей  |

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

# 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Моделирование и исследование рабочих процессов в турбоустановках

## 1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль содержит дисциплины, направленные на изучение основных сведений о современных и перспективных численных методах исследований физических процессов в энергетическом машиностроении, применяемого программного обеспечения, и перспективах его использования при проектировании газотурбинных установок, также рассматриваются вопросы организации и проведения экспериментальных исследований турбоустановок.

## 1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

| № п/п            | Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения          | Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах |
|------------------|---|---|
| 1                | Моделирование физических процессов в турбомашинах                   | 6   |
| 2                | Экспериментальные исследования, испытания и наладка энергоустановок | 4   |
| ИТОГО по модулю: |   | 10  |

## 1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

|                                    |                  |
|------------------------------------|------------------|
| Пререквизиты модуля                | Не предусмотрены |
| Постреквизиты и кореквизиты модуля | Не предусмотрены |

## 1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

| Перечень дисциплин модуля                         | Код и наименование компетенции   | Планируемые результаты обучения (индикаторы)  |
|---|--|---|
| 1   | 2  | 3   |
| Моделирование физических процессов в турбомашинах | УК-4 - Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и | З-1 - Определять специфику, разновидности, инструменты и возможности современных коммуникативных технологий для академического и профессионального взаимодействия |

|  |  |   |
|--|--|---|
|  | <p>профессионального взаимодействия</p>  | <p>З-2 - Излагать нормы и правила составления устных и письменных текстов для научного и официально-делового общения на родном и иностранном (-ых) языках</p> <p>У-1 - Анализировать и оценивать письменные и устные тексты для научного и официально-делового общения на родном и иностранном (-ых) языках на соответствие правилам и нормам и корректировать их</p> <p>У-2 - Воспринимать и анализировать содержание письменных и устных текстов на родном и иностранном (ых) языках с целью определения значимой информации</p> <p>У-3 - Выбирать инструменты современных коммуникативных технологий для эффективного осуществления академического и профессионального взаимодействия</p> <p>П-1 - Составлять устные и письменные тексты для научного и официально-делового общения на родном и иностранном (-ых) языках в соответствии с правилами и нормами</p> <p>П-2 - Осуществлять поиск вариантов использования инструментов современных коммуникативных технологий для решения проблемных ситуаций академического и профессионального взаимодействия</p> <p>Д-1 - Проявлять доброжелательность и толерантность по отношению к коммуникативным партнерам</p> |
|  | <p>УК-7 - Способен обрабатывать, анализировать, передавать данные и информацию с использованием цифровых средств для эффективного решения поставленных задач с учетом требований информационной безопасности</p> | <p>З-1 - Сделать обзор угроз информационной безопасности, основных принципов организации безопасной работы в информационных системах и в сети интернет</p> <p>З-2 - Описать способы и средства защиты персональных данных и данных в организации в соответствии с действующим законодательством</p> <p>З-3 - Сделать обзор современных цифровых средств и технологий, используемых для обработки, анализа и передачи данных при решении поставленных задач</p>  |

|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  | <p>У-1 - Определять основные угрозы безопасности при использовании информационных технологий и выбирать оптимальные способы и средства защиты персональных данных и данных организации от мошенников и вредоносного ПО</p> <p>У-2 - Выбирать современные цифровые средства и технологии для обработки, анализа и передачи данных с учетом поставленных задач</p> <p>П-1 - Обосновать выбор технических и программных средств защиты персональных данных и данных организации при работе с информационными системами на основе анализа потенциальных и реальных угроз безопасности информации</p> <p>П-2 - Решать поставленные задачи, используя эффективные цифровые средства и средства информационной безопасности</p>   |
|  | <p>ОПК-2 - Способен самостоятельно ставить, формализовывать и решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, используя методы моделирования и математического анализа</p> | <p>З-1 - Сделать обзор основных методов моделирования и математического анализа, применимых для формализации и решения задач профессиональной деятельности</p> <p>З-2 - Характеризовать сферы применения и возможности пакетов прикладных программ для решения задач профессиональной деятельности</p> <p>У-1 - Самостоятельно сформулировать задачу области профессиональной деятельности, решение которой требует использования методов моделирования и математического анализа</p> <p>У-2 - Использовать методы моделирования и математического анализа, в том числе с использованием пакетов прикладных программ для решения задач профессиональной деятельности</p> <p>П-1 - Решать самостоятельно сформулированные практические задачи, относящиеся к профессиональной деятельности методами моделирования и математического анализа, в том числе с использованием пакетов прикладных программ</p> |

