

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

УТВЕРЖДЕНО:  
Декан механико-математического  
факультета  
Л.В. Гензе

Оценочные материалы по дисциплине

**Теплообмен излучением**

по направлению подготовки

**01.04.03 – Механика и математическое моделирование**

Направленность (профиль) подготовки:  
**«Механика жидкости, газа и нефтегазотранспортных систем»**

Форма обучения  
**Очная**

Квалификация  
**Магистр**

Год приема  
**2023**

СОГЛАСОВАНО:  
Руководитель ОП  
А.М. Бубенчиков

Председатель УМК  
Е.А. Тарасов

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

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПК-1 Способен самостоятельно решать исследовательские задачи в рамках реализации научного (научно-технического, инновационного) проекта

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИПК-1.1 проводит исследования, направленные на решение отдельных исследовательских задач.

ИПК-1.2 определяет способы практического использования научных (научно-технических) результатов.

## **2. Оценочные материалы текущего контроля и критерии оценивания**

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, выполнения контрольных заданий и ответов на вопросы по первой части курса.

Вопросы для оценки качества освоения дисциплины (ПК-1):

1. Пояснить механизм теплового излучения и дать определение.
2. Назвать виды излучения. Какие длины волн им соответствуют?
3. Дайте определение, запишите обозначение и единицы измерения следующих видов лучистых потоков: интегральный поток излучения, спектральный поток излучения, интегральная плотность потока излучения, спектральная плотность потока излучения, яркость (интенсивность) излучения.
4. Какие тела называют абсолютно черными? Серыми?
5. В каком случае поверхность называется зеркальной? Абсолютно белой?
6. Какие среды называют диатермичными?
7. Дайте определение коэффициентов поглощения, отражения и проницаемости. Запишите соотношение между ними.
8. Сформулируйте законы Планка, Релея – Джинса и Вина для равновесного излучения абсолютно черного тела.
9. Сформулируйте закон Стефана – Больцмана.
10. Сформулируйте закон Кирхгофа и следствия из него.
11. Сформулируйте закон Ламберта.
12. Дайте определение углового коэффициента излучения. Что такое локальный и средний коэффициенты излучения?
13. Перечислите виды угловых коэффициентов излучения.
14. Перечислите методы исследования процессов лучистого теплообмена. Поясните их основные особенности и отличия.
15. Перечислите допущения, необходимые для исследования теплообмена в системе, состоящей из двух неограниченных твердых тел с плоскопараллельными поверхностями.
16. Укажите основные этапы при выводе выражения для результирующего потока излучения в системе двух плоскопараллельных тел методом многократных отражений.
17. Как определяется результирующий поток излучения в системе двух плоскопараллельных тел методом сальдо?
18. Что называют приведенным коэффициентом поглощения в системе двух плоскопараллельных тел, приведенным коэффициентом излучения? Запишите соответствующие выражения и единицы измерения.
19. Запишите выражение для результирующего лучистого потока в системе двух плоскопараллельных тел?
20. Как влияет на результирующий поток излучения установка экранов? Какой должна быть степень черноты экранов?

21. Как влияет на результирующий поток излучения в системе двух плоскопараллельных тел местоположение экранов относительно излучающих поверхностей?
22. Во сколько раз снижает тепловой поток в системе двух плоскопараллельных тел установка  $n$  экранов, имеющих одинаковую с излучающими поверхностями степень черноты? Как в этом случае определить температуру экранов?
23. Как определяются приведенный коэффициент излучения и приведенный коэффициент поглощения в системе плоскопараллельных тел с экранами?
24. Как определить результирующий поток излучения в системе двух плоскопараллельных тел с экранами?
25. Привести примеры полупрозрачных сред. Уравнение переноса энергии в поглощающей и излучающей среде.
26. Что такое оптическая толщина среды?
27. Сформулировать особенности излучения газов и паров.
28. Перенос энергии излучением совместно с теплопроводностью и (или) конвекцией. Сформулировать ключевые особенности сложного теплообмена.

