

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
1161193	Дефекты узлов и деталей газотурбинных двигателей и методы их устранения

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	доктор технических наук, доцент	Профессор	турбин и двигателей

Согласовано:

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Дефекты узлов и деталей газотурбинных двигателей и методы их устранения

1.1. Аннотация содержания модуля

В дисциплинах модуля рассматривается классификация дефектов узлов и деталей ГТД, причин их образования, способов устранения. Важное место занимает изучение проблем восстановления работоспособности ГТД и ремонта изношенных деталей и узлов. В процессе изучения разделов дисциплин модуля разбираются реальные производственные проблемы, реализуется поиск их решений, рассматриваются практические вопросы, связанные с обеспечением надежности деталей и узлов ГТД.

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	Дефекты узлов и деталей ГТД	3
2	Методы устранения дефектов ГТД в условиях ремонта и производства	3
ИТОГО по модулю:		6

1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	1. Вибрационная надежность и диагностика энергоустановок 2. Цифровые технологии в проектировании и эксплуатации турбомашин и турбоустановок
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

Дефекты узлов и деталей ГТД	ПК-6 - Способность разрабатывать технологические процессы на изготовление и ремонт узлов и деталей газотурбинных двигателей на основе знания принципов построения типовых технологических процессов изготовления и ремонта изделий, контролировать их качество	З-3 - Классифицировать способы контроля качества изготовления и ремонта узлов и деталей газотурбинных двигателей У-3 - Обосновывать выбор способа контроля качества изготовления и ремонта узлов и деталей газотурбинных двигателей П-1 - Выполнять разработку технологических процессов на изготовление и ремонт узлов и деталей газотурбинных двигателей П-2 - Иметь практический опыт контроля качества изготовления и ремонта узлов и деталей газотурбинных двигателей
Методы устранения дефектов ГТД в условиях ремонта и производства	ПК-6 - Способность разрабатывать технологические процессы на изготовление и ремонт узлов и деталей газотурбинных двигателей на основе знания принципов построения типовых технологических процессов изготовления и ремонта изделий, контролировать их качество	З-2 - Перечислить основные этапы разработки технологического процесса на изготовление и ремонт узлов и деталей газотурбинных двигателей У-2 - Выбирать последовательность технологического процесса изготовления и ремонта изделий в зависимости от их назначения в газотурбинном двигателе П-1 - Выполнять разработку технологических процессов на изготовление и ремонт узлов и деталей газотурбинных двигателей

1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Дефекты узлов и деталей ГТД

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Двоеглазов Владимир Сергеевич		начальник конструктор ского отдела надежности	УЗГА
2	Недошивина Татьяна Анатольевна	к.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:

- Двоглазов Владимир Сергеевич, начальник конструкторского отдела надежности, УЗГА
- Недошивина Татьяна Анатольевна, 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	Введение в дисциплину	История предмета. Принципы безопасной эксплуатации машин. Напряженные состояния. Упругое и пластическое деформирование. Анизотропия и композиты. Литература.
P2	Виды повреждаемости	
P2.T1	Статическое разрушение	Закономерности при статическом разрушении. Виды статических разрушений. Внутренние напряжения и методы их определения и снижения
P2.T2	Усталостное разрушение деталей	Кривая усталости. Ресурс. Законы при усталостном нагружении. Многоцикловая усталость. Основы фрактографии. Конструктивные и технологические мероприятия. Частотная отстройка, демпфирование, концентрация напряжений.
P2.T3	Изнашивание	Механизмы изнашивания. Механические свойства при износе. Влияние твердости на образование дефектов. Фреттинг. Конструктивные и технологические мероприятия защиты от износа.
P3	Дефекты узлов и деталей ГТД	
P3.T1	Дефекты подшипников	Классификация и причины. Способы устранения
P3.T2	Дефекты зубчатых передач.	Классификация и причины. Способы устранения

Р3.Т3	Дефекты деталей, работающих в газовой среде при высоких температурах	Классификация. Прогары, термические трещины, сульфидная коррозия, перегрев с распадом (коагуляцией) материалов лопаток. Причины. Методы защиты.
Р3.Т4	Эрозионный износ в проточной части двигателя	Механизм развития, влияние на рабочие параметры двигателя. Конструктивные мероприятия по предотвращению развития процесса
Р4	Оценка влияния развития дефектов на работу ГТД	
Р4.Т1	Виды износов деталей при эксплуатации. Причины их проявления.	Изнашивание деталей в процессе эксплуатации. Контактный износ. Эрозионный износ. Тепловой износ. Деформационный износ. Коррозионный износ. Усталостный износ. Примеры последствий для двигателя и его систем различных дефектов. Принцип диагностирования – обнаружение дефекта по косвенным последствиям
Р4.Т2	Диагностика ГТД в процессе эксплуатации	Методы и средства диагностирования работающего ГТД. Периодичность контроля. Вибрационная диагностика. Параметрическая диагностика. Тренды изменения параметров с наработкой. Изменения расходов. Утечки. Засорение каналов охлаждающего воздуха. Запасы газодинамической устойчивости.
Р4.Т3	Наиболее часто встречающиеся дефекты в эксплуатации ГТД	Подробное рассмотрение наиболее часто встречающихся дефектов в эксплуатации на конкретных примерах. Анализ причин их появления и методов диагностирования. Различия дефектов при эксплуатации авиационных ГТД и наземных ГТД.

