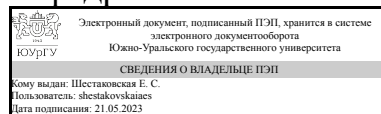


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий выпускающей
кафедрой



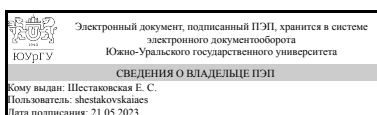
Е. С. Шестаковская

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.П0.11.01 Основы теории горения
для направления 01.03.03 Механика и математическое моделирование
уровень Бакалавриат
профиль подготовки Математическое моделирование и компьютерные технологии
форма обучения очная
кафедра-разработчик Вычислительная механика

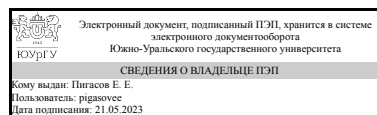
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 01.03.03 Механика и математическое моделирование, утверждённым приказом Минобрнауки от 10.01.2018 № 10

Зав.кафедрой разработчика,
к.физ.-мат.н., доц.



Е. С. Шестаковская

Разработчик программы,
старший преподаватель



Е. Е. Пигасов

1. Цели и задачи дисциплины

Цель курса «Основы теории горения» - подготовка научных работников, для которых овладение методами теоретических расчетов в области физики и химии горения является необходимым элементом профессиональной подготовки. Конкретные задачи курса сводятся к следующему: 1. Овладение основными теоретическими представлениями и методами теории воспламенения, зажигания и распространения волн горения в газообразных и конденсированных реагирующих средах, гомогенного и гетерогенного горения. 2. В процессе изучения данного курса студент должен усвоить основные теоретические и методические принципы современной теории горения и научиться применять их на практике для выполнения практических расчетов процессов горения.

Краткое содержание дисциплины

Введение в физику горения. Основы химической кинетики. Введение в макроскопическую кинетику. Введение в химическую термодинамику и термохимию. Теория воспламенения. Теория зажигания. Теория распространения волн горения. Горение конденсированных веществ.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

| Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции) | Планируемые результаты обучения по дисциплине |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-1 Владение методами механического, физического и математического исследования при анализе проблем механики на основе знаний фундаментальных физико-математических дисциплин и компьютерных наук и навыками проблемно-задачной формы представления научных знаний | Знает: основные понятия и законы теории горения Умеет: корректно ставить прикладные задачи теории горения, обоснованно выбирать методы решения и анализировать результат Имеет практический опыт: решения задач математической теории горения |

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

| Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана | Перечень последующих дисциплин, видов работ |
|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Теория теплообмена | Не предусмотрены |

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

| Дисциплина | Требования |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Теория теплообмена | Знает: основные понятия и законы теории теплообмена Умеет: применять математические методы для решения уравнения теплопроводности Имеет практический опыт: решения задач теплообмена |

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч., 82,5 ч. контактной работы

| Вид учебной работы | Всего часов | Распределение по семестрам |
|----------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------------------|
| | | в часах |
| | | Номер семестра |
| | | 8 |
| Общая трудоёмкость дисциплины | 144 | 144 |
| <i>Аудиторные занятия:</i> | 72 | 72 |
| Лекции (Л) | 48 | 48 |
| Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ) | 24 | 24 |
| Лабораторные работы (ЛР) | 0 | 0 |
| <i>Самостоятельная работа (СРС)</i> | 61,5 | 61,5 |
| Подготовка к практическим занятиям | 30 | 30 |
| Подготовка к устному опросу | 19,5 | 19,5 |
| Подготовка к экзамену | 12 | 12 |
| Консультации и промежуточная аттестация | 10,5 | 10,5 |
| 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 в физику горения | 2 | 2 | 0 | 0 |
| 2 | Основы химической кинетики | 14 | 8 | 6 | 0 |
| 3 | Введение в макроскопическую кинетику | 6 | 4 | 2 | 0 |
| 4 | Введение в химическую термодинамику и термохимию | 6 | 4 | 2 | 0 |
| 5 | Теория воспламенения | 16 | 10 | 6 | 0 |
| 6 | Теория зажигания | 12 | 8 | 4 | 0 |
| 7 | Теория распространения волн горения | 8 | 6 | 2 | 0 |
| 8 | Горение конденсированных веществ | 8 | 6 | 2 | 0 |

