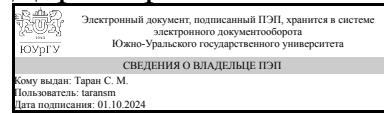


УТВЕРЖДАЮ:

Директор



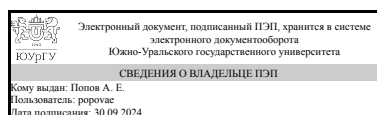
С. М. Таран

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины** 1.Ф.М0.07.02 Методы подобия в моделировании физических процессов  
**для направления** 13.04.03 Энергетическое машиностроение  
**уровень** Магистратура  
**магистерская программа** Двигатели для устойчивого развития  
**форма обучения** очная  
**кафедра-разработчик** Двигатели внутреннего сгорания

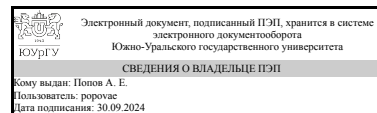
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 13.04.03 Энергетическое машиностроение, утверждённым приказом Минобрнауки от 28.02.2018 № 149

Зав.кафедрой разработчика,  
к.техн.н., доц.



А. Е. Попов

Разработчик программы,  
к.техн.н., доц., заведующий  
кафедрой



А. Е. Попов

## 1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины – изучение современных принципов, методов и средств моделирования основных физических процессов в поршневых двигателях и их элементах. Задачи дисциплины – ознакомление с современными физическими концепциями и методами математического моделирования процессов теплообмена, теплопередачи и массообмена в поршневых двигателях, изучение особенностей моделирования процессов различной физической природы с использованием методов теории подобия, размерностей и аналогий; ознакомление с блочно-иерархическим подходом к математическим моделям физических процессов и методам решения задач анализа и синтеза при моделировании.

### Краткое содержание дисциплины

Основные разделы и темы: Теория размерностей. Анализ размерностей. Единицы измерения. Системы единиц измерения. Алгебраический метод построения безразмерных комплексов. Теория подобия. Условия, необходимые и достаточные для подобия. Критерии подобия. Теоремы подобия. Метод приведения. Критериальные уравнения и их получение. Критерии подобия в теплопроводности. Критерии Фурье и Био. Теплоотдача и критерий Нуссельта. Конвективный теплообмен. Вынужденная конвекция: критерии Рейнольдса, Пекле, Стантона и Прандтля. Свободная конвекция: критерии Галилея, Архимеда, Грасгофа и Релея. Критерии подобия в гидрогазодинамике. Критерии Эйлера и Струхала. Критерий Маха. Теория аналогий. Блочно-иерархический подход и моделирование систем и процессов различной физической природы на микроуровне. Методы математического моделирования. Основные задачи и методы моделирования. Математические модели физических процессов и методы их получения на макроуровне.

## 2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-1 Способность использовать методы решения задач оптимизации параметров различных систем	Знает: методы математического моделирования, используемые при проектировании поршневых и комбинированных ДВС Умеет: применять на практике методы математического моделирования

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Нет	Тепловая и механическая напряженность поршневых двигателей, Ресурсоэффективные технологии в двигателестроении

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Нет

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч., 56,5 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		2	
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108	
<i>Аудиторные занятия:</i>	48	48	
Лекции (Л)	32	32	
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	16	16	
Лабораторные работы (ЛР)	0	0	
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	51,5	51,5	
Подготовка к экзамену	21,5	21,5	
Подготовка к лекционным занятиям	30	30	
Консультации и промежуточная аттестация	8,5	8,5	
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	экзамен	

#### 5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Введение	2	2	0	0
2	Теория размерностей. Алгебраический метод построения безразмерных комплексов	8	6	2	0
3	Теория подобия. Критериальные уравнения и их получение	8	6	2	0
4	Критерии подобия в теплопроводности	8	6	2	0
5	Конвективный теплообмен	6	4	2	0
6	Критерии подобия в гидрогазодинамике	4	2	2	0
7	Двухфазные течения	4	2	2	0
8	Теория аналогий	4	2	2	0
9	Методы математического моделирования	4	2	2	0

##### 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
----------	-----------	---	--------------

1	1	Введение. Предмет дисциплины. Цели и задачи изучения	2
2	2	Теория размерностей. Анализ размерностей. Единицы измерения. Системы единиц измерения. Алгебраический метод построения безразмерных комплексов	6
3	3	Теория подобия. Условия, необходимые и достаточные для подобия. Критерии подобия. Теоремы подобия. Метод приведения. Критериальные уравнения и их получение	6
4	4	Критерии подобия в теплопроводности. Критерии Фурье и Био. Теплоотдача и критерий Нуссельта	6
5	5	Конвективный теплообмен. Вынужденная конвекция: критерии Рейнольдса, Пекле, Стантона и Прандтля. Свободная конвекция: критерии Галилея, Архимеда, Грасгофа и Релея	4
6	6	Критерии подобия в гидрогазодинамике. Критерии Эйлера и Струхаля. Критерий Маха	2
7	7	Двухфазные течения. Критерии Лапласа и Вебера	2
8	8	Теория аналогий. Блочный-иерархический подход и моделирование систем и процессов различной физической природы на микроуровне	2
9	9	Методы математического моделирования. Основные задачи и методы моделирования. Математические модели физических процессов и методы их получения на макроуровне	2

