

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 29 » августа 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Автоматическое регулирование энергоустановок
(наименование)

Форма обучения: очная
(очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: бакалавриат
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: 108 (3)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 13.03.03 Энергетическое машиностроение
(код и наименование направления)

Направленность: Энергетическое машиностроение (общий профиль, СУОС)
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель: формирование знаний, умений и навыков применения методологии теории автоматического управления (ТАУ) в инженерных задачах регулирования динамических режимов роторных систем энергетических установок.

Задачи:

- изучение инженерных и математических основ динамики роторных машин как объектов регулирования;
- формирование умений использования методов ТАУ для решения задач анализа динамических режимов роторных машин;
- формирование навыков функционального моделирования автоматических систем регулирования роторными энергоустановками.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Основные понятия и теоретические принципы динамики роторных машин как объектов регулирования.

Методы анализа динамических режимов роторных энергоустановок.

Принципы построения и функциональные схемы систем автоматического управления (САУ) газоперекачивающих агрегатов (ГПА).

1.3. Входные требования

Не предусмотрены

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
-------------	-------------------	---	--	-----------------

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.4	ИД-1ПК-1.4	Знает основные понятия и задачи динамики роторов, собственное и прецессионное вращение ротора, критические частоты вращения ротора, жесткие и гибкие роторы, самоцентрирование гибких роторов, динамическую устойчивость ротора, установившиеся и переходные режимы роторных систем, виды и способы получения уравнений динамики в переменных состояния, способы динамического анализа роторных энергоустановок методами ТАУ, основные задачи и принципы организации САУ ГПА, регулируемые переменные ГПА, функциональный состав и структуру САУ ГПА.	Демонстрирует понимание влияния условий работы объектов газоперекачивающих агрегатов и энергетических установок на принимаемые конструктивные решения	Контрольная работа
ПК-1.4	ИД-2ПК-1.4	Умеет интерпретировать прямые и обратные, синхронные и несинхронные, регулярные и нерегулярные прецессии ротора, анализировать динамическую устойчивость ротора методами ТАУ, проводить математический анализ динамических и статических характеристик роторных энергоустановок, выполнять математическое моделирование динамических систем в пространстве состояний, составлять функциональные схемы САУ роторной энергоустановки,	Умеет проводить расчеты по определению основных параметров элементов газоперекачивающих агрегатов и энергетических установок	Защита лабораторной работы

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		формулировать основные требования к САУ ГПА		
ПК-1.4	ИД-3ПК-1.4	Владеет навыком инженерного анализа динамических свойств ротора, навыком построения математической модели энергоустановок в пространстве состояний, навыком аналитической интерпретации функциональных схем САУ ГПА.	Владеет навыками принимать обоснованные технические решения при создании объектов газоперекачивающих агрегатов и энергетических установок	Индивидуальное задание

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		8	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	40	40	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	10	10	
- лабораторные работы (ЛР)	10	10	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	16	16	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	68	68	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет			
Зачет	9	9	
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	108	108	

