

Компонент ОПОП 16.04.03 Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения
наименование ОПОП

Б1.О.07 (очная форма)
шифр дисциплины

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Дисциплины
(модуля)

Математическое моделирование в системах холодоснабжения

Разработчик (и):

Ершов М.А.

ФИО

доцент

должность

канд.техн.наук, доцент

ученая степень,

звание

Утверждено на заседании кафедры

Технологического и холодильного оборудования
наименование кафедры

протокол № 4 от 18.03.2024

Заведующий кафедрой

ТХО



подпись

В.А. Похольченко
ФИО

Мурманск 2024

1. Критерии и средства оценивания компетенций и индикаторов их достижения, формируемых дисциплиной (модулем)

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора(ов) достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине (модулю)			Оценочные средства текущего контроля	Оценочные средства промежуточной аттестации
		<i>Знать</i>	<i>Уметь</i>	<i>Владеть</i>		
ОПК-2 Способен использовать углубленные теоретические и практические знания фундаментальных и прикладных наук, в том числе, технической физики	ИД-1опк-2 Владеет углубленными теоретическими и практическими знаниями фундаментальных и прикладных наук, в том числе технической физики; ИД-2 опк-2. Решает профессиональные задачи с использованием углубленных теоретических и практических знаний фундаментальных и прикладных наук	- способы численного дифференцирования и интегрирования; - метод наименьших квадратов; - интерполяционные формулы Ньютона; - порядок моделирования теплопроводности; - порядок моделирования диффузии; - методы анализа математических моделей переноса энергии и вещества .	применять формулу Лагранжа ; пользоваться формулами для численного расчета первой и второй производной. пользоваться формулами для численного интегрирования.	навыками: применения дифференциальных уравнений в системах хладоснабжения; навыками: математического моделирования процессов и аппаратов, экспериментального исследования процессов в промышленности; математической обработки результатов экспериментальных исследований.	комплект заданий для выполнения практических работ	Результаты текущего контроля, экзаменационные билеты

ОПК-4 Способен вскрывать физическую, естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе осуществления профессиональной деятельности, проводить их качественный и количественный анализ;	ИД-1опк-4. Анализирует и интерпретирует физическую, естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе осуществления профессиональной деятельности; ИД-2 опк-4. Выбирает методы качественного и количественного анализа проблем, возникающих в ходе осуществления профессиональной деятельности	- способы численного дифференцирования и интегрирования; - метод наименьших квадратов; - интерполяционные формулы Ньютона; - порядок моделирования теплопроводности; - порядок моделирования диффузии; - методы анализа математических моделей переноса энергии и вещества .	применять формулу Лагранжа ; пользоваться формулами для численного расчета первой и второй производной. пользоваться формулами для численного интегрирования.	навыками: применения дифференциальных уравнений в системах хладоснабжения; навыками: математического моделирования процессов и аппаратов, экспериментального исследования процессов в промышленности; математической обработки результатов экспериментальных исследований.	комплект заданий для выполнения практических работ	Результаты текущего контроля, экзаменационные билеты
ОПК-6 Способен осваивать и применять современные физико-математические ме-	ИД-1 опк-6 Воспринимает и осваивает современные физико-математические методы и методы искусственного интеллекта для решения профессио-	- способы численного дифференцирования и интегрирования;	применять формулу Лагранжа ; пользоваться формулами для численного рас-	навыками: применения дифференциальных уравнений в системах	комплект заданий для выполнения практических работ	Результаты текущего контроля, экзаменационные билеты

тоды и методы искусственного интеллекта для решения профессиональных задач, составлять практические рекомендации по использованию полученных результатов.	нальных задач; ИД-2опк-6. Применяет умение составлять практические рекомендации по использованию полученных результатов при решении профессиональных задач	- метод наименьших квадратов; - интерполяционные формулы Ньютона; - порядок моделирования теплопроводности; - порядок моделирования диффузии; - методы анализа математических моделей переноса энергии и вещества	чета первой и второй производной. пользоваться формулами для численного интегрирования.	хладоснабжения; навыками: математического моделирования процессов и аппаратов, экспериментального исследования процессов в промышленности; математической обработки результатов экспериментальных исследований.		
---	---	---	---	---	--	--

2. Оценка уровня сформированности компетенций (индикаторов их достижения)

Показатели оценивания компетенций (индикаторов их достижения)	Шкала и критерии оценки уровня сформированности компетенций (индикаторов их достижения)			
	Ниже порогового («неудовлетворительно»)	Пороговый («удовлетворительно»)	Продвинутый («хорошо»)	Высокий («отлично»)
Полнота знаний	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущены не грубые ошибки.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущены некоторые погрешности.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки.
Наличие умений	При выполнении стандартных заданий не продемонстрированы основные умения.	Продемонстрированы основные умения. Выполнены типовые задания с не	Продемонстрированы все основные умения. Выполнены все основные задания с	Продемонстрированы все основные умения. Выполнены все основные и дополни-

