

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



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе


_____ Н.В.Лобов

« 03 » февраля 20 ____ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: _____ Теория подобия и моделирования физических процессов
(наименование)

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

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

Общая трудоёмкость: _____ 180 (5)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: _____ 13.04.03 Энергетическое машиностроение
(код и наименование направления)

Направленность: _____ Газотурбинные и паротурбинные установки и двигатели
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель - формирование комплекса знаний, умений и навыков применения основных положений теории подобия и моделирования физических процессов при проведении экспериментальных исследований в области энергетического машиностроения.

Задачи:

- изучение основных положений теории размерности, подобия и моделирования;
- формирование умения применять анализ размерностей физических величин для проверки правильности выведенных формул и установления функциональной связи между физическими величинами, находить критерии подобия объектов, составлять критериальные уравнения;
- формирование навыков применения теорем подобия для установления подобия объектов и решения практических задач физического моделирования процессов.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- основные понятия и определения теории подобия и моделирования: подобие, модель, моделирование, виды подобия, виды моделей;
- общие сведения о физических величинах и их размерностях: физическая величина, размер, значение, числовое значение, уравнение связи, размерность, системы физических величин;
- практическое использование понятия размерности физической величины: анализ размерностей, проверка правильности выведенных формул, установление функциональной связи между физическими величинами, составление критериальных уравнений;
- установление подобия объектов: теоремы подобия и дополнительные положения о подобии, определение критериев подобия путем анализа уравнений и путем анализа размерностей;
- подобие и моделирование потоков жидкости: геометрическое, кинематическое и динамическое подобие потоков, установление критериев подобия на основе анализа уравнения Навье-Стокса;
- подобие центробежных насосов: геометрическое, кинематическое и динамическое подобие в насосах, критерии подобия, соотношения для пересчета параметров центробежных насосов;
- ускоренные испытания гидравлических устройств как физическое моделирование испытаний в нормальных условиях, критерии подобия, условия эквивалентности испытаний;
- этапы математического моделирования: постановка задачи, разработка расчетной схемы, составление математической модели, идентификация математической модели.

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-2.1	ИД-1ПК-2.1	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основные понятия, термины и определения теории подобия и моделирования; - виды подобия и виды моделей; - понятия размера, значения, числового значения и размерности физической величины; - понятия уравнения связи, безразмерной величины, системы физических величин; - сущность метода анализа размерностей и его применение для проверки правильности выведенных формул, установления функциональных зависимостей между физическими величинами и составления критериальных уравнений; - теоремы подобия и дополнительные положения о подобии сложных, нелинейных и анизотропных систем; - способы определения критериев подобия (анализ уравнений, анализ размерностей). 	<p>Знает теоретические основы рабочих процессов в газотурбинных установках (ГТУ) и газоперекачивающих агрегатах (ГПА), основные термодинамические циклы и способы регулирования ГТУ при переменном режиме их работы, методологию гидрогазодинамического расчёта элементов ГТУ, методы расчётов термодинамических процессов ГТУ, современные технологии проектирования для разработки конкурентоспособных энергетических установок с прогрессивными показателями качества, тенденции развития энергетического машиностроения.</p>	Экзамен
ПК-2.1	ИД-2ПК-2.1	<p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – применять анализ размерностей физических величин для проверки формул и уравнений, полученных в ходе теоретических выводов; – использовать анализ размерностей для установления функциональной связи между физическими величинами; – находить критерии 	<p>Умеет выполнять термо-прочностные, тепловые и газодинамические расчеты с использованием современных пакетов; формировать результаты научных достижений в технические предложения по совершенствованию работы ГТУ и ГПА, анализировать современные достижения в области энергетики для практических рекомендаций по</p>	Экзамен

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		подобия объектов путем анализа размерностей физических величин, составлять критериальные уравнения	доработке ГТУ и ГПА.	
ПК-2.1	ИД-ЗПК-2.1	Владеет методикой установления подобия объектов.	Владеет методами анализа мероприятий, направленных на повышение гидрогазодинамической эффективности и надёжности элементов ГТУ и принятия конкретных технических решений при доработке конструкции ГТУ и ГПА.	Экзамен

