

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Физико-технический факультет

УТВЕРЖДЕНО:

Декан

Ю.Н. Рыжих

Оценочные материалы по дисциплине

Макрокинетика

по направлению подготовки

16.03.01 Техническая физика

Направленность (профиль) подготовки:

Компьютерное моделирование в инженерной теплофизике и аэрогидродинамике

Форма обучения

Очная

Квалификация

Инженер, инженер-разработчик

Год приема

2025

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОПОП

Ю.Н. Рыжих

Э.Р. Шрагер

А.Ю. Крайнов

Председатель УМК

В.А. Скрипняк

Томск – 2025

1. Компетенции и индикаторы их достижения, проверяемые данными оценочными материалами

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-1 Способен использовать в профессиональной деятельности основные законы естественнонаучных и инженерных дисциплин, применять методы математического моделирования, теоретических и экспериментальных исследований.

ОПК-2 Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат и современные компьютерные технологии.

ПК-1 Способен использовать методы математического моделирования тепловых процессов, формулировать задачи компьютерных исследований процессов теплообмена при разработке изделий РКТ.

ПК-3 Способен выполнять фундаментальные и прикладные работы поискового, теоретического и экспериментального характера при разработке новых материалов, технологий и устройств.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

РООПК-1.1 Знает фундаментальные законы естественнонаучных и инженерных дисциплин и математические законы

РООПК-1.2 Умеет применять законы естественнонаучных и инженерных дисциплин и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера

РООПК-2.1 Знает методику выявления естественнонаучной сущности проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и методику привлечения физико-математического аппарата и современные информационных технологий для их решения

РООПК-2.2 Умеет выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности и привлекать для их решения физико-математический аппарат и современные информационные технологии

РОПК - 1.1 Знает модели математического описания процессов теплообмена

РОПК - 1.2 Умеет использовать стандартные методики и разрабатывать новые подходы математического моделирования

РОПК - 3.1 Знает фундаментальные законы в области теплофизики и механики сплошных сред

РОПК - 3.2 Умеет проводить компьютерный эксперимент в области теплофизики и аэрогидродинамики

2. Оценочные материалы текущего контроля и критерии оценивания

Элементы текущего контроля:

- тест
- реферат

Тест (ОПК-1, ОПК-2, РООПК-1.1, РООПК-1.2, РООПК-2.1, РООПК-2.2)

1. В адиабатических условиях максимальная температура процесса зависит от теплового эффекта реакции и начальной температуры.
 - а) верно
 - б) неверно
2. Критерий Грасгоффа определяет развитие конвективного течения.
 - а) верно
 - б) неверно
3. Какой подход используется в теории теплового взрыва?

- а) микрокинетический
- б) феноменологический
- в) макрокинетический

4. Как параметр Аррениуса (A_r) связан со скоростью химической реакции?

- а) является множителем в константе скорости химической реакции
- б) определяет зависимость скорости реакции к изменению давления
- в) определяет чувствительность скорости реакции к изменению температуры

5. Какая характеристика в нестационарной теории теплового взрыва является главной?

- а) температура
- б) давление
- в) период индукции

6. Какие граничные условия ставятся на стенке реакционного сосуда в стационарной теории теплового взрыва Д.А. Франк-Каменецкого?

- а) задана температура
- б) граничные условия в стационарной теории Д.А. Франк-Каменецкого не ставятся
- в) задаются граничные условия второго рода

Ключи: 1 а), 2 а), 3 в), 4 в), 5 в), 6 а).

Критерии оценивания: тест считается пройденным, если обучающий ответил правильно как минимум на половину вопросов.

Реферат (ПК-1, ПК-3, РОПК - 1.1, РОПК - 1.2, РОПК - 3.1, РОПК - 3.2)

Темы для реферата по курсу (определяет для каждого обучающегося преподаватель дисциплины).

Реферат является дополнительным инструментом проверки знания. Минимальная оценка - 1 балл, максимальная - 10.

1. Параметры подобия в теории теплового воспламенения
2. Диаграмма Н.Н. Семенова в стационарной теории теплового взрыва
3. Решение основной задачи теплового взрыва для сосуда плоскопараллельной формы в теории Д.А. Франк-Каменецкого
4. Решение основной задачи теплового взрыва для сосуда цилиндрической формы в теории Д.А. Франк-Каменецкого
5. Расчет периода индукции в нестационарной теории теплового взрыва
6. Особенности протекания экзотермических реакций в адиабатических условиях
7. Использование теплового взрыва для получения новых неорганических материалов
8. Тепловой взрыв и техногенные катастрофы

Критерии оценивания: реферат считается полным, если обучающий раскрыл полностью его тему.