5.1. Лекции

| № лекции | № раздела | Наименование или краткое содержание лекционного занятия | Кол-во часов |
|----------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 1 | 1 | Краткая история науки о горении. Основные представления теории горения: понятие горения, критические явления, критические условия, явления самораспространения пламени. Основные процессы горения: гомогенное, гетерогенное горение и их разновидности. | 2 |
| 2 | 2 | Основные представления химической кинетики: открытые и замкнутые системы, гомогенные и гетерогенные реакции, простые и сложные реакции, стехиометрическое уравнение реакции, скорость химической реакции, закон действующих масс. Молекулярность элементарной реакции. | 2 |
| 3 | 2 | Константа скорости реакции, закон Аррениуса. Энергия активации. Понятие об активированном комплексе. Химическое равновесие, константа | 2 |

| | | | |
|-----|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| | | равновесия. Подвижность состояния равновесия химической реакции. | |
| 4-5 | 2 | Формальная кинетика простых и сложных реакций. Реакции первого, второго и третьего порядка и их кинетические закономерности. Метод квазистационарных концентраций. Каталитические реакции. Автокаталитические реакции. Цепные реакции. Неразветвленные и разветвленные цепные реакции, реакция окисления водорода. Цепное воспламенение. | 4 |
| 6 | 3 | Три предела воспламенения водорода и их механизмы. Цепные реакции с энергетическим разветвлением цепей. Основные понятия макрокинетики. Подобие процессов диффузии и теплопередачи. Законы Фурье и Фика. Тепло- и массообмен в условиях свободной и вынужденной конвекции. Коэффициенты переноса. Критерии подобия теории тепломассообмена. Уравнения связи между критериями. | 2 |
| 7 | 3 | Диффузионная кинетика гетерогенных реакций. Реакция первого порядка. Сложение сопротивлений. Диффузионная и кинетическая области гетерогенной реакции. | 2 |
| 8 | 4 | Введение в химическую термодинамику и термохимию. Тепловой эффект реакции. | 2 |
| 9 | 4 | Введение в химическую термодинамику и термохимию. Тепловой эффект реакции. Закон Гесса и его следствия. Методы расчета теплового эффекта. | 2 |
| 10 | 5 | Математическая постановка задач в теории воспламенения. Преобразование Франк-Каменецкого. Методы обезразмеривания уравнений теории воспламенения. Критерии подобия теории воспламенения. Теория теплового самовоспламенения Н.Н. Семенова | 2 |
| 11 | 5 | Стационарная теория теплового воспламенения Д.А. Франк-Каменецкого. Аналитическое решение для плоского слоя и цилиндра. Сопоставление с результатами численного анализа. | 2 |
| 12 | 5 | Краевая задача теории теплового воспламенения. Адиабатический тепловой взрыв. | 2 |
| 13 | 5 | Нестационарная теория теплового воспламенения. | 2 |
| 14 | 5 | Численный анализ задачи о тепловом взрыве. | 2 |
| 15 | 6 | Несимметричное воспламенение в плоской щели. Задача о переходе от воспламенения к зажиганию. | 2 |
| 16 | 6 | Методы зажигания. Математическая постановка задач теории зажигания. Граничные условия и их физическая интерпретация. Обезразмеривание системы уравнений теории зажигания. Условия зажигания | 2 |
| 17 | 6 | Зажигание накаливаемой поверхностью (г. у. I рода). Стационарная теория зажигания Я.Б. Зельдовича. Нестационарная теория с точки зрения пограничного слоя. | 2 |
| 18 | 6 | Физические основы адиабатического метода. Зажигание К-вещества лучистой энергией (граничные условия II рода) | 2 |
| 19 | 7 | Экспериментальные методы исследования скорости горения. Зависимость скорости горения вещества от параметров среды. Понятие о медленном горении, детонации и нормальной скорости горения. | 2 |
| 20 | 7 | Постановка задач в теории теплодиффузионного распространения пламени. Стационарные режимы распространения пламени. Подобие температур и концентраций в пламени. Введение безразмерных переменных. Формулировка задачи о распространении пламени как задачи о собственном значении. | 2 |
| 21 | 7 | Формула для скорости распространения пламени в газе. Метод Зельдовича - Франк-Каменецкого. Зависимость скорости горения от параметров среды. Понятие о пределах распространения пламени. | 2 |
| 22 | 8 | Общее понятие о скорости распространения стационарного пламени в | 2 |