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		2	3
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	54	27	27
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	18	9	9
- лабораторные работы (ЛР)	16		16
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	16	16	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	2	2
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	90	45	45
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36		36
Дифференцированный зачет			
Зачет	9	9	
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	180	72	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

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
2-й семестр				
Общие сведения о подобии и моделировании	2	0	0	10
Основные понятия и определения: подобие, модель. Виды подобия: физическое, математическое, структурное, функциональное, вероятностное. Точное, приближенное, полное, неполное подобие. Виды моделей: физическая, математическая, структурная, функциональная, вероятностная				
Общие сведения о физических величинах и их размерностях	2	0	4	10
Физическая величина. Размер и значение. Числовое значение. Уравнение связи. Размерность физической величины. Система физических величин. Безразмерная величина.				
Практическое использование понятия размерности физической величины	2	0	6	10
Анализ размерностей. Проверка правильности формул и уравнений, полученных в ходе теоретических выводов. Установление функциональной связи между физическими величинами. Составление критериальных уравнений.				
Установление подобия объектов	3	0	6	15
Теоремы подобия и дополнительные положения о подобии сложных, нелинейных и анизотропных систем. Определение критериев подобия путем анализа уравнений, описывающих подобные объекты, и путем анализа размерностей физических величин, характеризующих подобные объекты.				
ИТОГО по 2-му семестру	9	0	16	45
3-й семестр				
Подобие и моделирование потоков жидкости	2	8	0	10
Геометрическое, кинематическое и динамическое подобие потоков. Критерии подобия. Их физический смысл. Установление критериев подобия потоков жидкости на основе анализа уравнений Навье-Стокса.				
Подобие центробежных насосов	3	8	0	15
Геометрическое, кинематическое и динамическое подобие в насосах. Критерии подобия. Соотношения для пересчета параметров центробежных насосов.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Ускоренные ресурсные испытания гидроустройств	2	0	0	10
Ускоренные испытания как физическое моделирование испытаний в нормальных условиях. Критерии подобия (условия эквивалентности) испытаний.				
Общие сведения о математическом моделировании	2	0	0	10
Этапы математического моделирования: постановка задачи; разработка расчет-ной схемы; составление математической модели; идентификация математической модели.				
ИТОГО по 3-му семестру	9	16	0	45
ИТОГО по дисциплине	18	16	16	90

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Установление функциональной связи между физическими величинами на основе анализа размерностей.
2	Составление критериальных уравнений.
3	Определение критериев подобия с помощью анализа уравнения, описывающих подобные объекты.
4	Применение теорем подобия и дополнительных положений для установления подобия физических объектов.
5	Установление подобия потоков жидкости. Определение параметров потока-модели.
6	Пересчёт параметров подобных центробежных насосов.
7	Составление математической модели клапанного устройства. Идентификация параметров модели: жесткости упругих элементов, коэффициента поглощения.

Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Физическое моделирование потока жидкости в трубе переменного сечения.
2	Исследование подобных режимов центробежных насосов.

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	Гидравлика, гидромашин и гидроприводы : учебник для вузов / Т. М. Башта [и др.]. - Москва: Альянс, 2013.	30
2	Набока Е. М. Основы теории подобия и моделирования физических процессов : учебное пособие / Е. М. Набока, А. И. Квашнин, А. В. Горбунов. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2018.	5
2. Дополнительная литература		

2.1. Учебные и научные издания		
1	Веников В. А. Теория подобия и моделирования (применительно к задачам электроэнергетики) : учебное пособие / В. А. Веников. - Москва: Высш. шк., 1976.	4
2	Поляков В. В. Насосы и вентиляторы : учебник для вузов / В. В. Поляков, Л. С. Скворцов. - Москва: Стройиздат, 1990.	30
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	Крамаренко, Н.В. Методы подобия в механике. Анализ уравнений : учебное. пособие	https://e.lanbook.com/book/18432	сеть Интернет; авторизованный доступ
Основная литература	Набока Е.М. Основы теории подобия и моделирования физических процессов	http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib6191	сеть Интернет; свободный 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

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/

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/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Учебная установка: Гидродинамика ГД-06	1
Лабораторная работа	Учебная установка: Гидромеханика ГМ-02м	1
Лекция	Компьютер	1
Лекция	Проектор	1
Практическое занятие	Компьютеры	12

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе