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

Дефекты узлов и деталей ГТД

Электронные ресурсы (издания)

1. Науменко, А. П.; Введение в техническую диагностику и неразрушающий контроль : учебное пособие.; Омский государственный технический университет (ОмГТУ), Омск; 2019; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=682129> (Электронное издание)

Печатные издания

1. , Клюев, В. В., Ковалев, А. В., Соснин, Ф. Р.; Неразрушающий контроль и диагностика : Справочник.; Машиностроение, Москва; 2003 (1 экз.)

2. Сулима, А. М., Носков Анатолий Алексеевич, А. А., Серебренников Геннадий Зиновьевич, Г. З.; Основы технологии производства газотурбинных двигателей : Учебник для студентов вузов.; Машиностроение, Москва; 1996 (13 экз.)
3. Гаркунов, Д. Н.; Триботехника (износ и безызносность : Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности "Оборудование и технология повышения износостойкости и восстановления деталей машин и аппаратов", направления подготовки дипломир. специалистов "Машиностроит. технологии и оборудование" .; Издательство МСХА, Москва; 2001 (1 экз.)
4. Абраимов, Н. В., Елисеев, Ю. С.; Химико-термическая обработка жаропрочных сталей и сплавов; Интернет Инжиниринг, Москва; 2001 (2 экз.)
5. Абраимов, Н. В., Елисеев, Ю. С., Крымов, В. В.; Авиационное материаловедение и технология обработки металлов; Высш.шк., Москва; 1998 (2 экз.)
6. Новиков, В. А.; Технология изготовления сопловых и рабочих лопаток турбины : учебное пособие.; УрФУ, Екатеринбург; 2011 (10 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>

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

Дефекты узлов и деталей ГТД

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

№ п/п	Виды занятий	Оснащенность 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 Периферийное устройство	Не требуется
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Периферийное устройство Персональные компьютеры по количеству обучающихся Подключение к сети Интернет	Не требуется
3	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
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя	Не требуется
5	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя	Не требуется

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Методы устранения дефектов ГТД в
условиях ремонта и производства

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

**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:

- Недошивина Татьяна Анатольевна, 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	Технологические процессы восстановления деталей	
P1, T1	Методы восстановления изношенных деталей	Метод ремонтных размеров. Метод номинальных размеров. Критерии выбора.
P1.T2	Специальные виды контроля при производстве и ремонте	Методы дефектоскопии и неразрушающего контроля. Вихретоковый контроль. Ультразвуковой контроль. Капиллярная дефектоскопия. Области применения.
P1.T3	Технологические процессы, применяемые для восстановления	Сварка. Виды: ЭС, АДС, контактная. Пайка. Наплавка. Напыление.
P2	Методы восстановления деталей	
P2.T1	Восстановление геометрии после ремонта.	Способы восстановления геометрии. Слесарная обработка (опиловка, шабрение, заправка резьбы, притирка и т.д.). Механическая обработка (шлифование, точение, алмазное выглаживание) Восстановление ЛКП
P2.T2	Восстановление деталей путем нанесения покрытий.	Применение покрытий. Способы нанесения. Виды покрытий. Нанесение гальванопокрытий. Цель гальванопокрытий, виды

		покрытий (хромирование, меднение, никелирование, кадмирование и тд)
РЗ	Контроль качества восстановленных деталей	Оценка качества. Критерии. Применяемые методы и средства.

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

Методы устранения дефектов ГТД в условиях ремонта и производства

Электронные ресурсы (издания)

1. Науменко, А. П.; Введение в техническую диагностику и неразрушающий контроль : учебное пособие.; Омский государственный технический университет (ОмГТУ), Омск; 2019; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=682129> (Электронное издание)

Печатные издания

1. , Ключев, В. В., Ковалев, А. В., Соснин, Ф. Р.; Неразрушающий контроль и диагностика : Справочник.; Машиностроение, Москва; 2003 (1 экз.)
2. Сулима, А. М., Носков Анатолий Алексеевич, А. А., Серебренников Геннадий Зиновьевич, Г. З.; Основы технологии производства газотурбинных двигателей : Учебник для студентов вузов.; Машиностроение, Москва; 1996 (13 экз.)
3. Гаркунов, Д. Н.; Триботехника (износ и безызносность : Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности "Оборудование и технология повышения износостойкости и восстановления деталей машин и аппаратов", направления подготовки дипломир. специалистов "Машиностроит. технологии и оборудование".; Издательство МСХА, Москва; 2001 (1 экз.)
4. Абраимов, Н. В., Елисеев, Ю. С.; Химико-термическая обработка жаропрочных сталей и сплавов; Интернет Инжиниринг, Москва; 2001 (2 экз.)
5. Абраимов, Н. В., Елисеев, Ю. С., Крымов, В. В.; Авиационное материаловедение и технология обработки металлов; Высш.шк., Москва; 1998 (2 экз.)
6. Новиков, В. А.; Технология изготовления сопловых и рабочих лопаток турбины : учебное пособие.; УрФУ, Екатеринбург; 2011 (10 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>

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

Методы устранения дефектов ГТД в условиях ремонта и производства

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	Не требуется
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Не требуется
3	Лабораторные занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в	Не требуется

		<p>соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</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>	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>Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acadmс</p> <p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p>