|  |   |  |
|--|---|--|
|  | <p>ПК-2 - Способен применить современные интегрированные информационные технологии, используя концепции CALS-систем и сквозного автоматизированного проектирования в интегрированной среде PDM/PLM-систем, CAD-систем для анализа новых направлений исследований, планирования исследований, проведения и контроль реализации внедрения результатов научных исследований и опытно-конструкторских разработок конструкций основного и вспомогательного оборудования конкурентоспособных ПТ и ПТУ</p> | <p>Д-1 - Проявлять ответственность и настойчивость в достижении цели</p> <p>З-5 - Назначение систем инженерного анализа; области применения методов конечных элементов и конечных объемов в системах инженерного анализа; назначение технологий управления данными об изделии</p> <p>З-6 - Основные понятия используемые для описания рабочих процессов в энергетических установках, аппаратах и машинах</p> <p>З-7 - Основные понятия и термины, используемые в моделировании процессов, в частности проектных операций и процедур</p> <p>З-8 - Основные понятия, связанные с методологией проведения исследований и экспериментов</p> <p>З-9 - Критерии подобия и методы моделирования физических процессов</p> <p>З-10 - Принципы выбора моделей и расчётных схем динамических систем в зависимости от условий работы и конструктивных особенностей энергоустановок</p> <p>З-11 - Основы прочностных, тепловых и газодинамических, а также вибродиагностических расчетов энергоустановок</p> <p>З-12 - Особенности расчета деталей энергоустановок с учетом специфики поведения их в реальных условиях эксплуатации</p> <p>З-13 - Алгоритмы и математические модели, используемые при моделировании рабочих процессов энергоустановок</p> <p>З-14 - Привести примеры негативного влияния конфликтных ситуаций на качество трудовой жизни коллектива</p> <p>У-1 - Анализировать информацию, получаемую с помощью компьютерных технологий, и принимать решения в соответствии с ней</p> |
|--|---|--|

|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  | <p>У-2 - Использовать компьютерные технологии для организации коллективной деятельности</p> <p>У-3 - Анализировать бизнес-процессы с помощью методов функционального моделирования</p> <p>У-4 - Выполнять прочностные и тепловые расчеты элементов газотурбинных, паротурбинных установок и двигателей</p> <p>У-5 - Работать в интегрированной среде PDM/PLM-систем и CAD-систем</p> <p>У-6 - Разрабатывать конструкции конкурентоспособных энергетических установок с прогрессивными показателями качества с использованием САПР</p> <p>У-7 - Определять энергетические задачи, которые необходимо решать с помощью ПК</p> <p>У-8 - Решать энергетические задачи с помощью прикладных программ на ПК</p> <p>У-9 - Использовать методы применения САПР при проектировании энергоустановок</p> <p>У-10 - Осуществлять статистическую обработку результатов исследований</p> <p>У-11 - Обобщать полученные результаты исследований</p> <p>У-12 - Пользоваться вычислительной техникой и основными программными продуктами</p> <p>У-13 - Определять параметры и характеристики, в т.ч. граничные условия для составления и решения уравнений математических моделей процессов, явлений и объектов профессиональной сферы</p> <p>У-14 - Строить геометрическую твердотельную, трехмерную модель деталей энергоустановок</p> <p>У-15 - Проводить численное моделирование рабочих процессов энергоустановок с помощью современных программных комплексов</p> |
|--|--|--|

|  |  |   |
|--|--|---|
|  |  | <p>У-16 - Составлять программу численных исследований рабочих процессов энергоустановок; анализировать результаты численного моделирования рабочих процессов и на их основе предлагать меры по совершенствованию энергоустановок</p> <p>У-17 - Оценивать последствия конфликтных ситуаций и выбирать эффективные способы предотвращения и разрешения трудовых конфликтов</p> <p>П-1 - Опыт применения методологией функционального моделирования</p> <p>П-2 - Опыт применения метода конечно-элементного анализа элементов газотурбинных, паротурбинных установок и двигателей</p> <p>П-3 - Владеет приемами автоматизации процессов проектирования объектов профессиональной деятельности</p> <p>П-4 - Владеет приемами автоматизированного проектирования с использованием Creo Parametric и Windchill</p> <p>П-5 - Владеет навыками работы в современных программных продуктах, позволяющих проектировать, моделировать и управлять жизненным циклом энергетических установок</p> <p>П-6 - Владеет приемами автоматического проектирования с использованием САПР</p> <p>П-7 - Владеет способами визуализации экспериментальных и расчетных данных</p> <p>П-8 - Владеет основными методиками моделирования рабочих процессов энергоустановок</p> <p>П-9 - Владеет навыками работы в современных программных комплексах для моделирования рабочих процессов энергоустановок</p> <p>П-10 - Владеет способами выполнения численных расчетов рабочих процессов энергоустановок и их анализа</p> |
|--|--|---|



