

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Автоматическое регулирование газотурбинных установок

Код модуля
1156583

Модуль
Регулирование и защита газовых турбин

Екатеринбург

Оценочные материалы составлены автором(ами):

№ п/п	Фамилия, имя, отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Новоселов Владимир Борисович	доктор технических наук, без ученого звания	Профессор	турбин и двигателей

Согласовано:

Управление образовательных программ

И.И. Кашуба

Авторы:

- Новоселов Владимир Борисович, Профессор, турбин и двигателей

1. СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ Автоматическое регулирование газотурбинных установок

1.	Объем дисциплины в зачетных единицах	6	
2.	Виды аудиторных занятий	Лекции Практические/семинарские занятия Лабораторные занятия	
3.	Промежуточная аттестация	Зачет Экзамен Курсовая работа	
4.	Текущая аттестация	Контрольная работа	1
		Домашняя работа	3
		Отчет по лабораторным работам	1

2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ИНДИКАТОРЫ) ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ Автоматическое регулирование газотурбинных установок

Индикатор – это признак / сигнал/ маркер, который показывает, на каком уровне обучающийся должен освоить результаты обучения и их предъявление должно подтвердить факт освоения предметного содержания данной дисциплины, указанного в табл. 1.3 РПМ-РПД.

Индикаторы должны учитываться при выборе и составлении заданий контрольно-оценочных мероприятий (оценочных средств) текущей и промежуточной аттестации.

Таблица 1

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)	Контрольно-оценочные средства для оценивания достижения результата обучения по дисциплине
1	2	3
ОПК-6 -Способен выполнять настройку технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной	Д-1 - Внимательно и ответственно относиться к выполнению требований технической документации З-1 - Перечислить основные параметры функционирования технологического	Домашняя работа №1 Домашняя работа №2 Домашняя работа №3 Зачет Лекции Экзамен

<p>деятельности по имеющейся технической документации</p>	<p>оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности в соответствии с имеющейся технической документацией</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>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>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</p>	
---	--	--

	<p>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>ОПК-7 -Способен эксплуатировать технологическое оборудование, выполнять технологические операции, контролировать количественные и качественные показатели получаемой продукции, показатели энерго- и ресурсоэффективности и производственного цикла и продукта, осуществлять метрологическое обеспечение производственной деятельности</p>	<p>Д-1 - Умение концентрировать внимание на реализации порученного производственного процесса, умение брать на себя ответственность за результат</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>П-1 - Поддерживать в процессе производственной эксплуатации заданные режимы технологических операций и параметры работы необходимого оборудования, обеспечивающие производительность и качество получаемой продукции</p> <p>П-2 - Рассчитывать показатели ресурсо- и энергоэффективности</p>	<p>Зачет</p> <p>Контрольная работа</p> <p>Лабораторные занятия</p> <p>Отчет по лабораторным работам</p> <p>Практические/семинарские занятия</p> <p>Экзамен</p>

	<p>производственного цикла и продукта</p> <p>П-3 - Провести диагностику неполадок и определить способы ремонта технологического оборудования</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>ПК-6 -Способен выполнять экспериментальные исследования и испытания турбоустановок, проводить измерения физических величин, а также разработку</p>	<p>З-7 - Характеризовать понятия теории управления сложными объектами, суть системного подхода к исследованию их динамики в процессах регулирования</p> <p>П-8 - Использовать основные методы работы на ПК с прикладными программными</p>	<p>Зачет</p> <p>Курсовая работа</p> <p>Лабораторные занятия</p> <p>Отчет по лабораторным работам</p> <p>Практические/семинарские занятия</p> <p>Экзамен</p>

технических заданий инженерных проектов	средствами компьютерной графики У-6 - Поставить и реализовать исследовательские задачи определения работоспособности и качественных показателей работы систем регулирования	
ПК-8 -Способен осуществлять сборку, ремонт, монтаж, промышленные испытания и техобслуживание турбоустановок и вспомогательного оборудования	Д-1 - Демонстрировать ответственное отношение к выполнению заданий по освоению компетенции З-4 - Описать средства и системы автоматизации газотурбинных установок, газоперекачивающих агрегатов и оборудования газокompрессорных станций	Зачет Лекции Экзамен

3. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ В БАЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЕ (ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА БРС)

3.1. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.4		
Текущая аттестация на лекциях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>домашняя работа</i>	7,13	33
<i>домашняя работа</i>	7,15	33
<i>домашняя работа</i>	7,17	34
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.5		
Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.5		
2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 0.3		
Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>Выполнение заданий на практических занятиях</i>	7,17	100
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям– 1		
Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям–нет		

Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям– не предусмотрено		
3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий –0.3		
Текущая аттестация на лабораторных занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>отчет по лабораторным работам</i>	7,17	100
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям -1		
Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям –нет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – не предусмотрено		

3.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта

Текущая аттестация выполнения курсовой работы/проекта	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Весовой коэффициент текущей аттестации выполнения курсовой работы/проекта– не предусмотрено		
Весовой коэффициент промежуточной аттестации выполнения курсовой работы/проекта– защиты – не предусмотрено		

3.1. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

2. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.6		
Текущая аттестация на лекциях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>контрольная работа</i>	8,8	100
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.5		
Промежуточная аттестация по лекциям – зачет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.5		
2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 0.4		
Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>Выполнение заданий на практических занятиях</i>	8,8	100
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям– 1		
Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям–нет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям– не предусмотрено		
3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий –не предусмотрено		

Текущая аттестация на лабораторных занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям -не предусмотрено		
Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям –нет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – не предусмотрено		

3.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта

Текущая аттестация выполнения курсовой работы/проекта	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Выполнение курсовой работы	8,8	100
Весовой коэффициент текущей аттестации выполнения курсовой работы/проекта– 0.4		
Весовой коэффициент промежуточной аттестации выполнения курсовой работы/проекта– защиты – 0.6		

4. КРИТЕРИИ И УРОВНИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

4.1. В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре/институте критерии (признаки) оценивания достижений студентов по дисциплине модуля (табл. 4) в рамках контрольно-оценочных мероприятий на соответствие указанным в табл.1 результатам обучения (индикаторам).

Таблица 4

Критерии оценивания учебных достижений обучающихся

Результаты обучения	Критерии оценивания учебных достижений, обучающихся на соответствие результатам обучения/индикаторам
Знания	Студент демонстрирует знания и понимание в области изучения на уровне указанных индикаторов и необходимые для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Умения	Студент может применять свои знания и понимание в контекстах, представленных в оценочных заданиях, демонстрирует освоение умений на уровне указанных индикаторов и необходимых для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Опыт /владение	Студент демонстрирует опыт в области изучения на уровне указанных индикаторов.
Другие результаты	Студент демонстрирует ответственность в освоении результатов обучения на уровне запланированных индикаторов. Студент способен выносить суждения, делать оценки и формулировать выводы в области изучения. Студент может сообщать преподавателю и коллегам своего уровня собственное понимание и умения в области изучения.

4.2 Для оценивания уровня выполнения критериев (уровня достижений обучающихся при проведении контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля) используется универсальная шкала (табл. 5).

Таблица 5

Шкала оценивания достижения результатов обучения (индикаторов) по уровням

Характеристика уровней достижения результатов обучения (индикаторов)				
№ п/п	Содержание уровня выполнения критерия оценивания результатов обучения (выполненное оценочное задание)	Шкала оценивания		
		Традиционная характеристика уровня		Качественная характеристика уровня
1.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты в полном объеме, замечаний нет	Отлично (80-100 баллов)	Зачтено	Высокий (В)
2.	Результаты обучения (индикаторы) в целом достигнуты, имеются замечания, которые не требуют обязательного устранения	Хорошо (60-79 баллов)		Средний (С)
3.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты не в полной мере, есть замечания	Удовлетворительно (40-59 баллов)		Пороговый (П)
4.	Освоение результатов обучения не соответствует индикаторам, имеются существенные ошибки и замечания, требуется доработка	Неудовлетворительно (менее 40 баллов)	Не зачтено	Недостаточный (Н)
5.	Результат обучения не достигнут, задание не выполнено	Недостаточно свидетельств для оценивания		Нет результата

5. СОДЕРЖАНИЕ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

Задания по контрольно-оценочным мероприятиям в рамках текущей и промежуточной аттестации должны обеспечивать освоение и достижение результатов обучения (индикаторов) предметного содержания дисциплины на соответствующем уровне.

5.1. Описание аудиторных контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля

5.1.1. Лекции

Самостоятельное изучение теоретического материала по темам/разделам лекций в соответствии с содержанием дисциплины (п. 1.2. РПД)

5.1.2. Практические/семинарские занятия

Примерный перечень тем

1. Преобразование Лапласа.
2. Линеаризация уравнений движения. Относительная система координат.
3. Соединения типовых звеньев.
4. Частотные характеристики типовых звеньев.
5. Устойчивость САР. Алгебраические критерии устойчивости.
6. Способы регулирования частоты вращения газотурбинной установки.
7. Особенности регулирования газотурбинных установок.
8. Особенности регулирования энергетических ГТУ.
9. Особенности регулирования ГТУ газоперекачивающих агрегатов.

LMS-платформа

1. не предусмотрено

5.1.3. Лабораторные занятия

Примерный перечень тем

1. Преобразование Лапласа.
2. Частотные критерии устойчивости.
3. Качество САР.

LMS-платформа

1. не предусмотрено

5.2. Описание внеаудиторных контрольно-оценочных мероприятий и средств текущего контроля по дисциплине модуля

Разноуровневое (дифференцированное) обучение.

Базовый

5.2.1. Контрольная работа

Примерный перечень тем

1. Защита турбоагрегатов.

Примерные задания

Ответить на вопросы:

1. Какие сигналы подаются перед срабатыванием защиты и после её срабатывания? Обосновать.
2. За счёт чего повышается надёжность системы защиты и какие условия работы этого требуют?
3. Допускает ли автоматическая система защиты ручной останов турбоагрегата, каким образом это обеспечивается? Обосновать.
4. Что является датчиками частоты вращения системы защиты от разгона?
5. За счёт чего (посредством каких элементов) обеспечивается срабатывание других (электрических) защит турбоагрегата?

LMS-платформа

1. не предусмотрено

5.2.2. Домашняя работа №1

Примерный перечень тем

1. Устойчивость САР. Алгебраические критерии устойчивости.

Примерные задания

1. Если имеется рычаг с соотношением плеч 1:4 и на короткое плеча воздействует входной сигнал (сила), а выходная координата – это перемещение и сила на длинном плече, то каким уравнение опишется такой рычаг для перемещений концов и для сил на концах рычагов? Какими будут передаточные функции для того и другого случая?
2. Интегрирующее звено имеет постоянную времени 10 с. Каким будет выходной сигнал звена $y(t)$ на 20-й с, если на вход подан постоянный сигнал $x=2$?
3. Какое значение будет иметь сигнал на выходе апериодического звена 1-го порядка с постоянной времени $T=3$ с, на 10-й секунде?

LMS-платформа

1. не предусмотрено

5.2.3. Домашняя работа №2

Примерный перечень тем

1. Частотные критерии устойчивости.

Примерные задания

Характеристические полиномы систем:

$$D1(s) = s^3 + 3s^2 + 2s + 6$$

$$D2(s) = 2s^3 + 5s^2 + 2s + 7$$

$$D3(s) = 3s^3 + 5s^2 + 2s + 1$$

LMS-платформа

1. не предусмотрено

5.2.4. Домашняя работа №3

Примерный перечень тем

1. Качество САР.

Примерные задания

Дано характеристическое уравнение системы третьего порядка

$$a_0\lambda^3 + a_1\lambda^2 + a_2\lambda + a_3 = 0$$

Найти область устойчивости системы методом D-разбиения пространства параметров по одному из коэффициентов:

1. по a_3 , если $a_0 = 1$ $a_1 = 2$ $a_2 = 3$

2. по a_2 , если $a_0 = 1$ $a_1 = 2$ $a_3 = 3$

3. по a_1 , если $a_0 = 1$ $a_2 = 2$ $a_3 = 3$

LMS-платформа

1. не предусмотрено

5.2.5. Отчет по лабораторным работам

Примерный перечень тем

1. Преобразование Лапласа.
2. Частотные критерии устойчивости.
3. Качество САР.

Примерные задания

Примерные задания по темам лабораторных работ:
- изучить материал лекции по теме лабораторной работы;

- используя свойства преобразования Лапласа преобразовать по Лапласу предложенное дифференциальное уравнение системы – получить операторное уравнение;
- найти операторное решение системы;
- используя таблицы обратного преобразования Лапласа получить решение исходного дифференциального уравнения (уравнение процесса в системе);
- используя метод Михайлова преобразовать характеристический полином системы, получить комплексную функцию Михайлова, построить годограф Михайлова и по его виду определить, устойчива ли система, или она неустойчива или находится на границе устойчивости;
- для предложенного характеристического уравнения системы найти его корни (в частности применяя программу Mathcad); по положению корней системы (особенно доминирующих) определить качество системы: по запасу устойчивости - время переходного процесса в системе, по соотношению вещественной и мнимой частей корней (как правило доминирующих) - колебательность (или степень затухания колебаний).