4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
8-й семестр				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Теоретические принципы динамики роторных машин	4	4	6	16
<p>Введение. Роторные машины и энергоустановки: виды, назначение, требования, особенности как объектов регулирования. Исторические вехи автоматических устройств роторных машин и энергоустановок. Инженерные задачи роторной динамики при проектировании, эксплуатации и автоматическом управлении. Цели и задачи дисциплины, ее объем, структура и логическая связь с другими дисциплинами учебного плана. Формы итогового, рубежного и текущего контроля. Рекомендуемая основная и дополнительная литература. Методическое обеспечение изучения дисциплины.</p> <p>Тема 1. Инженерные основы роторной динамики. Основные понятия роторной динамики: ротор, неуравновешенность ротора (статическая, моментная, динамическая), дисбаланс, балансировка ротора, собственные частоты и формы колебаний, критические частоты вращения, жесткие и гибкие роторы, установившиеся и переходные режимы, прецессия и самоцентрирование ротора, гироскопический момент ротора. Балансировка ротора: статическая и динамическая. Математическое условие балансировки. Балансировка жестких и гибких роторов. Колебания ротора: продольные, поперечные (изгибные), крутильные. Собственные частоты и главные формы изгибных колебаний невращающегося ротора. Колебания вращающегося ротора. Прецессия ротора: прямая и непрямая, синхронная и несинхронная, регулярная и нерегулярная. Вибрация ротора. Резонанс.</p> <p>Тема 2. Математические основы роторной динамики. Уравнения динамики одномассового симметричного ротора: подвижная и неподвижная системы координат (СК), уравнения колебаний в проекциях на оси СК, переход к уравнению с комплексной переменной. Решение уравнения динамики одномассового ротора: переходная и вынужденная составляющие решения, установившийся и неустановившийся режимы ротора. Анализ установившихся вынужденных колебаний одномассового ротора: использование метода частотных передаточных функций ТАУ для</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
определения модуля и фазового сдвига вращения вектора прогиба вала ротора, математическая интерпретация самоцентрирования ротора, влияние коэффициентов жесткости и демпфирования на динамику ротора, динамическая устойчивость. Особенности динамики многомассовых роторов.				
Методология ТАУ в задачах динамики роторных энергоустановок	4	4	5	24
Тема 3. Исследование динамических систем в пространстве переменных состояния. Уравнения динамических систем в пространстве состояний. Способы получения уравнений состояния. Математические модели управляемой системы в пространстве состояний. Получение уравнений состояния и выхода по передаточной функции. Получение передаточных функций системы по уравнению состояния. Анализ устойчивости и качества системы по уравнению состояния. Синтез одномерной замкнутой системы с желаемым характеристическим полиномом. Тема 4. Анализ установившихся и неустойчивых режимов роторных систем энергоустановок. Статические характеристики роторной энергоустановки: назначение, виды, особенности, способы построения, инженерное применение, использование при линеаризации уравнений динамики. Неустойчивые режимы: виды, особенности, динамические характеристики. Математическое моделирование переходных режимов Анализ динамической устойчивости. Автоматизированный анализ и синтез системы автоматического регулирования частоты вращения.				
Системы автоматического управления ГПА	2	2	5	28
Тема 5. Задачи и принципы организации автоматического управления ГПА. Основные задачи управления, регулирования и контроля: пуск, останов, управление газотурбинным (электрическим) двигателем на всех режимах работы, автоматический аварийный останов при нарушении условий штатной работы, автоматическое топливное регулирование газотурбинным двигателем на всех режимах работы, антипомпажное регулирование, автоматическое регулирование и контроль вспомогательного технологического оборудования ГПА (крановая обвязка, система запуска, вентиляция, отопление, маслосмазка, утилизация тепла и т.д.), диагностический самоконтроль, взаимодействие с системой диспетчерского				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
управления. Принципы организации: иерархичность, децентрализация, модульность. Функциональный состав: подсистемы автоматического регулирования, контроля и защиты. Тема 6. Функциональные схемы и элементы систем автоматического управления ГПА. Типичная функциональная схема САУ ГПА. Функциональная схема диспетчерского управления. Функциональные схемы систем автоматического регулирования и контроля: частоты вращения, температуры и давлений на переходных и рабочих режимах. Программно-аппаратное обеспечение				
ИТОГО по 8-му семестру	10	10	16	68
ИТОГО по дисциплине	10	10	16	68

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Получение уравнений динамики неуравновешенного однодискового ротора
2	Анализ влияния коэффициентов жесткости и демпфирования на динамику ротора
3	Получение дифференциального уравнения турбокомпрессора
4	Получение передаточной функции турбокомпрессора как объекта регулирования
5	Определение частотных характеристик по передаточной функции
6	Математическое описание динамики роторной энергоустановки в переменных состояниях
7	Анализ системы автоматического регулирования по уравнению состояния
8	Синтез системы автоматического регулирования с желаемым характеристическим полиномом

Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Численное моделирование установившихся и неустановившихся режимов одномассового ротора
2	Численное моделирование переходной характеристики автоматической системы
3	Численное моделирование частотных характеристик автоматической системы
4	Автоматизированный синтез системы автоматического регулирования роторной энергоустановки

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
5	Автоматизированный анализ системы автоматического регулирования роторной энергоустановки

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

<p>Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.</p> <p>Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.</p> <p>Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.</p> <p>При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.</p>
--

5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

<p>При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически. 2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела. 3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу. 4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1. Основная литература		