## 5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	2	Определение критериев подобия путем приведения уравнений к безразмерному виду (способ интегральных аналогов)	2
2	3	Применение метода анализа размерностей для получения критериального уравнения $Nu = f(Re, Pr)$	2
3	4	Критериальные уравнения теплопроводности (стационарной и нестационарной)	2
4	5	Критериальные уравнения конвективного теплообмена (свободного и вынужденного). Теплообмен и его виды. Применение критериев подобия при решении задач оценки теплового состояния деталей ДВС	2
5	6	Критериальные уравнения в гидрогазодинамических процессах	2
6	7	Критериальные уравнения для описания двухфазных процессов	2
7	8	Применение общей формулировки основных фундаментальных законов природы к тепловым и гидрогазодинамическим системам	2
8	9	Способы представления структуры системы. Графы и эквивалентные схемы. Компонентные и топологические уравнения	2

## 5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

## 5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов

Подготовка к экзамену	Исаев, С.И. Теория тепломассообмена / С.И. Исаев, И.А. Кожин, В.И. Кофанов и др. Под ред. А.И. Леонтьева. – М.: Высшая школа, 1979. – 495 с.	2	21,5
Подготовка к лекционным занятиям	Кавтарадзе, Р. З. Локальный теплообмен в поршневых двигателях Текст учеб.пособие для вузов по направлению "Энергомашиностроение" Р. З. Кавтарадзе. - Изд. 2-е, испр. и доп. - М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007. - 471 с.	2	30

## 6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

### 6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учитывается в ПА
1	2	Текущий контроль	Промежуточное тестирование №1	1	12	Промежуточное тестирование №1 проводится на 7й неделе семестра. Студенту задаются 6 вопросов из списка контрольных вопросов. Время, отведенное на подготовку - 20 минут. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179) Правильный ответ на вопрос соответствует 2 баллам. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов. Максимальное количество баллов – 12. Весовой коэффициент мероприятия – 1. Зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие больше или равно 60 %. Не зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие менее 60 %	экзамен
2	2	Текущий контроль	Промежуточное тестирование №2	1	12	Промежуточное тестирование №2 проводится на последней неделе семестра. Студенту задаются 6 вопросов из списка контрольных вопросов. Время, отведенное на подготовку - 20 минут.	экзамен

						<p>При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179)</p> <p>Правильный ответ на вопрос соответствует 2 баллам.</p> <p>Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов.</p> <p>Максимальное количество баллов – 12.</p> <p>Весовой коэффициент мероприятия – 1.</p> <p>Зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие больше или равно 60 %.</p> <p>Не зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие менее 60 %</p>	
3	2	Промежуточная аттестация	Экзамен	-	30	<p>Экзамен проводится в форме письменного (компьютерного) тестирования.</p> <p>Студенту задаются 15 вопросов из списка контрольных вопросов.</p> <p>Время, отведенное на подготовку - 40 минут.</p> <p>При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179)</p> <p>Правильный ответ на вопрос соответствует 2 баллам.</p> <p>Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов.</p> <p>Максимальное количество баллов – 30.</p> <p>Весовой коэффициент мероприятия – 1.</p> <p>Отлично: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 85...100 %</p> <p>Хорошо: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 75...84 %</p> <p>Удовлетворительно: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 60...74 %</p> <p>Неудовлетворительно: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 0...59 %</p>	экзамен

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
экзамен	Экзамен проводится в форме письменного (компьютерного) тестирования. Студенту задаются 15 вопросов из списка контрольных вопросов. Время, отведенное на подготовку - 40 минут.	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

### 6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ		
		1	2	3
ПК-1	Знает: методы математического моделирования, используемые при проектировании поршневых и комбинированных ДВС	+	+	+
ПК-1	Умеет: применять на практике методы математического моделирования	+	+	+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

### 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

#### Печатная учебно-методическая документация

##### *а) основная литература:*

1. Гухман, А. А. Применение теории подобия к исследованию процессов тепло-массообмена. Процессы переноса в движущейся среде [Текст] А. А. Гухман. - изд. 2-е, перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 1974. - 328 с.
2. Седов, Л. И. Методы подобия и размерности в механике. - 10-е изд., доп. - М.: Наука, 1987. - 430 с. ил.

##### *б) дополнительная литература:*

1. Кавтарадзе, Р. З. Теория поршневых двигателей. Специальные главы [Текст] учеб. для вузов по специальности "Двигатели внутр. сгорания" Р. З. Кавтарадзе. - М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008. - 719 с.
2. Манджгаладзе, А. А. Исследования процессов газообмена и теплообмена в дизелях методами математического и физического моделирования Ред. М. Г. Круглов; АН ГССР, Кутаис. комплекс. науч. центр Ин-та металлургии. - Тбилиси: Мецниереба, 1986. - 197 с. ил.

##### *в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:*

1. Двигателестроение (Россия)
2. Двигатель (Россия)
3. Тракторы и сельхозмашины (Россия)
4. Двигатели внутреннего сгорания (Украина)
5. MTZ (Германия)
6. ATZ (Германия)
7. Diesel Engine and Gas Turbine (США)

##### *г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:*

1. Лазарев Е.А. Методы подобия физических процессов. Конспект лекций. - 2010

##### *из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:*

1. Лазарев Е.А. Методы подобия физических процессов. Конспект лекций. - 2010

#### Электронная учебно-методическая документация

Нет

Перечень используемого программного обеспечения:

Нет

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. -База данных ВИНТИ РАН(бессрочно)

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Практические занятия и семинары	315а (2)	Компьютерная техника и презентационные материалы для проведения практических занятий
Лекции	315а (2)	Компьютерная техника и презентационные материалы для проведения лекционных занятий