LMS-платформа

1. не предусмотрено

5.3. Описание контрольно-оценочных мероприятий промежуточного контроля по дисциплине модуля

5.3.1. Зачет

Список примерных вопросов

1. Общие задачи регулирования газотурбинных установок.
2. Способы регулирования частоты вращения газотурбинной установки. Регулирование ГТУ первого рода. Входной направляющий аппарат с поворотными лопатками осевого компрессора.
3. Способы регулирования частоты вращения газотурбинной установки. Регулирование ГТУ второго рода. Регулируемый сопловой аппарат свободной турбины.
4. Влияние вращающихся масс одновальной ГТУ на процесс регулирования.
5. Влияние объема между компрессором и турбиной на процесс регулирования одновальной ГТУ.
6. Роль компрессорного агрегата на процесс регулирования двухвальной газотурбинной установки.
7. Особенности регулирования энергетических ГТУ.
8. Типы систем регулирования ГТУ. Особенности структуры схем систем регулирования.
9. Назначение, тип и устройство системы регулирования газотурбинной установки ГТК-10-4.

10. Работа системы регулирования агрегата ГТК-10-4 при пуске.
11. Назначение, устройство и работа гидродинамического регулятора скорости системы регулирования агрегата ГТК-10-4.
12. Назначение, устройство и работа стопорного клапана в системе регулирования агрегата ГТК-10-4.
13. Тип, назначение и устройство регулятора давления воздуха в пневматической системе регулирования газотурбинной установке.
14. Элементы пневматической системы регулирования, обеспечивающие противопомпажную защиту и сброс воздуха из осевого компрессора агрегата ГТК-10-4. Выпускные воздушные и сбросные клапаны. Золотник отсечной.
15. Контроль осевого сдвига валов газотурбинной установки и нагнетателя природного газа. Устройство и работа реле осевого сдвига агрегата ГТК-10-4.
16. Назначение, устройство и работа регулятора перепада давлений «масло-газ» в системе уплотнения нагнетателя природного газа.
17. Маслонасосы (ПМН, ГМН, РМН, МНУ) в системах маслоснабжения и уплотнения агрегата ГТК-10-4.
18. Турбодетандер и краны на пусковом газе ГТУ ГТК-10-4. Устройство и работа. Исходное состояние, включение и отключение ТД.
19. Зажигание и краны на топливном газе ГТУ ГТК-10-4. Исходное состояние топливной системы ГТУ. Путь прохождения газа на горелки камеры сгорания. Операции зажигания факела в камере сгорания.
20. 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.

LMS-платформа

1. не предусмотрено

5.3.2. Экзамен

Список примерных вопросов

1. Назовите общие принципы построения и функционирования систем контроля, регулирования, управления и защиты паровых, газовых турбин.
2. Что такое математическая модель системы автоматического регулирования (САР)? Особенности и роль линейных дифференциальных уравнений в теории автоматического регулирования.

3. Что такое преобразование Лапласа? Основные свойства преобразования Лапласа. Применение преобразования Лапласа для решения дифференциальных уравнений.

4. Как реализуется линеаризации дифференциальных уравнений САР?

5. В чём суть перевода дифференциальных уравнений САР в относительную безразмерную?

6. Как используется преобразования Лапласа для исследования САР? Передаточная функция. Типовые возмущения.

7. Расскажите о способах соединения элементов САР?

8. Что такое закон регулирования? Типовые регуляторы и их характеристики.

9. Расскажите о частотных характеристиках элементов САР и их связи с дифференциальными уравнениями.

10. Что такое критерии устойчивости? Расскажите об основных типах критериев устойчивости и их взаимосвязи.

11. Объясните, что такое D-разбиение плоскости параметров системы.

12. Назовите прямые критерии качества. Какие критерии качества вы ещё знаете?

LMS-платформа

1. не предусмотрено

5.3.3. Курсовая работа

Примерный перечень тем

1. Расчет мембранно-ленточного регулятора скорости.

5.4 Содержание контрольно-оценочных мероприятий по направлениям воспитательной деятельности

Система **компетенций** как результат учебно-воспитательного процесса **интегрирует результаты обучения, включающие как традиционные знания, так и разного рода коммуникативные, креативные, методологические, мировоззренческие и др. знания и умения, включая качества личности.** Такой подход предполагает, что оценочные материалы, разработанные для рабочей программы дисциплины, не требует определения специальных инструментов для оценки результата воспитательного процесса.

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения	Контрольно-оценочные мероприятия
Формирование социально-значимых ценностей	профорориентационная деятельность	Технология самостоятельной работы	ПК-8	3-4	Лабораторные занятия Практические/семинарские занятия