1	Зайцев Н. Н. Автоматическое управление в энергомашиностроении. Введение в теорию : учебное пособие для вузов. Пермь : ПГТУ, 2008. 275 с. 17,25 усл. печ. л.	105
2	Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок. Т. 5: Автоматика и регулирование авиационных двигателей и энергетических установок. Москва : Машиностроение, 2008. 186 с.	36
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Васильев Е. М., Коломыцев В. Г. Теория автоматического управления. Дискретные системы : учебное пособие для вузов. Пермь : ПНИПУ, 2012. 151 с. 9,5 усл. печ. л.	39
2	Васильев Е. М., Коломыцев В. Г. Теория автоматического управления. Нелинейные системы : учебное пособие для вузов. Пермь : ПНИПУ, 2011. 114 с. 7,25 усл. печ. л.	45
3	Основы автоматического регулирования и управления : учебное пособие для вузов / Каргу Л. И., Литвинов А. П., Майборода А. П., Морозов В. В. Москва : Высш. шк., 1974. 439 с. 27,5 усл. печ. л.	37
2.2. Периодические издания		
1	Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника. Пермь : ПНИПУ, 2012 -.	
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
	Не используется	
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
	Не используется	

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Васильев Е. М. Теория автоматического управления. Дискретные системы : учебное пособие для вузов / Е. М. Васильев, В. Г. Коломыцев. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2012.	http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib4100	локальная сеть; свободный доступ
Дополнительная литература	Васильев Е. М. Теория автоматического управления. Нелинейные системы : учебное пособие для вузов / Е. М. Васильев, В. Г. Коломыцев. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2011.	http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib3291	локальная сеть; свободный доступ

6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	MS Windows 7 (подп. Azure Dev Tools for Teaching до 27.03.2022)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATHCAD 14 Academic, ПНИПУ 2009 г.

6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных Scopus	https://www.scopus.com/
База данных Web of Science	http://www.webofscience.com/
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	https://elibrary.ru/
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	http://lib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Компьютеры	12
Лекция	Компьютер	1
Лекция	Проектор	1
Практическое занятие	Компьютеры	12

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
Пермский национальный исследовательский политехнический университет
Аэрокосмический факультет
Кафедра «Ракетно-космическая техника и энергетические системы»

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине
«Автоматическое регулирование энергоустановок»

Приложение к рабочей программе дисциплины

Направление подготовки:	<u>13.03.03 Энергетическое машиностроение</u>
Профиль подготовки бакалавра:	<u>Газоперекачивающие агрегаты и энергетические установки</u>
Квалификация выпускника:	<u>бакалавр</u>
Выпускающая кафедра:	<u>Ракетно-космическая техника и энергетические системы</u>
Форма обучения:	<u>очная</u>

Курс: 4

Семестр: 8

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану:	3 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	108 ч

Форма промежуточной аттестации:

Зачет: 8 семестр

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины «Автоматическое регулирование энергоустановок». Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (8-го семестра учебного плана) и разбито на 3 учебных модуля (раздела), в которых предусмотрены аудиторские лекционные, практические и лабораторные занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций – *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется при изучении теоретического материала, выполнении практических заданий, защите отчетов по лабораторным работам, сдаче зачета и при текущем и рубежном контроле. Средства оценки результатов обучения указаны в таблице 1.1.

Таблица 1.1. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.4	ИД-1 ПК-1.4	Знает: - основные понятия и задачи динамики роторов, - собственное и прецессионное вращение ротора, - критические частоты вращения ротора, - жесткие и гибкие роторы, - самоцентрирование гибких роторов, - динамическую устойчивость ротора - установившиеся и переходные режимы роторных систем,	Знает методологические подходы к автоматическому управлению роторными энергоустановками	Вопросы тестов текущего контроля Вопросы рубежных контрольных работ

