

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

« 10 » июля 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Расчеты и моделирование механических и электронных узлов систем управления
(наименование)

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

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

Общая трудоёмкость: 288 (8)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 27.03.04 Управление в технических системах
(код и наименование направления)

Направленность: Управление в технических системах (общий профиль, СУОС)
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель: освоение дисциплинарных компетенций по расчётам и моделированию механических и электронных узлов систем управления.

Задачи:

- сформировать знания о процессах разработки и документирования механических узлов систем управления при проектировании;
- сформировать знания о процессах разработки и документирования регуляторов при проектировании систем управления;
- сформировать навыки организации и выполнения работ по расчётам и моделированию механических и электронных узлов систем управления;
- освоить инструменты для математического и численного моделирования.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Математические модели (ММ) двигателя;

Математические модели гидромеханических агрегатов топливной системы;

Встраиваемые ММ и ЦД;

основные методы и средства синтеза регуляторов;

нормативно-техническая документация на расчеты и моделирования механических и электронных узлов систем управления.

1.3. Входные требования

Электроника, Цифровая схемотехника, Вычислительная техника и информационные технологии

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
ПК-2.1	ИД-1пк-2.1	Знает основные подходы и методы расчетов и моделирования механических и электронных узлов систем управления	Знает Достижения науки и техники в области разработки и производства радиоэлектронного оборудования в России и за рубежом; принципы, методы и средства выполнения расчетов и вычислительных работ.	Экзамен
ПК-2.1	ИД-2пк-2.1	Умеет применять пакеты САПр для расчетов и моделирования механических и электронных узлов систем управления	Умеет использовать современные отечественные и зарубежные пакеты программ при решении схемотехнических, системных и сетевых задач.	Отчёт по практическому занятию

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.1	ИД-3пк-2.1	Владеет навыками и опытом расчетов и моделирования механических и электронных узлов систем управления	Владеет навыками расчетов, разработки и моделирования работы радиоэлектронного оборудования, проведения тестовых проверок.	Защита лабораторной работы

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		7	8
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	108	54	54
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	40	18	22
- лабораторные работы (ЛР)	32	16	16
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	30	18	12
- контроль самостоятельной работы (КСР)	6	2	4
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	144	54	90
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет	9		9
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	288	144	144

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
7-й семестр				
Построение и исследование математических моделей двигателя и его узлов	10	0	16	30
Построение ММ двигателя по исходным данным Расчёты и построение ММ гидромеханических агрегатов топливной системы. Основы метода конечных элементов				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Расчеты параметров двигателя и его узлов	8	16	2	24
Нормы прочности Расчёты прочностные Расчёты собственных частот Расчёты виброперегрузок Основы механики жидкости и газа Расчёты расходных характеристик				
ИТОГО по 7-му семестру	18	16	18	54
8-й семестр				
Расчеты параметров двигателя и его элементов	14	12	8	40
Кавитационные расчёты Расчёты распределения тепла Синтез регуляторов параметров двигателя (линеаризация модели, получение передаточной функции, выбор структуры регулятора, расчёт коэффициентов регулятора)				
Моделирование работы двигателя	8	4	4	50
Моделирование в замкнутом контуре, получение переходных процессов Разработка встроенных ММ. Цифровые двойники.				
ИТОГО по 8-му семестру	22	16	12	90
ИТОГО по дисциплине	40	32	30	144

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Понятие о статических и динамических характеристиках ММ двигателя
2	Формулы приведения и расчёт приведенных параметров двигателя по параметрам воздуха на входе в двигатель
3	Реализация в Simulink(РИТМ.Engee) уравнения частоты вращения ротора КВД и ротора КНД
4	Реализация в SimHydraulics(РИТМ.Engee) нелинейной модели дозатора топлива;
5	Реализация в SimHydraulics(РИТМ.Engee) модели золотника;
6	Расчет утечек топлива через зазоры в золотнике
7	Составление уравнений описывающих работу дозатора топлива.
8	Расчёт расходной характеристики шестерённого насоса
9	Оценка уровня теплового воздействия на электронные компоненты.
10	Линеаризация в Simulink (РИТМ.Engee) нелинейной модели дозатора;
11	Вывод передаточной функции двигателя по параметру частота вращения КВД
12	Расчет коэффициентов регулятора частоты вращения КВД методом ЛЧХ

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
13	Построение модели пониженного порядка

Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Расчёт типовых конструкций на предельные допустимые нагрузки.
2	Расчёт собственных частот типовых конструкций
3	Расчёт виброперегрузок типовых конструкций
4	Расчёт расходной характеристики дозатора газ
5	Кавитационный расчёт шестерённого насоса
6	Расчет коэффициента усиления регулятора положения дозатора
7	Исследование контура регулирования частоты вращения КВД в Simulink(РИТМ.Engee);
8	Исследование контура регулирования положения дозатора в Simulink(РИТМ.Engee)
9	Построение в Simulink(РИТМ.Engee) переходных и частотных характеристик передаточной функции двигателя по параметру частота вращения КВД

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

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.

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.