Примеры базовых задач курса теплообмен излучением (ПК-1, ИПК-1.1, ИПК-1.2)

1. Определить температуру абсолютно черного тела (АЧТ), если плотность потока собственного излучения АЧТ равна  $2000 \text{ кВт/м}^2$ .
2. Определить длину волны, соответствующую максимальному значению спектральной плотности потока излучения от поверхности металлического листа с температурой  $550 \text{ }^\circ\text{C}$ .
3. Площадь поверхности нити 90-ваттной вольфрамовой лампы накаливания равна  $0.4 \text{ см}^2$ . Поглощательная способность вольфрама равна  $0,6$ . Определить температуру нити накала.
4. Плотность потока падающего излучения на серое непрозрачное тело при температуре  $900 \text{ К}$  равна  $100 \text{ кВт/м}^2$ . Найти  $E_{\text{соб}}$ ,  $E_{\text{погл}}$ ,  $E_{\text{отр}}$ ,  $E_{\text{эфф}}$ ,  $q_{\text{рез}}$ , если поглощательная способность тела  $A = 0.6$ .
5. Определить приведенную степень черноты системы, состоящей из трубопровода с наружным диаметром  $0.2 \text{ м}$ , расположенного в центре кирпичного квадратного канала со стороной  $0.4 \text{ м}$ . Степень черноты трубы  $0.6$ , а степень черноты стенок канала  $0.8$ .

Критерии оценки текущего контроля по курсу «Теплообмен излучением»:

- «зачёт» выставляется студенту, если он полностью выполнил задание, показал отличные знания и умения в рамках усвоенного учебного материала, задание оформлено аккуратно.
- «не зачтено» выставляется студенту, если он не полностью выполнил задание, при этом проявил недостаточный уровень знаний и умений, а также не способен пояснить полученный результат.

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

В ОМД включен список вопросов к зачету и типовой вариант билета.

Вопросы для проверки сформированности знаний и умений компетенций ИПК 1.1, ИПК 1.2:

1. Основные законы теплового излучения. Виды лучистых потоков.
2. Классификация электромагнитного излучения в зависимости от длины волны. Спектр излучения различных тел.
3. Спектральные и интегральные характеристики энергии излучения.
4. Равновесное излучение. Понятие абсолютно черного тела.

5. Формулировка закона Кирхгофа. Следствия, вытекающие из этого закона.
6. Закон Планка. Закон Рэлея-Джинса. Закон излучения Вина.
7. Закон смещения Вина. Закон Стефана-Больцмана.
8. Поглощательная и отражательная способности тел.
9. Понятие серого тела. Степень черноты.
10. Методы исследования лучистого теплообмена (методы многократных отражений, эффективных потоков, сальдо).
11. Лучистый теплообмен между двумя безграничными пластинами. Результирующий поток излучения.
12. Теплообмен излучением при наличии экранов.
13. Лучистый теплообмен в системе, состоящей из двух коаксиальных цилиндров.
14. Угловые коэффициенты излучения. Свойства угловых коэффициентов излучения.
15. Методы определения угловых коэффициентов излучения.
16. Зональный метод исследования лучистого теплообмена.
17. Уравнение переноса энергии в поглощающей среде.
18. Уравнение переноса энергии в поглощающей и излучающей среде.
19. Оптическая толщина среды.
20. Особенности излучения газов и паров.
21. Лучистый теплообмен между газом и оболочкой.
22. Перенос энергии излучением совместно с теплопроводностью и (или) конвекцией. Ключевые особенности.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**

Национальный исследовательский

**ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

*направление 01.04.03 – Механика и математическое моделирование*

Билет № 1

1. Методы исследования лучистого теплообмена (методы многократных отражений, эффективных потоков, сальдо).
2. Угловые коэффициенты излучения. Свойства угловых коэффициентов излучения.

Руководитель ОП, профессор кафедры  
теоретической механики

А.М. Бубенчиков

Обучающийся допускается к промежуточной аттестации (зачет с оценкой), при условии успешного прохождения всех видов текущего контроля, предусмотренных рабочей программой дисциплины.