		<ul style="list-style-type: none"> - виды и способы получения уравнений динамики в переменных состояния, - способы динамического анализа роторных энергоустановок методами ТАУ - основные задачи и принципы организации САУ ГПА , - регулируемые переменные ГПА, - функциональный состав и структуру САУ ГПА 		
ПК-1.4	ИД-2 ПК-1.4	<p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - интерпретировать прямые и обратные, синхронные и несинхронные, регулярные и нерегулярные прецессии ротора, - анализировать динамическую устойчивость ротора методами ТАУ, - проводить математический анализ динамических и статических характеристик роторных энергоустановок, - выполнять математическое моделирование динамических систем в пространстве состояний, - составлять функциональные схемы САУ роторной энергоустановки, - формулировать основные требования к САУ ГПА 	Умеет формулировать и решать задачи анализа динамических характеристик роторных энергоустановок методами ТАУ	Задания к практическим занятиям Отчёты по ЛР Практические задания к контрольным работам рубежного контроля Индивидуальное задание
ПК-1.4	ИД-3 ПК-1.4	<p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыком инженерного анализа динамических свойств ротора - навыком построения математической модели энергоустановок в пространстве состояний - навыком аналитической интерпретации функциональных схем САУ ГПА 	Владеет навыком инженерного анализа динамики управляемых роторных энергоустановок в пространстве переменных состояния	Индивидуальное задание

Итоговой оценкой результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде зачета, проводимая с учётом результатов текущего и рубежного контроля.

2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланочного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

- контроль остаточных знаний.

2.1. Текущий контроль

Текущий контроль предназначен для оценивания систематичности аудиторной и самостоятельной работы обучающихся в учебном процессе дисциплины. Проводится согласно графику учебного процесса, приведенного в РПД

2.1.1. Текущий контроль усвоения знаний

Текущий контроль усвоения знаний проводится в форме бланочного экспресс-тестирования в конце аудиторного занятия. Тест содержит ограниченное число заданий по темам текущего и/или прошлых занятий. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются при проведении промежуточной аттестации.

2.1.2. Текущий контроль освоения умений и приобретения владений

Текущий контроль таких компонентов компетенций как умения и владения (табл. 1.1) осуществляется систематическим учетом своевременности и полноты решения задач практических занятий и выполнения лабораторных работ.

Результаты учета отражаются в книжке преподавателя и учитываются при проведении промежуточной аттестации.

2.1.3. Отчет по лабораторным работам

Всего запланировано 5 лабораторных работы. Типовые темы лабораторных работ приведены в РПД.

Отчет по лабораторным работам проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Для защиты представляется оформленный с использованием текстового редактора и электронной таблицы отчет по лабораторной работе, содержащий титульный лист, цель, краткое описание и выводы по результатам работы. Критериями для оценки отчета по 4-балльной шкале являются безошибочность и полнота выполнения работы и качество выводов. Результаты отчетов отражаются в книжке преподавателя и учитываются при проведении промежуточной аттестации.

2.2. Рубежный контроль

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

Рубежная контрольная работа

Согласно РПД запланировано 3 рубежные контрольные работы (КР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины. Первая КР по модулю 1 «Теоретические принципы динамики роторных машин», вторая КР – по модулю 2 «Методология ТАУ в задачах динамики роторных энергоустановок» и третья КР – по модулю 3 «Системы автоматического управления ГПА».

Типовые задания первой КР:

1. Описание видов неуравновешенности роторов и способов их устранения.
2. Описание понятия критических частот вращения и связи их с собственными частотами и формами колебаний роторов.
3. Описание особенностей балансировки жестких и гибких роторов.
4. Описание влияния податливости и анизотропности опор ротора на динамику ротора.

Типовые задания второй КР:

1. Описание видов уравнений динамических систем в пространстве состояний.
2. Описание способов получения уравнений состояния.
3. Описание видов математических моделей управляемой системы в пространстве состояний.
4. Описание метода анализ устойчивости и качества системы по уравнению состояния.

Типовые задания третьей КР:

1. Описание назначения и основных задач системы автоматического управления ГПА.
2. Описание принципов организации автоматического управления ГПА.
3. Описание функциональной схемы диспетчерского управления.
4. Описание основных контуров автоматического регулирования в ГПА.

2.3. Выполнение индивидуального задания на самостоятельную работу

Для развития способности и оценки самостоятельного усвоения знаний, освоения умений и приобретения владения навыками дисциплинарных частей компетенций дисциплины, как не имеющей курсового проекта или работы, используется индивидуальное задание студенту

Индивидуальное задание представляет собой решение комплексной задачи анализа и синтеза математической модели роторной машины с использованием компьютерных программ.

Защита индивидуального задания включает краткое устное изложение содержания и результатов выполнения индивидуального задания с одновременным собеседованием по теоретическим аспектам.

Типовые шкала и критерии оценки результатов защиты индивидуального комплексного задания приведены в общей части ФОС бакалаврской программы.