3. Оценочные материалы итогового контроля (промежуточной аттестации) и критерии оценивания

Экзамен проводится в письменной форме по билетам. Билет состоит из двух вопросов. Продолжительность экзамена 1,5 часа.

Перечень вопросов (РООПК-1.1, РООПК-1.2, РООПК-2.1, РООПК-2.2, РОПК - 1.1, РОПК - 1.2, РОПК - 3.1, РОПК - 3.2):

1. Энергия активации.
2. Закон Аррениуса.
3. Температурная чувствительность скорости химической реакции. Процессы взрывчатого превращения.
4. Процессы воспламенения. Математическая постановка задач в теории теплового воспламенения.
5. Основные критерии подобия теории воспламенения.
6. Протекание экзотермических реакций в адиабатическом режиме. Адиабатический разогрев. Анализ самоускорения.
7. Температурный режим адиабатических реакций. Адиабатический период индукции.
8. Самовоспламенение. Постановка задачи в стационарной теории теплового взрыва.
9. Стационарная теория теплового взрыва Н.Н. Семенова. Критические условия. Предвзрывной разогрев.
10. Стационарная теория теплового взрыва Д.А. Франк-Каменецкого. Обоснование основных положений теории и ее математическая постановка.
11. Стационарная теория теплового взрыва Д.А. Франк-Каменецкого. Критические условия и максимальный предвзрывной разогрев.
12. Сравнение результатов стационарных теорий теплового взрыва Н.Н.Семенова и Д.А.Франк-Каменецкого.
13. Стационарная задача в теории теплового взрыва при граничных условиях III рода. Зависимость критического значения $Fk^*(Bi)$.
14. Метод регулярного теплообмена в стационарной теории теплового взрыва.
15. Нестационарная теория теплового взрыва Тодеса "под" и "над" пределом самовоспламенения.
16. Нестационарная теория теплового взрыва вблизи предела самовоспламенения. Поправка на выгорание.
17. Искровое зажигание газа.
18. Очаговое тепловое воспламенение. Предельные параметры очагового воспламенения.
19. Зажигание конденсированных систем. Модели теории зажигания.
20. Стационарная теория зажигания Я.Б. Зельдовича. Основные выводы стационарной теории зажигания Я.Б. Зельдовича.
21. Учет выгорания при зажигании к-вещества горячим телом. Индукционный режим зажигания.
22. Зажигание тонкой пластины при импульсном и длительном действии горячей поверхности.
23. Критерии зажигания. Влияние теплотерь при зажигании горячей поверхностью.

24. Нестационарная теория зажигания горячей поверхностью с точки зрения химического пограничного слоя.
25. Зажигание к-вещества потоком тепла. Математическая постановка задачи.
26. Адиабатическая теория зажигания В.Н. Вилюнова.
27. Микроочаговое зажигание прозрачных веществ импульсом излучения.
28. Теория стационарного распространения пламени в газе. Постановка задачи.
29. Подобие температурного поля и поля концентрации в стационарном пламени при $Le = 1$.
30. Метод Я.Б. Зельдовича и Д.А. Франк-Каменецкого определения скорости стационарного распространения пламени.
31. Влияние диффузии на скорость стационарного пламени.
32. Роль теплопотерь и пределы горения.
33. Модель горения Беляева – Зельдовича горения газифицирующихся конденсированных веществ.
34. Математическая постановка задачи горения газифицирующихся конденсированных веществ.
35. Определение массовой скорости горения газифицирующихся конденсированных веществ.
36. Зависимость массовой скорости горения газифицирующихся веществ от теплофизических и кинетических параметров системы.

Примеры экзаменационных билетов:

№1

1. Основные критерии подобия теории воспламенения.
2. Зависимость массовой скорости горения газифицирующихся веществ от теплофизических и кинетических параметров системы.

№2

1. Закон Аррениуса.
2. Искровое зажигание газа.

№3

1. Энергия активации.
2. Зажигание конденсированных систем. Модели теории зажигания.

№4

1. Температурная чувствительность скорости химической реакции. Процессы взрывчатого превращения. (ОПК-1).
2. Стационарная теория зажигания Я.Б. Зельдовича. Основные выводы стационарной теории зажигания Я.Б. Зельдовича.