|  |  |   |
|--|--|---|
|  |  | <p>П-11 - Владеет методами постановки задачи численного моделирования рабочих процессов энергоустановок</p> <p>П-12 - Предлагать способы эффективного поведения в разнообразных ситуациях трудовых конфликтов</p> <p>Д-1 - Проявлять развитую мотивацию к учебной и трудовой деятельности</p> <p>Д-2 - Проявлять настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход</p>   |
| <p>Экспериментальные исследования, испытания и наладка энергоустановок</p> | <p>УК-3 - Способен организовать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели</p> | <p>З-2 - Демонстрировать понимание общих форм организации командной деятельности</p> <p>З-3 - Характеризовать виды командных стратегий, факторы формирования успешной команды для эффективной деятельности</p> <p>У-1 - Координировать взаимодействия и эффективные коммуникации в команде для достижения общего результата в командной работе</p> <p>У-2 - Формулировать цели и задачи командной работы, определять последовательность действий по их достижению</p> <p>У-3 - Анализировать виды командных стратегий для достижения целей работы команды</p> <p>П-1 - Разрабатывать стратегию командной работы с учетом целей и моделировать эффективное взаимодействие членов команды в соответствии со стратегией</p> <p>П-2 - Обосновать выбор членов команды и распределения полномочий (функций) ее членов, координировать взаимодействия членов команды</p> <p>Д-1 - Проявлять организаторские качества, коммуникабельность, толерантность</p> <p>Д-2 - Демонстрировать умение эффективно работать в команде</p> |

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | <p>ОПК-3 - Способен планировать и проводить комплексные исследования и изыскания для решения инженерных задач относящихся к профессиональной деятельности, включая проведение измерений, планирование и постановку экспериментов, интерпретацию полученных результатов</p> | <p>З-1 - Сформулировать основные принципы организации и планирования научного исследования</p> <p>З-2 - Характеризовать возможности исследовательской аппаратуры и методов исследования, используя технические характеристики и области применения</p> <p>З-3 - Сделать обзор основных методов статистической обработки и анализа результатов измерений</p> <p>З-4 - Перечислить основные нормативные документы, регламентирующие оформление научно-технических отчетов и защиту прав интеллектуальной собственности</p> <p>У-1 - Собирать и анализировать научно-техническую информацию для оптимального планирования исследования и изыскания</p> <p>У-2 - Обоснованно выбрать необходимую аппаратуру и метод исследования для решения инженерных задач, относящихся к профессиональной деятельности</p> <p>У-3 - Оценивать оформление научно-технических отчетов, публикаций научных результатов, документов защиты интеллектуальной собственности на соответствие нормативным требованиям</p> <p>П-1 - Выполнять в рамках поставленного задания экспериментальные комплексные научно-технические исследования и изыскания для решения инженерных задач в области профессиональной деятельности, включая обработку, интерпретацию и оформление результатов</p> <p>П-2 - Оформить научно-технический отчет, публикацию научных результатов, документы защиты интеллектуальной собственности в соответствии с нормативными требованиями</p> <p>Д-1 - Проявлять умение видеть детали, упорство, аналитические умения</p> |
|--|--|--|

### 1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной и заочной формах.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Моделирование физических процессов в**  
**турбомашинах**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

| <b>№ п/п</b> | <b>Фамилия Имя Отчество</b> | <b>Ученая степень,<br/>ученое звание</b>      | <b>Должность</b> | <b>Подразделение</b> |
|--------------|-----------------------------|---|------------------|----------------------|
| 1            | Комаров Олег Вячеславович   | кандидат технических наук, доцент             | Доцент           | турбин и двигателей  |
| 2            | Седунин Вячеслав Алексеевич | кандидат технических наук, без ученого звания | Доцент           | турбин и двигателей  |

