

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

<b>Код модуля</b>	<b>Модуль</b>
1156583	Регулирование и защита газовых турбин

**Екатеринбург**

<b>Перечень сведений о рабочей программе модуля</b>	<b>Учетные данные</b>
<b>Образовательная программа</b> 1. Газовые, паровые турбины и двигатели внутреннего сгорания	<b>Код ОП</b> 1. 13.03.03/33.01
<b>Направление подготовки</b> 1. Энергетическое машиностроение	<b>Код направления и уровня подготовки</b> 1. 13.03.03

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	Новоселов Владимир Борисович	доктор технических наук, без ученого звания	Профессор	турбин и двигателей

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

# 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Регулирование и защита газовых турбин

## 1.1. Аннотация содержания модуля

В модуль «Регулирование и защита газовых турбин» входят дисциплина «Автоматическое регулирование газотурбинных установок». Модуль направлен на изучение систем регулирования и защиты газотурбинных установок, принципов их конструирования и особенностей функционирования

## 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	Автоматическое регулирование газотурбинных установок	6
ИТОГО по модулю:		6

## 1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

<b>Пререквизиты модуля</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. «Газотурбинные и паротурбинные установки»</li><li>2. Научно-фундаментальные основы профессиональной деятельности</li></ol>
<b>Постреквизиты и кореквизиты модуля</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Практика</li><li>2. Государственная итоговая аттестация</li></ol>

## 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
Автоматическое регулирование газотурбинных установок	ОПК-6 - Способен выполнять настройку технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности по	З-1 - Перечислить основные параметры функционирования технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности в соответствии с имеющейся технической документацией

	<p>имеющейся технической документации</p>	<p>З-2 - Объяснить принципы и основные правила и методы настройки технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности по имеющейся технической документации</p> <p>З-3 - Привести примеры использования цифровых технологий для настройки технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности</p> <p>У-1 - Регулировать основные параметры функционирования технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности в соответствии с имеющейся технической документацией</p> <p>У-2 - Определять основные параметры функционирования технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности для установления соответствия имеющейся технической документации</p> <p>У-3 - Оптимизировать с помощью цифровых технологий настройки технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности по имеющейся технической документации</p> <p>П-1 - Проводить организацию настройки и настройку технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности по имеющейся технической документации</p> <p>П-2 - Осуществлять контроль соответствия имеющейся технической документации и необходимую корректировку основных параметров функционирования технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности</p> <p>Д-1 - Внимательно и ответственно относиться к выполнению требований технической документации</p>
--	---	--

	<p>ОПК-7 - Способен эксплуатировать технологическое оборудование, выполнять технологические операции, контролировать количественные и качественные показатели получаемой продукции, показатели энерго- и ресурсоэффективности производственного цикла и продукта, осуществлять метрологическое обеспечение производственной деятельности</p>	<p>З-1 - Объяснить принцип действия основного технологического оборудования</p> <p>З-2 - Изложить научные основы технологических операций</p> <p>З-3 - Характеризовать способы метрологического обеспечения производственной деятельности, контроля количественных и качественных показателей получаемой продукции</p> <p>З-4 - Перечислить основные показатели энерго и ресурсоэффективности производственной деятельности</p> <p>У-1 - Определять необходимое технологическое оборудование для выполнения технологических операций</p> <p>У-2 - Оценить соответствие выбранного технологического оборудования и технологических операций нормам и правилам безопасной эксплуатации, технологическим регламентам и инструкциям</p> <p>У-3 - Анализировать неполадки технологического оборудования, устанавливать их причины и определять способы их устранения</p> <p>У-4 - Оценивать с использованием количественных или качественных показателей соответствие характеристик получаемой продукции установленным техническим требованиям и фиксировать отклонения</p> <p>У-5 - Оценивать с использованием показателей энерго- и ресурсоэффективности параметры производственного цикла и продукта и анализировать отклонения</p> <p>У-6 - Определять оптимальные способы метрологического сопровождения технологических процессов</p> <p>П-1 - Поддерживать в процессе производственной эксплуатации заданные режимы технологических операций и параметры работы необходимого оборудования, обеспечивающие</p>
--	--	---