| | | | |
|----|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| | | конденсированной фазе. | |
| 23 | 8 | Экспериментальные данные по горению баллистических порохов в широком диапазоне изменения давлений. | 2 |
| 24 | 8 | Теория горения летучих взрывчатых веществ и порохов Беляева-Зельдовича. | 2 |

5.2. Практические занятия, семинары

| № занятия | № раздела | Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара | Кол-во часов |
|-----------|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 1 | 2 | Прямая и обратная задачи химической кинетики простых реакций | 2 |
| 2 | 2 | Определение порядка реакции. Метод квазистационарных концентраций | 2 |
| 3 | 2 | Три предела воспламенения водорода | 2 |
| 4 | 3 | Диффузионная и кинетическая области гетерогенной реакции | 2 |
| 5 | 4 | Методы расчета теплового эффекта химической реакции | 2 |
| 6 | 5 | Стационарная теория теплового взрыва Н.Н. Семенова. Стационарная теория теплового взрыва Д.А.Франк-Каменецкого. | 2 |
| 7 | 5 | Нестационарная теория теплового взрыва в адиабатической и неадиабатической системах. | 2 |
| 8 | 5 | Обобщенный анализ задачи о тепловом взрыве. Теория теплового взрыва в случае автокаталитических реакций. | 2 |
| 9 | 6 | Зажигание К-вещества нагретой пластиной. Зажигание К-вещества лучистой энергией. | 2 |
| 10 | 6 | Зажигание тонкой пластины накаливаемым телом | 2 |
| 11 | 7 | Скорость распространения пламени в газе | 2 |
| 12 | 8 | Скорость распространения пламени в К-веществе | 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 практическим занятиям | ПУМД: осн. 1; ЭУМД: осн. 1, доп. 1. | 8 | 30 |
| Подготовка к устному опросу | ПУМД: осн. 1; ЭУМД: осн. 1, доп. 1. | 8 | 19,5 |
| Подготовка к экзамену | ПУМД: осн. 1; ЭУМД: осн. 1, доп. 1. | 8 | 12 |

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)

| № | Се- | Вид | Название | Вес | Макс. | Порядок начисления баллов | Учи- |
|---|-----|-----|----------|-----|-------|---------------------------|------|
|---|-----|-----|----------|-----|-------|---------------------------|------|

