

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
1161185	Вибрационная надежность и диагностика энергоустановок

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	Недошивина Татьяна Анатольевна	кандидат технических наук, доцент	Доцент	турбин и двигателей
2	Плотников Леонид Валерьевич	д.т.н., Доцент	Доцент	Турбины и двигатели

Согласовано:

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Вибрационная надежность и диагностика энергоустановок

1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль содержит дисциплины, ориентированные на углубленное изучение дополнительных разделов динамики и прочности энергоустановок, общих вопросов виброметрии, вибрационной надежности и диагностики турбомашин и двигателей. Рассматриваются основные неисправности роторных машин и их диагностические признаки. Излагаются методы диагностики и прогнозирования технического состояния турбомашин. Особое внимание уделено изучению специальных вопросов вибрационной надежности турбомашин, средств и методов виброналадки.

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	Вибрационная надежность турбомашин	3
2	Техническая диагностика турбоустановок	3
ИТОГО по модулю:		6

1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	Не предусмотрены
Постреквизиты и кореквизиты модуля	<ol style="list-style-type: none">1. Специальные вопросы эксплуатации турбоустановок2. Дефекты узлов и деталей газотурбинных двигателей и методы их устранения3. Специальные вопросы проектирования энергетических объектов на базе паротурбинных установок

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>Вибрационная надежность турбомашин</p>	<p>УК-4 - Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия</p>	<p>З-1 - Определять специфику, разновидности, инструменты и возможности современных коммуникативных технологий для академического и 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>ОПК-3 - Способен планировать и проводить комплексные исследования и изыскания для решения инженерных задач относящихся к профессиональной деятельности, включая</p>	<p>З-2 - Характеризовать возможности исследовательской аппаратуры и методов исследования, используя технические характеристики и области применения</p> <p>У-1 - Собирать и анализировать научно-техническую информацию для оптимального планирования исследования и изыскания</p>

<p>проведение измерений, планирование и постановку экспериментов, интерпретацию полученных результатов</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>ОПК-6 - Способен планировать и организовать работы по эксплуатации технологического оборудования и обеспечению технологических процессов в сфере своей профессиональной деятельности с учетом энерго- и ресурсоэффективности производственного цикла и продукта</p>	<p>З-1 - Перечислить основные технические параметры и технологические характеристики эксплуатируемого оборудования и реализуемых технологических процессов</p> <p>З-2 - Назвать имеющиеся ограничения режимов эксплуатации оборудования и регламенты технологических процессов</p> <p>У-2 - Оценивать ход эксплуатации технологического оборудования и реализации технологических процессов на основании визуального анализа и показаний контрольно-измерительной аппаратуры</p> <p>П-2 - Предлагать и аргументированно доказывать целесообразность корректировок параметров эксплуатации оборудования и реализации технологических процессов для повышения уровня энерго и ресурсосбережения производственного цикла и продукта</p>
<p>ПК-5 - Способность проводить оценку технического состояния оборудования с использованием методов диагностики турбомашин, и принимать обоснованные решения по восстановлению состояния узлов и деталей в процессе ремонта паротурбинных и газотурбинных установок и двигателей</p>	<p>З-1 - Перечислить основные понятия теории колебаний и виброметрии, динамики энергоустановок и технической диагностики</p> <p>З-2 - Охарактеризовать свойства материалов, используемых в энергоустановках для деталей, работающих при статической и динамической нагрузке</p> <p>З-3 - Перечислить характерные дефекты и неисправности узлов и деталей оборудования, причины их возникновения и способы устранения</p> <p>У-1 - Анализировать данные по параметрам работы оборудования, используя метод графического анализа, для выполнения аналитических расчетов и статистической обработки</p> <p>У-2 - Различать свойства роторов и валопроводов турбоустановок, влияющие на</p>