		<p>производительность и качество получаемой продукции</p> <p>П-2 - Рассчитывать показатели ресурсо- и энергоэффективности производственного цикла и продукта</p> <p>П-3 - Провести диагностику неполадок и определить способы ремонта технологического оборудования</p> <p>Д-1 - Умение концентрировать внимание на реализации порученного производственного процесса, умение брать на себя ответственность за результат</p>
	<p>ПК-6 - Способен выполнять экспериментальные исследования и испытания турбоустановок, проводить измерения физических величин, а также разработку технических заданий инженерных проектов</p>	<p>З-7 - Характеризовать понятия теории управления сложными объектами, суть системного подхода к исследованию их динамики в процессах регулирования</p> <p>У-6 - Поставить и реализовать исследовательские задачи определения работоспособности и качественных показателей работы систем регулирования</p> <p>П-8 - Использовать основные методы работы на ПК с прикладными программными средствами компьютерной графики</p>
	<p>ПК-8 - Способен осуществлять сборку, ремонт, монтаж, промышленные испытания и техобслуживание турбоустановок и вспомогательного оборудования</p>	<p>З-4 - Описать средства и системы автоматизации газотурбинных установок, газоперекачивающих агрегатов и оборудования газокompрессорных станций</p> <p>Д-1 - Демонстрировать ответственное отношение к выполнению заданий по освоению компетенции</p>

### 1.5. Форма обучения

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

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Автоматическое регулирование**  
**газотурбинных установок**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Новоселов Владимир Борисович	доктор технических наук, без ученого звания	Профессор	турбин и двигателей

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

Протокол № 112 от 18.06.2021 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Новоселов Владимир Борисович, Профессор, 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	Преобразование Лапласа	Общие свойства преобразования Лапласа. Применение преобразования Лапласа для решения дифференциальных уравнений.
P2	Линеаризация уравнений движения. Относительная система координат	Метод линеаризации ДУ методом малых отклонений на основе разложения функций в ряд Тейлора. Способы перевода дифференциальных уравнений в относительную безразмерную форму посредством введения базовых (масштабных) отклонений регулируемых величин. Суть перехода к относительной системе координат как к системе с нулевыми начальными условиями
P3	Типовые звенья системы автоматического регулирования	Применение преобразования Лапласа для исследования систем. Передаточная функция. Типовые возмущения.
P4	Соединения типовых звеньев	Последовательное и параллельное соединение элементов. Соединение элементов по принципу обратной связи. Значение отрицательной обратной связи в системах автоматического регулирования
P5	Законы регулирования	Понятие закона регулирования. Типовые регуляторы: пропорциональный (П), интегральный (И), дифференциальный (Д). Характеристики и влияние типовых законов регулирования на качество системы. Сложный ПИД-регулятор