№5

1. Процессы воспламенения. Математическая постановка задач в теории теплового воспламенения.
2. Учет выгорания при зажигании к-вещества горячим телом. Индукционный режим зажигания.

№6

1. Основные критерии подобия теории воспламенения.
2. Зажигание тонкой пластины при импульсном и длительном действии горячей поверхности.

№7

1. Протекание экзотермических реакций в адиабатическом режиме. Адиабатический разогрев. Анализ самоускорения.
2. Критерии зажигания. Влияние теплопотерь при зажигании горячей поверхностью.

№8

1. Температурный режим адиабатических реакций. Адиабатический период индукции.

2. Нестационарная теория зажигания горячей поверхностью с точки зрения химического пограничного слоя.

№9

1. Самовоспламенение. Постановка задачи в стационарной теории теплового взрыва.

2. Зажигание к-вещества потоком тепла. Математическая постановка задачи.

№10

1. Стационарная теория теплового взрыва Н.Н. Семенова. Критические условия. Предвзрывной разогрев.

2. Адиабатическая теория зажигания В.Н. Вилюнова.

№11

1. Стационарная теория теплового взрыва Д.А. Франк-Каменецкого. Обоснование основных положений теории и ее математическая постановка.

2. Теория стационарного распространения пламени в газе. Постановка задачи.

№12

1. Стационарная теория теплового взрыва Д.А. Франк-Каменецкого. Критические условия и максимальный предвзрывной разогрев.

2. Подобие температурного поля и поля концентрации в стационарном пламени при $Le = 1$.

№13

1. Сравнение результатов стационарных теорий теплового взрыва Н.Н.Семенова и Д.А.Франк-Каменецкого.

2. Метод Я.Б. Зельдовича и Д.А. Франк-Каменецкого определения скорости стационарного распространения пламени.

№14

1. Метод регулярного теплообмена в стационарной теории теплового взрыва.

2. Влияние диффузии на скорость стационарного пламени.

Критерии оценивания:

Результаты экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Оценка «отлично» выставляется, если даны правильные развернутые ответы на все теоретические вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется, если на один из двух вопросов билета дан неполный ответ.

Оценка «удовлетворительно» выставляется, если дан ответ только на один вопрос билета.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если учащийся не ответил на вопросы билета.

4. Оценочные материалы для проверки остаточных знаний (сформированности компетенций)

Тест (РООПК-1.1, РООПК-1.2, РООПК-2.1, РООПК-2.2, РОПК - 1.1, РОПК - 1.2, РОПК - 3.1, РОПК - 3.2)

1. Критические условия теплового взрыва по Н.Н. Семенову соответствуют условию касанию кривых теплоприхода и теплоотвода.

а) верно

б) неверно

2. В автокаталитической реакции скорость зависит от концентрации продукта реакции.:

- а) верно
 - б) неверно
3. В адиабатических условиях максимальная температура процесса зависит от теплового эффекта реакции и начальной температуры.
- а) верно
 - б) неверно
4. Критерий Грасгоффа определяет развитие конвективного течения.
- а) верно
 - б) неверно
5. Какой подход используется в теории теплового взрыва?
- а) микрокинетический
 - б) феноменологический
 - в) макрокинетический
6. Как параметр Аррениуса (A_r) связан со скоростью химической реакции?
- а) является множителем в константе скорости химической реакции
 - б) определяет зависимость скорости реакции к изменению давления
 - в) определяет чувствительность скорости реакции к изменению температуры
7. Какая характеристика в нестационарной теории теплового взрыва является главной?
- а) температура
 - б) давление
 - в) период индукции
8. Какие граничные условия ставятся на стенке реакционного сосуда в стационарной теории теплового взрыва Д.А. Франк-Каменецкого?
- а) задана температура
 - б) граничные условия в стационарной теории Д.А. Франк-Каменецкого не ставятся
 - в) задаются граничные условия второго рода
9. Чему равно критическое значение параметра Семенова (Se)?
- а) e
 - б) $1/e$
 - в) 1
10. С чем связано преобразование Франк-Каменецкого?
- а) с координатами
 - б) с масштабом времени
 - в) со скоростью химической реакции

Ключи: 1 а), 2 а), 3 а), 4 а), 5 в), 6 в), 7 в), 8 а), 9 б), 10 в).

Критерии оценивания: тест считается пройденным, если обучающий ответил правильно как минимум на половину вопросов.

Информация о разработчиках

Прокофьев Вадим Геннадьевич, д.ф.-м.н., доцент, профессор кафедры математической физики ФТФ НИ ТГУ.