		<p>динамику их работы и техническое состояние оборудования</p> <p>У-3 - Идентифицировать вид дефекта оборудования и определять возможности и способы восстановления его работоспособности</p> <p>П-1 - Выполнять аналитические расчеты, проводить статистическую обработку и графический анализ данных по параметрам работы турбомашин</p> <p>П-2 - Производить расчеты колебаний роторов и валопроводов турбоустановок</p> <p>П-3 - Иметь первичный опыт дефектации изделий и обоснованного принятия решений о целесообразности проведения восстановительного ремонта деталей и узлов турбомашин</p>
Техническая диагностика турбоустановок	<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-3 - Сделать обзор основных методов статистической обработки и анализа результатов измерений</p> <p>У-2 - Обоснованно выбрать необходимую аппаратуру и метод исследования для решения инженерных задач, относящихся к профессиональной деятельности</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>
	<p>ОПК-6 - Способен планировать и организовать работы по эксплуатации технологического оборудования и обеспечению технологических процессов в сфере своей профессиональной деятельности с учетом энерго- и ресурсоэффективности</p>	<p>З-1 - Перечислить основные технические параметры и технологические характеристики эксплуатируемого оборудования и реализуемых технологических процессов</p> <p>У-3 - Обоснованно корректировать ход эксплуатации технологического оборудования и реализации технологических процессов, добиваясь повышения уровня энерго и ресурсосбережения производственного цикла и продукта</p>

	<p>производственного цикла и продукта</p>	<p>П-2 - Предлагать и аргументированно доказывать целесообразность корректировок параметров эксплуатации оборудования и реализации технологических процессов для повышения уровня энерго и ресурсосбережения производственного цикла и продукта</p> <p>Д-1 - Демонстрировать ответственное отношение к работе, организаторские способности</p>
	<p>ПК-5 - Способность проводить оценку технического состояния оборудования с использованием методов диагностики турбомашин, и принимать обоснованные решения по восстановлению состояния узлов и деталей в процессе ремонта паротурбинных и газотурбинных установок и двигателей</p>	<p>З-1 - Перечислить основные понятия теории колебаний и виброметрии, динамики энергоустановок и технической диагностики</p> <p>З-4 - Сформулировать принципы построения систем технической диагностики, алгоритмы принятия решений</p> <p>З-5 - Сделать обзор методов определения технического состояния оборудования и применяемых критериев</p> <p>У-1 - Анализировать данные по параметрам работы оборудования, используя метод графического анализа, для выполнения аналитических расчетов и статистической обработки</p> <p>У-3 - Идентифицировать вид дефекта оборудования и определять возможности и способы восстановления его работоспособности</p> <p>У-4 - Устанавливать последовательность действий при реализации алгоритмов принятия решения в системе технической диагностики турбомашин</p> <p>У-5 - Анализировать информацию, получаемую при исследованиях или эксплуатации турбомашин, оценивать ее и обосновывать применение на ее основе технических решений по обеспечению надежности эксплуатации объектов</p> <p>П-1 - Выполнять аналитические расчеты, проводить статистическую обработку и графический анализ данных по параметрам работы турбомашин</p> <p>П-3 - Иметь первичный опыт дефектации изделий и обоснованного принятия решений</p>

		<p>о целесообразности проведения восстановительного ремонта деталей и узлов турбомашин</p> <p>П-4 - Осуществлять выбор оборудования контроля параметров работы турбоустановок при создании систем технической диагностики, исследованиях и эксплуатации и разрабатывать схемы систем технической диагностики и контроля турбомашин</p> <p>П-5 - Выполнять по данным систем контроля и технической диагностики оценку технического состояния оборудования с принятием решения о дальнейшей его эксплуатации, ремонте или восстановлении</p> <p>Д-1 - Демонстрировать умение принимать решения, внимательность к мелочам, аналитические способности</p>
--	--	---

1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Вибрационная надежность турбомашин

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

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

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 в дисциплину. Динамические напряжения и динамическая прочность	
P1, T2	Прочность. усталость, запасы прочности	Механические характеристики конструкционных материалов. Свойства материалов при переменных напряжениях. Усталость. Оценка прочности. Запасы прочности. Запасы прочности при переменных напряжениях. Запасы усталостной прочности при работе на различных режимах.
P2	Основы теории колебаний и виброметрии	
P2, T1	Кинематика колебательного движения	Свободные колебания. Вынужденные колебания. Гармонические колебания, векторная форма представления колебаний. Сложение колебаний. Гармонический анализ. Механические колебания(вибрация). Затухающие и вынужденные колебания.
P2, T2	Колебания систем. Уравнение движения системы	Общее уравнение движения системы с одной степенью свободы. Уравнение свободных колебаний системы с трением. Вынужденные колебания под воздействием гармонической силы. Колебание систем с n степенями свободы

P2, T3	Вибрация машин и ее последствия	Измерение вибрации машин. Датчики и приборы. Контроль вибрации турбомашин и нормы на вибрацию.
P3	Вибрация лопаток турбомашин	
P3, T1	Собственные и вынужденные колебания лопаток	Собственные частоты и формы колебаний лопаток и пакетов. Возмущающие силы в турбомашине. Вынужденные колебания лопаток. Самовозбуждающиеся колебания лопаток. Влияние разночастотности лопаток на надежность облопачивания.
P3, T2	Обеспечение вибрационной надежности лопаточного аппарата	Методы обеспечения вибрационной надежности лопаточного аппарата. Вибрационная отстройка лопаточного аппарата.
P3, T3	Вибрационные исследования лопаточного аппарата	Исследования вибрационной надежности лопаточного аппарата в лабораторных и эксплуатационных условиях. Тензометрирование и термометрирование лопаточного аппарата. Дискретно-фазовый метод исследования вибрации лопаток.
P4	Динамика роторов и роторных систем. Динамическая надежность турбомашин	
P4, T1	Вибрация машин. Причины, вызывающие колебания роторов	Причины, вызывающие колебания роторов. Вибрация с оборотной частотой, высокочастотная и низкочастотная вибрации.
P4, T2	Динамика роторов и валопроводов	Динамика одномассового ротора. Критическая частота вращения. Влияние жесткости опор. Динамика многомассового ротора. Критические частоты вращения и формы движения. Динамика многоопорных роторных систем (валопровода). Критические частоты вращения валопровода.
P4, T3	Автоколебания	Самовозбуждающиеся колебания. Силы возбуждения. Устойчивость роторной системы.
P4, T4	Балансировка жестких и гибких роторов. Балансировка валопроводов в собственных подшипниках	Балансировка роторов и валопроводов. Статическая и динамическая балансировка. Измерение вибрации и угла. Балансировка жестких роторов. Низкочастотная балансировка. Балансировка гибких роторов. Высокочастотная балансировка и балансировка в диапазоне рабочих частот вращения. Балансировка по собственным формам и по коэффициентам влияния. Балансировка агрегатов в собственных опорах.
P4, T5	Балансировочное оборудование	Балансировочное оборудование: балансировочные станки, разгонно-балансировочные стенды, балансировочные приборы. Использование ЭВМ и прикладные программные продукты.
P4, T6	Вибрационные исследования. Обеспечение вибрационной надежности турбомашин	Постановка исследований и методы обеспечения динамической надежности роторных машин и других энергоустановок. Примеры из практики виброналадки турбоагрегатов и вспомогательного оборудования.
P5	Элементы теории надежности	

P5, T1	Показатели надежности	Основные понятия и термины. Критерии состояний. Показатели надежности: безотказности, долговечности, ремонтпригодности, сохраняемости. Комплексные показатели надежности.
P5, T2	Правила надежности	Общие зависимости теории надежности. Причины отказов. Правила надежности при проектировании, производстве и испытаниях, эксплуатации и ремонте.
P6	Диагностирование повреждений деталей и узлов турбомашин	
P6, T1	Техническая диагностика и диагностирование	Назначение и цели технической диагностики. Основные понятия и термины. Методы диагностики и их применимость для турбомашин.
P6, T2	Виды повреждений деталей и узлов турбомашин	Повреждения лопаточного аппарата роторных деталей, корпусов, подшипников

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

Вибрационная надежность турбомашин

Электронные ресурсы (издания)

1. ; Безопасность и надежность технических систем : учебное пособие.; Логос, Москва; 2004; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=84762> (Электронное издание)
2. , Воропай, Н. И.; Надежность систем энергетики: сборник рекомендуемых терминов; Энергия, Москва; 2007; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=58376> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Костюк, А. Г.; Динамика и прочность турбомашин : учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлению подгот. "Энергомашиностроение".; МЭИ, Москва; 2007 (21 экз.)
2. Недошивина, Т. А., Урьев, Е. В.; Динамическая надежность и диагностика турбин : учебное пособие.; УрФУ, Екатеринбург; 2010 (20 экз.)
3. Недошивина, Т. А., Мурманский, Б. Е.; Вибрационная надежность энергетических установок : учебное пособие для студентов вуза, обучающихся по направлению подготовки 13.04.03 - Энергетическое машиностроение.; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2021 (6 экз.)
4. Урьев, Е. В.; Вибрационная надежность и диагностика турбомашин : учебное пособие. Ч. 1. Вибрация и балансировка; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2003 (20 экз.)
5. Урьев, Е. В., Плотников, П. Н.; Элементы теории надежности и основы теории технической диагностики турбомашин : Учеб. пособие.; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2000 (4 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