<b>P6</b>	Частотные характеристики типовых звеньев	Усиление и сдвиг фазы как функции частоты входного сигнала.
<b>P7</b>	Устойчивость САР. Алгебраические критерии устойчивости Корневой критерий качества системы. Критерий Раусса-Гурвица.	Алгебраические критерии устойчивости Корневой критерий качества системы. Критерий Раусса-Гурвица.
<b>P8</b>	Частотные критерии устойчивости.	Критерий Найквиста. Критерий Михайлова
<b>P9</b>	Качество САР	Прямые критерии качества. Косвенные критерии качества. Интегральные критерии качества.
<b>P10</b>	Общие задачи регулирования газотурбинных установок	Регулируемые параметры ГТУ. Регулирование частоты вращения, температуры перед турбиной. Помпаж в ГТУ. Виды и области применения ГТУ
<b>P11</b>	Способы регулирования частоты вращения газотурбинной установки	Регулирование частоты вращения первого и второго рода. Входной направляющий аппарат с поворотными лопатками осевого компрессора. Регулируемый сопловой аппарат свободной турбины.
<b>P12</b>	Особенности регулирования газотурбинных установок	Одновальные и двухвальные ГТУ. Влияние вращающихся масс одновальной ГТУ на процесс регулирования. Влияние объема между компрессором и турбиной на процесс регулирования одновальной ГТУ. Динамический заброс температуры газа и частоты вращения силового вала в процессе регулирования двухвальной газотурбинной установки
<b>P13</b>	Особенности регулирования энергетических ГТУ	Назначение и задачи системы регулирования и защиты энергетической ГТУ. Общие задачи САРиЗ энергетических ГТУ и паротурбинных турбогенераторов.
<b>P14</b>	Особенности регулирования ГТУ газоперекачивающих агрегатов	Поддержание на предельно заданном уровне давления на выходе компрессорной станции. Влияние аккумулирующей способности газопровода на процесс регулирования ГТУ. Совместная работа ГПА компрессорной станции
<b>P15</b>	Назначение, тип и устройство системы регулирования и защиты газотурбинной установки ГТК-10-4.	Назначение, устройство и работа гидродинамического регулятора скорости системы регулирования агрегата ГТК-10-4. Назначение и устройство импеллера в системе автоматического регулирования газотурбинной установки. Его характеристика (давление - обороты). Назначение, устройство и работа стопорного клапана в системе регулирования агрегата ГТК-10-4. Назначение, устройство и работа регулирующего клапана топливоподачи в системе регулирования агрегата ГТК-10-4. Элементы защиты в пневматической системе регулирования ГТУ. Автомат безопасности, пневматический выключатель, кнопки управления. Контроль осевого сдвига валов газотурбинной установки и нагнетателя природного газа.
<b>P16</b>	Работа системы регулирования и защиты	Работа системы регулирования агрегата ГТК-10-4 при пуске. Работа системы автоматического регулирования агрегата ГТК-10-4 при поддержании заданной скорости силового вала.

	ГТК-10-4 в различных режимах эксплуатации	Работа системы автоматического регулирования агрегата ГТК-10-4 при остановке. Управление двигателем регулятора скорости системы регулирования топливоподачи. Исходное состояние и условия включения ДРС для открытия топливных клапанов. Работа ДРС при нормальном и аварийном останове ГТУ ГТК-10-4. Нормальная остановка ГПА ГТК-10-4. Аварийная остановка ГПА ГТК-10-4.
--	---	--

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

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Формирование социально-значимых ценностей	профориентационная деятельность	Технология самостоятельной работы	ПК-8 - Способен осуществлять сборку, ремонт, монтаж, промышленные испытания и техобслуживание турбоустановок и вспомогательного оборудования	3-4 - Описать средства и системы автоматизации газотурбинных установок, газоперекачивающих агрегатов и оборудования газокompрессорных станций

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Автоматическое регулирование газотурбинных установок

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Вершинин, Н. И., Егоров, К. В.; Автоматическое регулирование; Энергия, Москва, Ленинград; 1965; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=110662> (Электронное издание)

#### Печатные издания

1. ; Регулирование и автоматизация паровых турбин и газотурбинных установок : учеб. пособие.; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2003 (20 экз.)
2. , Бродов, Ю. М., Кортенко, В. В.; Паровые турбины и турбоустановки Уральского турбинного завода; Априо, Екатеринбург; 2010 (5 экз.)
3. Веллер, В. Н.; Регулирование и защита паровых турбин; Энергоатомиздат, Москва; 1985 (28 экз.)
4. Бененсон, Е. И., Бузин, Д. П., Иоффе; Теплофикационные паровые турбины; Энергоатомиздат, Москва; 1986 (21 экз.)
5. Кириллов, И. И.; Автоматическое регулирование паровых турбин и газотурбинных установок : Учеб. для вузов.; Машиностроение. Ленингр. отд-ие, Ленинград; 1988 (20 экз.)

## Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Не используются

### 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

### Автоматическое регулирование газотурбинных установок

### 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 используется
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная 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 Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Google Chrome, Mozilla Firefox

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>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p> <p>Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Google Chrome, Mozilla Firefox</p>
4	Курсовая работа/ курсовой проект	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в 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>	Не используется
5	Консультации	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в 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>	Не используется

6	Самостоятельная работа студентов	<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>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p> <p>Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Google Chrome, Mozilla Firefox</p>
7	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 используется