Тема индивидуального задания – «Автоматизированный синтез и анализ системы автоматического регулирования роторной энергоустановки»

Цель индивидуального задания – приобретение умений и навыков решения задач анализа и синтеза автоматических систем энергоустановок с применением автоматизированных методов теории автоматического управления.

Исходные данные: функциональная схема разомкнутой автоматической системы управления скоростью вращения роторной машины; дифференциальные уравнения объекта управления и исполнительного органа; вариант значений коэффициентов дифференциальных уравнений; варианты значений коэффициентов дифференциальных уравнений; значение требуемого времени переходного процесса замкнутой системы.

Содержание индивидуального задания – выполнение с помощью компьютерных программ автоматизированного синтеза и анализа замкнутой автоматической системы регулирования частоты вращения роторной машины.

Последовательность выполнения:

- преобразование исходных уравнений к векторно-матричному виду, используемому компьютерными программами;
- методом стандартных коэффициентов определяются желаемые коэффициенты характеристического полинома замкнутой системы;
- с использованием компьютерной программы «Анализ и синтез передаточных функций САУ» вычисляются коэффициенты передаточных функций разомкнутой и замкнутой системы и коэффициенты закона управления замкнутой системы;
- по передаточным функциям выполняется анализ динамических свойств системы в разомкнутом и замкнутом состоянии;

– с использованием компьютерной программы «Численное интегрирование уравнения состояния методом Рунге-Кутты 4» вычисляется переходная характеристика замкнутой системы;

– по переходной характеристике оценивается соответствие синтезированной системы требованиям технического задания.

В результате выполнения индивидуального задания обучающийся должен освоить следующие компоненты компетенции ПК-1.2:

– умение: формулировать и решать задачи анализа динамических характеристик роторных энергоустановок методами ТАУ;

– владение: навыком инженерного анализа динамики управляемых роторных энергоустановок в пространстве переменных состояния.

2.4. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине имеет вид недифференцированного зачета, условием получения которого являются положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля и защиты индивидуального задания.

Критерии выведения итоговой оценки за компоненты компетенций при проведении промежуточной аттестации в виде зачета приведены в общей части ФОС бакалаврской программы.

2.4.1. Процедура промежуточной аттестации без дополнительного аттестационного испытания

Промежуточная аттестация без дополнительного аттестационного испытания основывается на результатах защиты студентом индивидуального задания при условии положительной интегральной оценки по результатам текущего и рубежного контроля и выполнения заданий всех видов аудиторных занятий и самостоятельной работы по дисциплине.

2.4.2. Процедура промежуточной аттестации с проведением аттестационного испытания

В отдельных случаях (например, при не выполнении всех необходимых для зачета условий или переаттестации дисциплины) промежуточная аттестация в виде зачета по дисциплине может проводиться посредством аттестационного испытания по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний и практические задания (ПЗ) для проверки усвоенных умений и приобретенных навыков. Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности всех заявленных дисциплинарных компетенций.

2.4.2.1. Типовые вопросы и задания для зачета по дисциплине

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Виды прецессии роторов.
2. Самоцентрирование роторов.
3. Переменные состояния и выхода динамической системы.

4. Уравнения состояния и выхода управляемой системы.
5. Основные задачи управления, регулирования и контроля ГПА.
6. Принципы организации системы автоматического управления ГПА.

Типовые задания для контроля освоенных умений и приобретенных навыков:

1. Определить критическую частоту вращения одномассового симметричного ротора.
2. Определить модуль и фазовый сдвиг вращения вектора прогиба одномассового ротора.
3. Получить уравнения состояния и выхода по передаточной функции объекта.
4. Оценить устойчивость и качество динамической системы по уравнению состояния.
5. Составить функциональную схему системы автоматического регулирования скорости вращения роторной машины.
6. Сформулировать основные технические требования к системе автоматического управления ГПА.

2.4.2.2. Шкалы оценивания результатов обучения на зачете

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных дисциплинарных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС бакалаврской программы.

3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов компетенций

3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при зачете считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в аттестационном испытании компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов компетенций приведены в общей части ФОС образовательной программы бакалавриата.

3.2. Оценка уровня сформированности компетенций

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы специалитета.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде зачета используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС бакалаврской программы.