| КМ | местр | контроля | контрольного мероприятия | | балл | | тыва- ется в ПА |
|----|-------|------------------|--------------------------|---|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| 1 | 8 | Текущий контроль | Практическое задание № 1 | 1 | 5 | 5 баллов - задание выполнено верно; 4 балла - задание выполнено верно, но имеются недочеты не влияющие на конечный результат; 3 балла - в задании допущены 1-2 ошибки; 2 балла - в задании допущены 3 ошибки; 1 балл - в задании допущено более трёх ошибок; 0 баллов - задание не выполнено. | экзамен |
| 2 | 8 | Текущий контроль | Практическое задание № 2 | 1 | 5 | 5 баллов - задание выполнено верно; 4 балла - задание выполнено верно, но имеются недочеты не влияющие на конечный результат; 3 балла - в задании допущены 1-2 ошибки; 2 балла - в задании допущены 3 ошибки; 1 балл - в задании допущено более трёх ошибок; 0 баллов - задание не выполнено. | экзамен |
| 3 | 8 | Текущий контроль | Практическое задание № 3 | 1 | 5 | 5 баллов - задание выполнено верно; 4 балла - задание выполнено верно, но имеются недочеты не влияющие на конечный результат; 3 балла - в задании допущены 1-2 ошибки; 2 балла - в задании допущены 3 ошибки; 1 балл - в задании допущено более трёх ошибок; 0 баллов - задание не выполнено. | экзамен |
| 4 | 8 | Текущий контроль | Практическое задание № 4 | 1 | 5 | 5 баллов - задание выполнено верно; 4 балла - задание выполнено верно, но имеются недочеты не влияющие на конечный результат; 3 балла - в задании допущены 1-2 ошибки; 2 балла - в задании допущены 3 ошибки; 1 балл - в задании допущено более трёх ошибок; 0 баллов - задание не выполнено. | экзамен |
| 5 | 8 | Текущий контроль | Устный опрос № 1 | 1 | 15 | Устный опрос содержит три теоретических вопроса. Каждый вопрос оценивается по пятибалльной шкале: дан полный ответ на вопрос - 5 баллов; дан полный ответ на вопрос, но имеются неточности в ответе - 4 балла; дан неполный ответ на вопрос, выделены основные положения - 3 балла; дан неполный ответ на вопрос, допущены 1-2 негрубые ошибки - 2 балла; дан неполный ответ на вопрос, допущены грубые ошибки - 1 балл; ответ отсутствует - 0 баллов. | экзамен |
| 6 | 8 | Текущий контроль | Практическое задание № 5 | 1 | 5 | 5 баллов - задание выполнено верно; 4 балла - задание выполнено верно, но имеются недочеты не влияющие на конечный результат; 3 балла - в задании допущены 1-2 ошибки; 2 балла - в задании допущены 3 ошибки; 1 балл - в задании допущено более трёх ошибок; 0 баллов - | экзамен |

| | | | | | | | |
|----|---|--------------------------|--------------------------|---|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| | | | | | | задание не выполнено. | |
| 7 | 8 | Текущий контроль | Практическое задание № 6 | 1 | 5 | 5 баллов - задание выполнено верно; 4 балла - задание выполнено верно, но имеются недочеты не влияющие на конечный результат; 3 балла - в задании допущены 1-2 ошибки; 2 балла - в задании допущены 3 ошибки; 1 балл - в задании допущено более трёх ошибок; 0 баллов - задание не выполнено. | экзамен |
| 8 | 8 | Текущий контроль | Практическое задание № 7 | 1 | 5 | 5 баллов - задание выполнено верно; 4 балла - задание выполнено верно, но имеются недочеты не влияющие на конечный результат; 3 балла - в задании допущены 1-2 ошибки; 2 балла - в задании допущены 3 ошибки; 1 балл - в задании допущено более трёх ошибок; 0 баллов - задание не выполнено. | экзамен |
| 9 | 8 | Текущий контроль | Устный опрос № 2 | 1 | 15 | Устный опрос содержит три теоретических вопроса. Каждый вопрос оценивается по пятибалльной шкале: дан полный ответ на вопрос - 5 баллов; дан полный ответ на вопрос, но имеются неточности в ответе - 4 балла; дан неполный ответ на вопрос, выделены основные положения - 3 балла; дан неполный ответ на вопрос, допущены 1-2 негрубые ошибки - 2 балла; дан неполный ответ на вопрос, допущены грубые ошибки - 1 балл; ответ отсутствует - 0 баллов. | экзамен |
| 10 | 8 | Промежуточная аттестация | Экзамен | - | 15 | Студенту выдается билет, содержащий 3 теоретических вопроса. Каждый вопрос оценивается по пятибалльной шкале: 5 баллов - студент безошибочно ответил на вопрос, демонстрирует системные и достаточно глубокие знания, владеет необходимой терминологией; 4 балла - студент в полном объеме ответил на вопрос, допущены незначительные неточности; 3 балла - студент дал неполный ответ на вопрос, но в ходе собеседования ответил на дополнительные вопросы по билету; 2 балла - студент дал неполный ответ на вопрос, в ходе собеседования не ответил на дополнительные вопросы по билету; 1 балл - в ответах студент допустил ошибки и не смог их исправить в ходе собеседования; 0 баллов - ответ отсутствует. | экзамен |