**Рекомендовано учебно-методическим советом института** Уральский энергетический

Протокол № 112 от 18.06.2021 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Комаров Олег Вячеславович, Доцент, турбин и двигателей
- Седунин Вячеслав Алексеевич, Доцент, турбин и двигателей

## 1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - Базовый уровень

*\*Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

*Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

## 1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

| Код раздела, темы | Раздел, тема дисциплины*                           | Содержание   |
|-------------------|--|--|
| P1                | Постановка задачи численного эксперимента          |  |
| P1.T1             | Постановка задачи численного эксперимента.         | Обоснование необходимости и целесообразности численного эксперимента. Необходимость понимания адекватности численного эксперимента, его возможностей по предсказанию стационарных и нестационарных физических процессов, понимания его точности. |
| P1.T2             | Формирование задачи численного исследования        | Сбор теоретических, экспериментальных, расчётных данных об исследуемом явлении; определение типа решаемой задачи и физических процессов, происходящих в объекте исследования.  |
| P1.T3             | Структура расчётного исследования.                 | Единая структура построения расчётной модели, взаимосвязи между элементами.  |
| P2                | Основы физического и математического моделирования |  |
| P2.T1             | Базовые принципы метода конечных элементов.        | Базовые принципы метода конечных элементов. Метод конечных объёмов   |

|              |   |  |
|--------------|---|--|
| <b>P2.T2</b> | Основные уравнения  | Основные уравнения, используемые при расчётном исследовании аэродинамических процессов в турбомашинах.   |
| <b>P3</b>    | Использование прикладных программ для исследования процессов в турбомашинах                   |  |
| <b>P3.T1</b> | Обзор современных программных комплексов для исследования физических процессов в турбомашинах | Ansys-Fluent, Numeca, Star CD, возможности конвертирования форматов и сопоставления результатов.   |
| <b>P3.T2</b> | Подготовка модели   | Импорт геометрии исследуемой модели. Построение расчётной сетки конечных элементов. Допущения, особенности при импорте моделей и построении сеток.   |
| <b>P3.T3</b> | Построение расчётной модели для лопаток турбомашин  | Импорт лопатки. Особенности. Ограничения. Используемые форматы файлов. Специальные приложения для построения расчётной сетки лопаточных машин.   |
| <b>P3.T4</b> | Постановка задачи расчётного исследования.  | Задание граничных условий. Особенности постановки расчёта. Параметры настройки. Возможные причины получения некорректного результата.  |
| <b>P3.T5</b> | Обработка результатов численного эксперимента.  | Обработка результатов численного эксперимента. Получение картины распределения характерных параметров. Оценка погрешностей.  |
| <b>P3.T6</b> | Сопряжённые задачи  | Постановка задачи теплообмена. Постановка нестационарной задачи.   |
| <b>P4</b>    | Практические особенности использования численного эксперимента в инженерной практике          |  |
| <b>P4.T1</b> | Верификация расчётных методов.  | Допустимость сопоставления результатов различных исследований: различия в математическом моделировании до- и сверхзвуковых течений, и связанные с этим различия в постановке задачи и верификации метода; приведение параметров рабочего тела к единому стандарту.   |
| <b>P4.T2</b> | Границы адекватности численного эксперимента  | Границы адекватности численного эксперимента. Баланс между требуемыми вычислительными мощностями и качеством расчёта. Расчёт смежных задач (мультифизических проблем): аэродинамика-теплообмен-прочность. Оценка величины погрешности в зависимости от учёта отдельных факторов, подробности расчётной модели. |

### 1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

| Направление воспитательной деятельности | Вид воспитательной деятельности | Технология воспитательной деятельности | Компетенция | Результаты обучения |
|---|---------------------------------|--|-------------|---------------------|
|---|---------------------------------|--|-------------|---------------------|

|  |  |  |   |   |
|--|--|--|---|---|
|  |  |  | - | - |
|--|--|--|---|---|

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Моделирование физических процессов в турбомашинах

#### Электронные ресурсы (издания)

1. ; Моделирование физических процессов в ядерных реакторах : лабораторный практикум.; Издательство Томского политехнического университета, Томск; 2015; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=442771> (Электронное издание)

#### Печатные издания

1. Кампти, Кампти Н., Гельмедов, Ф. Ш., Савин, Н. М.; Аэродинамика компрессоров; Мир, Москва; 2000 (1 экз.)
2. Сироткин, Я. А.; Аэродинамический расчет лопаток осевых турбомашин; Машиностроение, Москва; 1972 (3 экз.)

#### Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

#### Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

#### Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

Зональная научная библиотека <http://lib.urfu.ru/>

## 3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Моделирование физических процессов в турбомашинах

#### Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

| № п/п | Виды занятий | Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы           | Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа             |
|-------|--------------|---|--|
| 1     | Лекции       | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов | Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit<br>RUS OLP NL Acdmc<br>ANSYS Teaching HF (25 tasks)<br>лицензия |

|   |                                  |  |  |
|---|----------------------------------|--|--|
|   |                                  | <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p>  | <p>Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG<br/>SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>WaterSteamPro 6.5</p> <p>Браузер Google Chrome –<br/>свободное ПО;</p> <p>Adobe Reader XI – свободное ПО</p>   |
| 2 | Практические занятия             | <p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> | <p>Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit<br/>RUS OLP NL Acdmc</p> <p>ANSYS Teaching HF (25 tasks)<br/>лицензия</p> <p>Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG<br/>SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>WaterSteamPro 6.5</p> <p>Браузер Google Chrome –<br/>свободное ПО;</p> <p>Adobe Reader XI – свободное ПО</p>                 |
| 3 | Лабораторные занятия             | <p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> | <p>Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit<br/>RUS OLP NL Acdmc</p> <p>ANSYS Academic Teaching<br/>Mechanical and CFD (25 tasks)</p> <p>Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG<br/>SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>WaterSteamPro 6.5</p> <p>Браузер Google Chrome –<br/>свободное ПО;</p> <p>Adobe Reader XI – свободное ПО</p> |
| 4 | Самостоятельная работа студентов | <p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в</p>  | <b>Не требуется</b>  |

|   |   |  |  |
|---|---|--|--|
|   |   | соответствии с количеством студентов   |  |
| 5 | Консультации                                | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов<br>Рабочее место преподавателя<br>Доска аудиторная   | <b>Не требуется</b>  |
| 6 | Текущий контроль и промежуточная аттестация | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов<br>Рабочее место преподавателя<br>Персональные компьютеры по количеству обучающихся<br>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами<br>Подключение к сети Интернет | Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG<br>SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES<br><br>WaterSteamPro 6.5<br><br>Браузер Google Chrome – свободное ПО;<br><br>Adobe Reader XI – свободное ПО |



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Экспериментальные исследования,**  
**испытания и наладка энергоустановок**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

| <b>№ п/п</b> | <b>Фамилия Имя Отчество</b>          | <b>Ученая степень,<br/>ученое звание</b>                    | <b>Должность</b>             | <b>Подразделение</b>   |
|--------------|--------------------------------------|---|------------------------------|------------------------|
| 1            | Рябчиков Александр<br>Юрьевич        | доктор<br>технических наук,<br>старший научный<br>сотрудник | Профессор                    | турбин и<br>двигателей |
| 2            | Скороходов Александр<br>Владимирович | без ученой<br>степени, без<br>ученого звания                | Старший<br>преподавате<br>ль | турбин и<br>двигателей |

**Рекомендовано учебно-методическим советом института** Уральский энергетический

Протокол № 112 от 18.06.2021 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Рябчиков Александр Юрьевич, Профессор, турбин и двигателей
- Скороходов Александр Владимирович, Старший преподаватель, турбин и двигателей

## 1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - Базовый уровень

*\*Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

*Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

## 1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

| Код раздела, темы | Раздел, тема дисциплины*                              | Содержание   |
|-------------------|---|--|
| P1                | Введение  | Понятие эксперимента. Роль экспериментальных исследований в развитии техники. Краткая характеристика дисциплины, ее цели, задачи, объем, содержание, порядок изучения материала. Формы контроля самостоятельной работы. Характеристика учебной литературы. |
| P2                | Общие вопросы организации исследований турбоустановок | Виды и цели исследований ГТУ. Программа испытаний как основной документ, определяющий результаты испытаний. Стенды для испытаний ГТУ и их оборудование. Характеристики ГТУ, подлежащие исследованиям.  |
| P3                | Измерения при исследованиях турбоустановок            | Процессы и рабочие тела ГТУ. Измерение давлений, температур, расходов. Измерения в потоках. Определение мощности ГТУ. Определение параметров топлива ГТУ. Автоматизация сбора и обработки данных промышленных экспериментов.                               |
| P4                | Вопросы методологии исследований                      | Погрешности приборов, их природа, методы коррекции. Статистические характеристики результатов измерений. Планирование экспериментов. Пассивный эксперимент. Активный эксперимент.  |
| P5                | Обработка результатов испытаний турбоустановок        | Первичная обработка. Получение значений искомых величин испытаний. Приведение результатов испытаний к расчетным условиям.  |

|           |   |  |
|-----------|---|--|
| <b>Р6</b> | Исследование отдельных узлов и аппаратов турбоустановок | Исследование камер сгорания ГТУ. Исследование теплообменных аппаратов ГТУ. Исследования центробежных нагнетателей природного газа в составе ГПА. |
| <b>Р7</b> | Специальные исследования                                | Вибрационные и акустические исследования. Исследование напряжений и деформаций деталей статора и ротора. Исследование полей температур деталей.  |
| <b>Р8</b> | Заключение  | Перспективы развития экспериментальных исследований турбоустановок. Новые формы постановки и обработки результатов экспериментов.                |

### 1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

| Направление воспитательной деятельности | Вид воспитательной деятельности | Технология воспитательной деятельности | Компетенция | Результаты обучения |
|---|---------------------------------|--|-------------|---------------------|
|   |                                 |  | -           | -                   |

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Экспериментальные исследования, испытания и наладка энергоустановок

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Осипов, Е., Е.; Экспериментальные исследования межтурбинных переходных каналов авиационных двигателей и газотурбинных установок : учебное пособие.; ОГУ, Оренбург; 2014; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=259300> (Электронное издание)

#### Печатные издания

1. Ольховский, Г. Г.; Тепловые испытания стационарных газотурбинных установок; Энергия, Москва; 1971 (2 экз.)
2. Сахаров, А. М.; Тепловые испытания паровых турбин; Энергоатомиздат, Москва; 1990 (17 экз.)
3. Петунин, А. Н.; Методы и техника измерений параметров газового потока; Машиностроение, Москва; 1996 (1 экз.)
4. Горский, В. Г.; Планирование промышленных экспериментов (модели статики); Metallurgy, Москва; 1974 (2 экз.)
5. Преображенский, В. П.; Теплотехнические измерения и приборы : [учебник для специальности "Автоматизация теплоэнергет. процессов"]; Энергия, Москва; 1978 (34 экз.)
6. Рабинович, С. Г.; Погрешности измерений; Энергия, Ленинград; 1978 (7 экз.)

#### Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

#### Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

### Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

Зональная научная библиотека <http://lib.urfu.ru/>

### 3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### Экспериментальные исследования, испытания и наладка энергоустановок

#### Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

| № п/п | Виды занятий         | Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы   | Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа   |
|-------|----------------------|---|--|
| 1     | Лекции               | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов<br><br>Рабочее место преподавателя<br><br>Доска аудиторная<br><br>Персональные компьютеры по количеству обучающихся | Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit<br>RUS OLP NL Acdmc<br><br>Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG<br>SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES<br><br>WaterSteamPro 6.5<br><br>Браузер Google Chrome – свободное ПО;<br><br>Adobe Reader XI – свободное ПО |
| 2     | Лабораторные занятия | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов<br><br>Рабочее место преподавателя<br><br>Доска аудиторная<br><br>Персональные компьютеры по количеству обучающихся | Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit<br>RUS OLP NL Acdmc<br><br>Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG<br>SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES<br><br>WaterSteamPro 6.5<br><br>Браузер Google Chrome – свободное ПО;<br><br>Adobe Reader XI – свободное ПО |

|   |   |   |   |
|---|---|---|---|
| 3 | Самостоятельная работа студентов            | <p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p>   | <p>Microsoft WindowOffice 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>WaterSteamPro 6.5</p> <p>Браузер Google Chrome – свободное ПО;</p> <p>Adobe Reader XI – свободное ПОs 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc</p> |
| 4 | Консультации                                | <p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p>   | <b>Не требуется</b>   |
| 5 | Текущий контроль и промежуточная аттестация | <p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p> <p>Подключение к сети Интернет</p> | <p>Microsoft WindowOffice 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>WaterSteamPro 6.5</p> <p>Браузер Google Chrome – свободное ПО;</p> <p>Adobe Reader XI – свободное ПОs 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc</p> |