ANSYS Academic Teaching Introductory v 16.2 (учебная версия) и др

Электронный научный архив УрФУ <https://elar.urfu.ru/handle/10995/27033>

Недошивина Т. А. Вибрационная надежность энергетических установок : учебное пособие : Рекомендовано методическим советом Уральского федерального университета для студентов вуза, обучающихся по направлению подготовки 13.04.03 — Энергетическое машиностроение / Т. А. Недошивина, А. В. Кистойчев ; научный редактор Б. Е. Мурманский ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина. — Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2021. — 204 с. — ISBN 978-5-7996-3201-4. — <http://hdl.handle.net/10995/100361>

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

- 1) eLibrary <http://elibrary.ru/>
- 2) Scopus <http://www.scopus.com/>
- 3) Web of Science <http://apps.webofknowledge.com/>
- 4) EBSCO publishing <http://search.ebscohost.com/>
- 5) ЭБС Университетская библиотека онлайн <http://www.biblioclub.ru/>
- 6) Издательство "Лань" <http://e.lanbook.com/ook.com/>
- 7) Поисковая система Google <https://www.google.com/>
- 8) Поисковая система Yandex <https://yandex.ru/>

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Вибрационная надежность турбомашин

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	ANSYS Academic Teaching Mechanical and CFD (25 tasks) ANSYS Academic Research Mechanical and CFD (1 task)

		<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 санитарными правилами и нормами</p> <p>Подключение к сети Интернет</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>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>ANSYS Academic Teaching Mechanical and CFD (25 tasks)</p> <p>ANSYS Academic Research Mechanical and CFD (1 task)</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>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>ANSYS Academic Research Electronics Thermal (1 task)</p> <p>ANSYS Academic Teaching Mechanical and CFD (25 tasks)</p>

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>	Не требуется
6	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>Подключение к сети Интернет</p>	<p>ANSYS Academic Research Electronics Thermal (1 task)</p> <p>ANSYS Academic Teaching Mechanical and CFD (25 tasks)</p>

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Техническая диагностика турбоустановок

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Блинов Виталий Леонидович	кандидат технических наук, доцент	Доцент	турбин и двигателей
2	Недошивина Татьяна Анатольевна	кандидат технических наук, доцент	Доцент	турбин и двигателей

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:

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	Техническая диагностика, цели и задачи. Основные понятия. Проблемы технической диагностики. Системы технической диагностики, типы систем, развитие. Экспертные системы. Искусственный интеллект.
P2	Основы надежности турбоустановок	
P2.T1	Критерии состояния	Виды состояний технических объектов. Критерии исправного состояния. Критерии работоспособного состояния. Критерии неисправного состояния. Критерии неработоспособного состояния. Критерии предельного состояния.
P2.T2	Показатели надежности	Показатели частных свойств. Вероятность безотказной работы. показатели надежности. Комплексные Коэффициент готовности. Нарботка на отказ. Коэффициент технического использования. Правила надежности.
P3	Эксплуатационные характеристики турбоустановок	Характеристики основных и вспомогательных узлов турбоустановок. Деградация эксплуатационных характеристик. Анализ эксплуатационных условий турбомашин и турбоустановок.
P4	Техническое состояние	
P4.T1	Коэффициент технического состояния приводных ГТУ	Коэффициенты технического состояния по мощности, КПД и расходу топливного газа. Особенности определения. Классы технического состояния ГТУ.