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

| Вид промежуточной | Процедура проведения | Критерии оценивания |
|-------------------|----------------------|---------------------|
|-------------------|----------------------|---------------------|

| | | |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| аттестации | | |
| экзамен | Оценивание учебной деятельности обучающихся по дисциплине проводится на основе полученных оценок за контрольно-рейтинговые мероприятия текущего контроля. Прохождение всех контрольно-рейтинговых мероприятий текущего контроля обязательно. Если студент желает повысить свой рейтинг, то он проходит мероприятие промежуточной аттестации. Контрольное мероприятие промежуточной аттестации проводится во время экзамена в виде устного опроса. Студенту выдается билет, содержащий 3 теоретических вопроса из разных тем курса. На подготовку дается 1 час, после чего проводится собеседование. | В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения |

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

| Компетенции | Результаты обучения | № КМ | | | | | | | | | |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|---|---|---|---|---|---|---|----|----|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| ПК-1 | Знает: основные понятия и законы теории горения | + | | | | + | | | | ++ | |
| ПК-1 | Умеет: корректно ставить прикладные задачи теории горения, обоснованно выбирать методы решения и анализировать результат | | + | + | + | + | + | + | + | | + |
| ПК-1 | Имеет практический опыт: решения задач математической теории горения | | + | + | + | | + | + | + | | + |

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Рябинин, В. К. Математическая теория горения Текст курс лекций В. К. Рябинин ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Вычисл. механика сплошных сред ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательский Центр ЮУрГУ, 2014. - 440 с. ил., фот.

б) дополнительная литература:

Не предусмотрена

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

1. Физика Горения и Взрыва
2. Доклады Российской Академии Наук
3. Combustion and Flame

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Организация и методическое сопровождение самостоятельной работы студентов: методические указания.

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Организация и методическое сопровождение самостоятельной работы студентов: методические указания.

Электронная учебно-методическая документация

| № | Вид литературы | Наименование ресурса в электронной форме | Библиографическое описание |
|---|---------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Основная литература | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Гельфанд, Б. Е. Водород: параметры горения и взрыва / Б. Е. Гельфанд, О. Е. Попов, Б. Б. Чайванов. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2008. — 288 с. http://e.lanbook.com/book/2680 |
| 2 | Дополнительная литература | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Штейнберг, А. С. Быстрые реакции в энергоемких системах: высокотемпературное разложение ракетных топлив и взрывчатых веществ : монография / А. С. Штейнберг. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2006. — 208 с. https://e.lanbook.com/book/2706 |

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Windows(бессрочно)
2. Microsoft-Office(бессрочно)
3. Math Works-MATLAB (Simulink R2008a, SYMBOLIC MATH)(бессрочно)
4. -Maple 13(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

| Вид занятий | № ауд. | Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий |
|---------------------------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Лекции | 708a (1) | мультимедийное оборудование |
| Практические занятия и семинары | 707 (1) | компьютерный класс с пакетом MATLAB |