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.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

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	Бейнарович В.А Основы автоматизации и системы автоматического управления. Измерительно-преобразовательные и исполнительные устройства : лабораторный практикум. Томск : Изд-во ТУСУР, 2004. 58 с.	5
2	Мартяков А.И. Функциональные узлы и устройства автоматизации : учебное пособие. М. : Изд-во МГИУ, 2006. 139 с.	2
3	Музылева И. В. Элементная база для построения цифровых систем управления : учебное пособие для вузов. М. : Техносфера, 2006. 137 с.	2
4	Сажнев А. М. Цифровые устройства и микропроцессоры : учебное пособие для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. Москва : Юрайт, 2021. 139 с. 8,69 усл. печ. л.	3
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Афонин В. В., Федосин С. А. Моделирование систем : учебно-практическое пособие. Москва : БИНОМ. Лаб. знаний : ИНТУИТ, 2010. 231 с. 14,5 усл. печ. л.	3
2	Васильков Ю. В., Василькова Н. Н. Математическое моделирование объектов и систем автоматического управления : учебное пособие. Москва Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. 426 с.	1
3	Волкова В. Н., Денисов А. А. Основы теории систем и системного анализа : учебник для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. Санкт-Петербург : Изд-во СПбГПУ, 2004. 520 с.	26
2.2. Периодические издания		
	Не используется	
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	Измерительная техника и элементы систем автоматики	https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-105394	сеть Интернет; авторизованный доступ

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

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
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
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/
База данных компании EBSCO	https://www.ebsco.com/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Персональный компьютер	12

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лекция	Проектор	1
Практическое занятие	Персональный компьютер	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»**

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине
**«Расчеты и моделирование механических и электронных узлов систем
управления»**

Приложение к рабочей программе дисциплины

Курс: 4

Семестры: 7, 8

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану:

8 ЗЕ

Часов по рабочему учебному плану:

288 ч.

Форма промежуточной аттестации:

Экзамен: 7 семестр

Зачёт с оценкой: 8 семестр

Пермь 2023

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. 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 двух семестров (7-го и 8-го семестров учебного плана) и разбито на 4 учебных модуля. В каждом модуле 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 в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчетов по лабораторным работам и экзамена. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля					
	Текущий		Рубежный		Итоговый	
	С	ТО	ОЛР/ ОПЗ	Т/КР	Зачёт	Экзамен
Усвоенные знания						
3.1 Знает основные подходы и методы расчетов и моделирования механических и электронных узлов систем управления		ТО1		КР	ТВ	ТВ
Освоенные умения						
У.1 Умеет применять пакеты САПр для расчетов и моделирования механических и электронных узлов систем управления			ОПЗ1- ОПЗ13	КР	ПЗ	ПЗ
Приобретенные владения						
В.1 Владеет навыками и опытом расчетов и моделирования механических и электронных узлов систем управления			ОЛР1- ОЛР-9	КР		

С – собеседование по теме; *ТО* – коллоквиум (теоретический опрос); *КЗ* – кейс-задача (индивидуальное задание); *ОЛР* – отчет по лабораторной работе; *Т/КР* – рубежное тестирование (контрольная работа, курсовая работа); *ТВ* – теоретический вопрос; *ОПЗ* – отчет по практическому занятию; *КЗ* – комплексное задание экзамена.

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде экзамена в 7-м семестре и зачёта с оценкой в 8-м семестре, проводимые с учетом 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 бланчного 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 усвоения материала

Текущий контроль усвоения материала в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

2.2. Рубежный контроль

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты лабораторных работ и отчетов по практическим занятиям (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех лабораторных работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде экзамена (7 семестр) и в виде зачёта с оценкой (8 семестр) по дисциплине устно по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний и практические задания (ПЗ) для проверки освоенных умений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролируемые уровень сформированности *всех* заявленных компетенций. Форма билета представлена в общей части ФОС образовательной программы.

2.3.1. Типовые вопросы и задания для экзамена по дисциплине

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Построение ММ двигателя по исходным данным.
2. Расчёты и построение ММ гидромеханических агрегатов топливной системы.
3. Основы метода конечных элементов.
4. Нормы прочности.
5. Расчёты прочностные.
6. Расчёты собственных частот.
7. Расчёты виброперегрузок.
8. Основы механики жидкости и газа.
9. Расчёты расходных характеристик.
10. Кавитационные расчёты.
11. Расчёты распределения тепла.
12. Синтез регуляторов параметров двигателя (линеаризация модели, получение передаточной функции, выбор структуры регулятора, расчёт коэффициентов регулятора).
13. Моделирование в замкнутом контуре, получение переходных процессов.
14. Разработка встроенных ММ.
15. Цифровые двойники.

Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений:

1. Понятие о статических и динамических характеристиках ММ двигателя.
2. Формулы приведения и расчёт приведенных параметров двигателя по параметрам воздуха на входе в двигатель.
3. Реализация в Simulink(РИТМ.Engae) уравнения частоты вращения ротора КВД и ротора КНД.
4. Реализация в SimHydraulics(РИТМ.Engae) нелинейной модели дозатора топлива.
5. Реализация в SimHydraulics(РИТМ.Engae) модели золотника.

6. Расчет утечек топлива через зазоры в золотнике.
7. Составление уравнений описывающих работу дозатора топлива.
8. Расчёт расходной характеристики шестерённого насоса.
9. Оценка уровня теплового воздействия на электронные компоненты.
10. Линеаризация в Simulink (РИТМ.Engee) нелинейной модели дозатора.
11. Вывод передаточной функции двигателя по параметру частота вращения КВД.
12. Расчет коэффициентов регулятора частоты вращения КВД методом ЛЧХ.
13. Построение модели пониженного порядка

2.3.2. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания путем выборочного контроля во время экзамена.

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

3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций

3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при экзамене считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете 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.

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.

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