P4.T2	Коэффициент технического состояния газовых компрессоров	Коэффициент технического состояния, коэффициент режима работы. Особенности определения. Классы технического состояния газовых компрессоров.
P4.T3	Определение эффективной мощности приводных ГТУ	Методы определения эффективной мощности: по параметрам компримируемого газа; по «тепловому балансу»; по параметрам силовой турбины; по измеренному расходу тепла; по степени повышения давления в осевом компрессоре или степени понижения давления в турбине; по альбомным газодинамическим характеристикам приводимого агрегата; по обобщенным зависимостям газотурбинных установок; по «заводскими» методам.
P4.T4	Требования к испытаниям турбоустановок	Нормативная документация. Методы испытаний. Схемы измерений параметров. Требования к проведению испытаний и обработке их результатов
P4.T5	Коэффициент технического состояния ГТУ с регулируемым лопаточным аппаратом	Особенности определения параметров работы ГТУ с регулируемым лопаточным аппаратом. Сложности приведения параметров к стандартным условиям. Коэффициент технического соответствия.
P4.T6	Индекс технического состояния	Правила оценки технического состояния основного технологического оборудования электрических станций.
P4.T7	Мониторинг технического состояния	Технологии удаленной параметрической диагностики и мониторинга текущих показателей технического состояния турбоустановок.
P4.T8	Прогнозирование технического состояния	Предиктивная аналитика. Применение методов машинного обучения для анализа данных.
P5	Неисправности элементов и узлов турбоустановок	
P5.T1	Причины неисправностей	Группы неисправностей элементов и узлов турбоустановок.
P5.T2	Неисправности турбомашин	Неисправности осевого компрессора, турбины, камеры сгорания, центробежного компрессора, узлов и систем турбоустановок. Диагностические признаки неисправностей.
P6	Техническое обслуживание турбоустановок	
P6.T1	Вопросы технического обслуживания	Межремонтный период. Техническое обслуживание и ремонт. Программы технического обслуживания турбоустановок.
P6.T2	Ресурс работы турбоустановок	Факторы, влияющие на ресурс турбоустановок. Фактическая и эквивалентная наработка.

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

Техническая диагностика турбоустановок

Электронные ресурсы (издания)

Печатные издания

1. Блинов, В. Л., Комаров, О. В.; Цифровые двойники турбомашин : учебное пособие для студентов вуза, обучающихся по направлениям подготовки 13.03.03 и 13.04.03 - Энергетическое машиностроение.; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2022 (10 экз.)
2. Скороходов, А. В., Ревзин, Б. С.; Испытания газотурбинных газоперекачивающих агрегатов и вспомогательного оборудования : учебное пособие для студентов вуза, обучающихся по направлению подготовки 13.04.03 - Энергетическое машиностроение.; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2020 (10 экз.)
3. Ревзин, Б. С.; Газоперекачивающие агрегаты с газотурбинным приводом : Учеб. пособие.; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2002 (29 экз.)
4. Урьев, Е. В., Плотников, П. Н.; Элементы теории надежности и основы теории технической диагностики турбомашин : Учеб. пособие.; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2000 (4 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

1. Официальный интернет-сайт Уральского федерального университета: <http://www.ustu.ru>
2. Архив препринтов с открытым доступом – <https://arxiv.org/>
3. Блинов В. Л. Цифровые двойники турбомашин : учебное пособие : Рекомендовано методическим советом Уральского федерального университета для студентов вуза, обучающихся по направлениям подготовки 13.03.03 и 13.04.03 — Энергетическое машиностроение / В. Л. Блинов, С. В. Богданец ; научный редактор О. В. Комаров ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина. — Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2022. — 162 с. — ISBN 978-5-7996-3545-9. — <http://hdl.handle.net/10995/117116>

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

1. Academic Search Ultimate EBSCO publishing – <http://search.ebscohost.com>
2. Гугл Академия – <https://scholar.google.ru/>
3. Электронный научный архив УрФУ – <https://elar.urfu.ru/>
4. Зональная научная библиотека (УрФУ) – <http://lib2.urfu.ru/>
5. Портал информационно-образовательных ресурсов УрФУ – study.urfu.ru
6. Университетская библиотека ONLINE – biblioclub.ru

7. Электронно-библиотечная система "Библиокомплектатор" (IPRbooks) – bibliocomplectator.ru/available
8. Электронные информационные ресурсы Российской государственной библиотеки – www.rsl.ru
9. Научная электронная библиотека – <http://elibrary.ru/>
10. Научная электронная библиотека «КиберЛенинка» – <https://cyberleninka.ru/>

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Техническая диагностика турбоустановок

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 Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами	Не требуется
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Персональные компьютеры по количеству обучающихся Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM

3	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя	Не требуется
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя	Не требуется
5	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Персональные компьютеры по количеству обучающихся Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM