

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
1161184	Физико-математическое моделирование процессов в турбоустановках

Екатеринбург

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
Образовательная программа 1. Цифровые технологии в проектировании и эксплуатации турбоустановок	Код ОП 1. 13.04.03/33.11
Направление подготовки 1. Энергетическое машиностроение	Код направления и уровня подготовки 1. 13.04.03

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Плотников Леонид Валерьевич	д.т.н., Доцент	Доцент	Турбины и двигатели
2	Седунин Вячеслав Алексеевич	к.т.н.	доцент	Турбины и двигатели

Согласовано:

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Физико-математическое моделирование процессов в турбоустановках

1.1. Аннотация содержания модуля

Содержание модуля направлено на формирование умений определять методы физико-математического моделирования для анализа процессов, происходящих в турбомашине и турбоустановках. Интегрирование знаний о природе материи, физических законах и владение физико-математическим аппаратом в смежные науки позволяет студентам рациональнее и эффективнее использовать полученные в ходе обучения компетенции для решения профессиональных задач.

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	Физико-математическое моделирование процессов в турбоустановках	4
ИТОГО по модулю:		4

1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	1. Тепловые, газодинамические и прочностные расчеты турбоустановок
Постреквизиты и кореквизиты модуля	1. Специальные вопросы проектирования энергетических объектов на базе паротурбинных установок 2. Специальные вопросы эксплуатации турбоустановок 3. Специальные вопросы конструирования и технологии сопровождения производства газотурбинных двигателей

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
<p>Физико-математическое моделирование процессов в турбоустановках</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>У-1 - Самостоятельно сформулировать задачу области профессиональной деятельности, решение которой требует использования методов моделирования и математического анализа</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>Д-1 - Проявлять ответственность и настойчивость в достижении цели</p>
	<p>ПК-2 - Способность разрабатывать программные алгоритмы, физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов в сфере конструирования, проектирования, исследования, модернизации объектов газотурбостроения и энергетики и оценивать полученные результаты</p>	<p>З-1 - Сформулировать основные подходы, используемые в моделировании физических процессов в турбоустановках</p> <p>З-2 - Объяснять принципы выбора моделей и расчётных схем системы в зависимости от условий работы и конструктивных особенностей энергоустановок</p> <p>У-1 - Определять последовательность действий при выполнении газодинамических и прочностных исследований элементов турбоустановок в специализированных прикладных программах математического моделирования</p> <p>У-2 - Формулировать граничные условия при постановке математических моделей</p> <p>П-1 - Моделировать рабочие процессы энергоустановок с применением программных алгоритмов, физических и математических моделей</p> <p>П-3 - Самостоятельно ставить и решать задачи численного моделирования рабочих процессов энергоустановок</p>

		Д-1 - Демонстрировать глубокое понимание физических процессов
--	--	---

1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Физико-математическое моделирование
процессов в турбоустановках

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Плотников Леонид Валерьевич	д.т.н., Доцент	Доцент	Турбины и двигатели
2	Седунин Вячеслав Алексеевич	к.т.н.	доцент	Турбины и двигатели

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Уральская передовая инженерная школа
«Цифровое производство»**

Протокол № 1 от 01.02.2023 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Плотников Леонид Валерьевич, Доцент, Турбины и двигатели
- Седунин Вячеслав Алексеевич, доцент, Турбины и двигатели

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

P2.T2	Основные уравнения	Основные уравнения, используемые при расчётном исследовании аэродинамических процессов в турбомашинах.
P3	Использование прикладных программ для исследования процессов в турбомашинах	
P3.T1	Обзор современных программных комплексов для исследования физических процессов в турбомашинах	Ansys-Fluent, Numeca, Star CD, возможности конвертирования форматов и сопоставления результатов.
P3.T2	Подготовка модели	Импорт геометрии исследуемой модели. Построение расчётной сетки конечных элементов. Допущения, особенности при импорте моделей и построении сеток.
P3.T3	Построение расчётной модели для лопаток турбомашин	Импорт лопатки. Особенности. Ограничения. Используемые форматы файлов. Специальные приложения для построения расчётной сетки лопаточных машин.
P3.T4	Постановка задачи расчётного исследования.	Задание граничных условий. Особенности постановки расчёта. Параметры настройки. Возможные причины получения некорректного результата.
P3.T5	Обработка результатов численного эксперимента.	Обработка результатов численного эксперимента. Получение картины распределения характерных параметров. Оценка погрешностей.
P3.T6	Сопряжённые задачи	Постановка задачи теплообмена. Постановка нестационарной задачи.
P4	Практические особенности использования численного эксперимента в инженерной практике	
P4.T1	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.
P4.T2	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

Направления воспитательной деятельности сопрягаются со всеми результатами обучения компетенций по образовательной программе, их освоение обеспечивается содержанием всех дисциплин модулей.

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Физико-математическое моделирование процессов в турбоустановках

Электронные ресурсы (издания)

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

Печатные издания

1. Кампсти, Кампсти 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

Физико-математическое моделирование процессов в турбоустановках

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
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов	WaterSteamPro 6.5 Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc

		<p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p>	<p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p> <p>ANSYS Academic Research Mechanical and CFD (1 task)</p>
2	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 RUS OLP NL Acdmc</p> <p>ANSYS Teaching HF (25 tasks) лицензия</p> <p>Office 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 ПО</p>
3	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p>	Не требуется
4	Консультации	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p>	Не требуется
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>Доска аудиторная</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с</p>	<p>Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc</p> <p>ANSYS Teaching HF (25 tasks) лицензия</p> <p>Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>WaterSteamPro 6.5</p> <p>Браузер Google Chrome – свободное ПО;</p>

		санитарными правилами и нормами Подключение к сети Интернет	Adobe Reader XI – свободное ПО
--	--	--	--------------------------------