

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

**Процессы теплопереноса в технических устройствах**

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  
**2024**

СОГЛАСОВАНО:  
Руководитель ОПОП  
Э.Р. Шрагер  
Ю.Н. Рыжих

Председатель УМК  
В.А. Скрипняк

Томск – 2024

## **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 общепромышленных 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

ОПК-4 Способен осуществлять контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам

ОПК-5 Способен учитывать современные тенденции развития техники и технологий в своей профессиональной деятельности.

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

ПК-2 Способен проводить исследования по аэрогидродинамике и процессам теплообмена изделий РКТ с использованием высокопроизводительной компьютерной техники.

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 природы и основные физические и математические законы

РООПК-1.2 Умеет применять физические законы 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 компьютерные технологии 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 компьютерные технологии

РООПК-4.1 Знает принципы построения технического задания

РООПК-4.2 Умеет использовать нормативные и справочные данные при разработке проектно-конструкторской документации; оформлять проектно-конструкторскую документацию в соответствии со стандартами

РООПК-5.1 Знает методику учета современных тенденций развития техники и технологий в своей профессиональной деятельности

РООПК-5.2 Умеет учитывать современные тенденции развития техники и технологий в своей профессиональной деятельности

РОПК - 1.1 Знает модели математического описания процессов теплообмена

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

РОПК - 2.1 Знает основы разработки численных методов решения прикладных задач

РОПК - 2.2 Умеет использовать пакеты прикладных программ и разрабатывать оригинальные программы реализации моделей

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:

Доклады по заданным темам на практических занятиях.

Обеспечивают ОПК-1, ОПК-2, ОПК-4, ОПК-5, ПК-1, ПК-2, ПК-3 (РООПК-1.1, РООПК-1.2, РООПК-2.1, РООПК-2.2, РООПК-4.1, РООПК-4.2, РООПК-5.1, РООПК-5.2, РОПК-1.1, РОПК-1.2, РОПК-2.1, РОПК-2.2, РОПК-3.1, РОПК-3.2)

Содержание вопросов для докладов на практических занятиях

1. Теплоотдача при конденсации пара на поверхности пластинки. Решение Нуссельта.
2. Теплоотдача при кипении жидкости.
3. Принцип работы холодильника.
4. Теплоотдача при испарении жидкости.
5. Теплообменные аппараты. Холодильные машины. Конденсаторы.
6. Градирни. Теплообменные устройства. Воздухоохлаждаемые теплообменники.
7. Тепловые трубы. Теплообмен в котлах.

Критерии оценивания:

Результаты работы над докладом и доклад на практических занятиях определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Оценка «отлично» выставляется, если дано логически полное, доступное изложение материалов по теме доклада с использованием презентации.

Оценка «хорошо» выставляется, если дано логически не полное, но доступное изложение материалов по теме доклада с использованием презентации.

Оценка «удовлетворительно» выставляется, если дано логически не полное, но не внятное изложение материалов по теме доклада с использованием презентации.

Оценка «не удовлетворительно» выставляется, если материал не подготовлен.

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

Зачет проводится в устной форме по билетам. Билет содержит два теоретических вопроса.

Примерный перечень теоретических вопросов

1. Конвективный теплоперенос. Понятия гидродинамического и теплового пограничных слоев.
2. Теплообмен при обтекании пластинки потоком жидкости. Интегральное соотношение теории погранслоя.
3. Теплообмен при течении жидкости в трубе.
4. Турублентный перенос теплоты и количества движения.
5. Свободная конвекция. Теплообмен при свободной конвекции.
6. Теплообмен в разреженных газах.
7. Теплоотдача при течении газа с большой скоростью.
8. Тепло- и массообмен при химических превращениях.
9. Теплоперенос излучением: основные понятия, законы излучения.
10. Теплообмен излучением между двумя телами, произвольно расположеными в пространстве.
11. Диффузионное приближение лучистого теплопереноса в оптически толстых средах.
12. Теплоперенос в газодисперсных средах.
13. Уравнение переноса лучистой энергии в поглощающей среде. Закон Бугера.

Перечень вопросов к экзамену составлен с учетом, что они содержат проверку освоения компетенций ОПК-1, ОПК-2, ОПК-4, ОПК-5, ПК-1, ПК-2, ПК-3 (РООПК-1.1, РООПК-1.2, РООПК-2.1, РООПК-2.2, РООПК-4.1, РООПК-4.2, РООПК-5.1, РООПК-5.2, РОПК-1.1, РОПК-1.2, РОПК-2.1, РОПК-2.2, РОПК-3.1, РОПК-3.2).

Билет к экзамену состоит из двух вопросов из перечня.

Примеры билетов к экзамену:

**Билет № 1**

1. Вывод уравнения переноса тепла в сплошной среде.
2. Конвективный теплоперенос.

**Билет № 2**

1. Определение теплового потока. Гипотеза Фурье.
2. Уравнения гидродинамического пограничного слоя.

**Билет № 3**

1. Зависимость коэффициентов переноса от свойств сплошной среды. Коэффициенты теплопроводности в газе, жидкости, твердом теле. Зависимость коэффициентов переноса от температуры.
2. Уравнения теплового пограничного слоя.

**Билет № 4**

1. Теплопередача через пластинку. Коэффициент теплопередачи. Термическое сопротивление. Законы сложения термических сопротивлений.
2. Теплообмен при свободной конвекции вблизи вертикальной стенки.

**Билет № 5**

1. Теплопередача в случае цилиндрической и сферической симметрии.
2. Теплообмен при свободной конвекции вблизи вертикальной стенки.

**Билет № 6**

1. Постановка нестационарных задач теплопроводности. Постановка граничных условий.
2. Уравнения гидродинамического пограничного слоя.

**Билет № 7**

1. Теплопередача через двухслойную плоскую пластинку. Теплопередача через многослойную плоскую пластинку.
2. Уравнения теплового пограничного слоя.

**Критерии оценивания:**

Результаты зачета определяются оценками «зачтено», «не зачтено».

Оценка «зачтено» выставляется, если даны правильные ответы на все теоретические вопросы; или если ответы на вопросы даны с небольшими недочетами; или если ответ на один из вопросов дан полностью или с небольшими недочетами, на второй вопрос ответ не верный.

Оценка «не зачтено» выставляется, если даны неправильные ответы на все вопросы экзаменационного билета.

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

1. Конвективный и конвективный теплоперенос.
2. Закон Фурье для величины теплового потока в неизотермической сплошной среде.
3. Понятие гидродинамического пограничного слоя.
4. Понятие и теплового пограничных слоев.
5. Закон Ньютона для теплообмена.
6. Особенности теплообмена при турбулентном режиме течения.
7. Теплообмен при течении жидкости в трубе.
8. Свободная конвекция. Теплообмен при свободной конвекции.
9. Теплообмен в разреженных газах.
10. Теплоотдача при течении газа с большой скоростью.
11. Теплоперенос излучением: основные понятия, законы излучения.

Критерии оценивания: считается выполненным, если дан верный ответ на 1 теоретический вопрос (исчерпывающий и/или с небольшими неточностями).

#### **Информация о разработчиках**

Крайнов Алексей Юрьевич, д.ф.-м.н., заведующий кафедрой математической физики ФТФ ТГУ