Зачет с оценкой принимается лектором, читавшим данный курс. Присутствие на зачете посторонних лиц без разрешения проректора по учебной работе или декана факультета не допускается. Время подготовки ответа при сдаче зачета составляет не менее 40 минут (по желанию обучающегося ответ может быть досрочным). Время ответа – не более 15 минут. При подготовке к зачету студент, как правило, ведет

записи в листе устного ответа, который затем (по окончании зачета) сдается преподавателю. При проведении зачета билет выбирает сам студент в случайном порядке. Лектору предоставляется право задавать обучающимся дополнительные вопросы в рамках программы дисциплины текущего семестра. Оценка результатов устного аттестационного испытания объявляется обучающимся в день его проведения.

Результаты зачета оцениваются по четырехбалльной системе («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно») и заносятся в аттестационную ведомость и зачетную книжку. При определении оценки учитываются:

- полнота и содержательность ответа;
- умение привести примеры;
- умение отстаивать свою позицию на основании положений нормативно-правовых актов;
- умение пользоваться дополнительной литературой при подготовке к занятиям;
- соответствие представленной в ответах информации материалам лекций и учебной литературы, сведениям из информационных ресурсов Интернет.

Ответы на вопросы к зачету оцениваются по следующим критериям:

Оценка *«отлично»*. Ответы на поставленные вопросы в билете излагаются логично, последовательно и не требуют дополнительных пояснений. Делаются обоснованные выводы. Соблюдаются нормы литературной речи.

Оценка *«хорошо»*. Ответы на поставленные вопросы излагаются систематизировано и последовательно. Материал излагается уверенно. Демонстрируется умение анализировать материал, однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер. Соблюдаются нормы литературной речи.

Оценка *«удовлетворительно»*. Допускаются нарушения в последовательности изложения. Демонстрируются поверхностные знания вопроса. Имеются затруднения с выводами. Допускаются нарушения норм литературной речи.

Оценка *«неудовлетворительно»*. Материал излагается непоследовательно, сбивчиво, не представляет определенной системы знаний по дисциплине. Имеются заметные нарушения норм литературной речи.

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

В качестве материалов для проверки остаточных знаний можно использовать перечень вопросов:

1. Основные законы теплового излучения. Виды лучистых потоков.
2. Классификация электромагнитного излучения в зависимости от длины волны. Спектр излучения различных тел.
3. Спектральные и интегральные характеристики энергии излучения.
4. Равновесное излучение. Понятие абсолютно черного тела.
5. Формулировка закона Кирхгофа. Следствия, вытекающие из этого закона.
6. Закон Планка. Закон Рэлея-Джинса. Закон излучения Вина.
7. Закон смещения Вина. Закон Стефана-Больцмана.
8. Поглощательная и отражательная способности тел.

9. Понятие серого тела. Степень черноты.
10. Методы исследования лучистого теплообмена (методы многократных отражений, эффективных потоков, сальдо).
11. Лучистый теплообмен между двумя безграничными пластинами. Результирующий поток излучения.
12. Теплообмен излучением при наличии экранов.
13. Лучистый теплообмен в системе, состоящей из двух коаксиальных цилиндров.
14. Угловые коэффициенты излучения. Свойства угловых коэффициентов излучения.
15. Методы определения угловых коэффициентов излучения.
16. Зональный метод исследования лучистого теплообмена.
17. Уравнение переноса энергии в поглощающей среде.
18. Уравнение переноса энергии в поглощающей и излучающей среде.
19. Оптическая толщина среды.
20. Особенности излучения газов и паров.
21. Лучистый теплообмен между газом и оболочкой.
22. Перенос энергии излучением совместно с теплопроводностью и (или) конвекцией. Ключевые особенности.

#### **Информация о разработчиках**

Мирошниченко Игорь Валерьевич, к.ф.-м.н., доцент, кафедра теоретической механики механико-математического факультета ТГУ, доцент