	Имели место грубые ошибки.	грубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме (отсутствуют пояснения, неполные выводы)	некоторыми погрешностями. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	тельные задания без ошибок и погрешностей. Задания выполнены в полном объеме без недочетов.
Наличие навыков (владение опытом)	При выполнении стандартных заданий не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для выполнения стандартных заданий с некоторыми недочетами.	Продemonстрированы базовые навыки при выполнении стандартных заданий с некоторыми недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Выполнены все основные и дополнительные задания без ошибок и погрешностей. Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.
Характеристика сформированности компетенции	Компетенции фактически не сформированы. Имеющихся знаний, умений, навыков недостаточно для решения практических (профессиональных) задач. ИЛИ Зачетное количество баллов не набрано согласно установленному диапазону	Сформированность компетенций соответствует минимальным требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков в целом достаточно для решения практических (профессиональных) задач. ИЛИ Набрано зачетное количество баллов согласно установленному диапазону	Сформированность компетенций в целом соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков достаточно для решения стандартных профессиональных задач. ИЛИ Набрано зачетное количество баллов согласно установленному диапазону	Сформированность компетенций полностью соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков в полной мере достаточно для решения сложных, в том числе нестандартных, профессиональных задач. ИЛИ Набрано зачетное количество баллов согласно установленному диапазону

3. Критерии и шкала оценивания заданий текущего контроля

3.1 Критерии и шкала оценивания практических работ

Перечень практических работ, описание порядка выполнения и защиты работы, требования к результатам работы, структуре и содержанию отчета и т.п. представлены в методических материалах по освоению дисциплины (модуля) и в электронном курсе в ЭИОС МАУ.

Оценка/баллы	Критерии оценивания
<i>Отлично</i>	Задание выполнено полностью и правильно. Отчет по лабораторной/практической работе подготовлен качественно в соответствии с требованиями. Полнота ответов на вопросы преподавателя при защите работы.
<i>Хорошо</i>	Задание выполнено полностью, но нет достаточного обоснования или при верном решении допущена незначительная ошибка, не влияющая на правильную последовательность рассуждений. Все требования, предъявляемые к работе, выполнены.
<i>Удовлетворительно</i>	Задания выполнены частично с ошибками. Демонстрирует средний уровень выполнения задания на лабораторную/практическую работу. Большинство требований, предъявляемых к заданию, выполнены.
<i>Неудовлетворительно</i>	Задание выполнено со значительным количеством ошибок на низком уровне. Многие требования, предъявляемые к заданию, не выполнены. ИЛИ Задание не выполнено.

Критерии и шкала оценивания посещаемости занятий

Посещение занятий обучающимися определяется в процентном соотношении

Баллы ¹	Критерии оценки
20	от 75% (включительно) и более – 20 баллов.
15	от 50% (включительно) до 75% – 15 баллов;
10	от 25% (включительно) до 50 % – 10 баллов;
0	менее 25% – 0 баллов;

4. Критерии и шкала оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю) при проведении промежуточной аттестации

Критерии и шкала оценивания результатов освоения дисциплины (модуля) с экзаменом

Для дисциплин (модулей), заканчивающихся экзаменом, результат промежуточной аттестации складывается из баллов, набранных в ходе текущего контроля и при проведении экзамена:

В ФОС включен список вопросов и заданий к экзамену и типовой вариант экзаменационного билета:

1. Начальные условия. Виды граничных условий. Условия однозначности.
2. Многочлен Лагранжа, особенности построения и применения при математическом моделировании.
3. Формулы приближенного дифференцирования.
4. Формулы приближенного интегрирования.
5. Моделирование теплопроводности.
6. Моделирование процесса охлаждения тела в форме пластины с помощью метода сеток.

¹ Баллы определяется разработчиком ФОС, согласно технологической карте

7. Интерполяционные формулы Ньютона. Особенности построения и применения.
8. Метод наименьших квадратов. Сущность метода и алгоритм и применения.
9. Модификация общего уравнения теплопроводности для тел разной геометрической формы.
10. Факторы, влияющие на точность результатов исследования.
11. Метод конечных разностей (метод сеток).
12. Решения задач по расчету процессов охлаждения, основе общего уравнения теплопроводности.
13. Интерполирование экспериментальных данных.
14. Построение аналитических зависимостей методом наименьших квадратов.
15. Выбор степени полинома при аппроксимации табличных значений.
16. Моделирование процессов охлаждения на основе общего уравнения теплопроводности.
17. Теоретические основы процесса замораживания. Расчет основных теплофизических характеристик. Расход холода на замораживание.
18. Основные факторы, влияющие на скорость замораживания.
19. Основные уравнения для расчета продолжительности замораживания.
20. Методы анализа математических моделей переноса энергии и вещества: метод разделения переменных;
21. Методы анализа математических моделей переноса энергии и вещества: интегральный метод.
22. Методы анализа математических моделей переноса энергии и вещества: обобщенный интегральный метод.
23. Методы анализа математических моделей переноса энергии и вещества: метод Био.
24. Методы анализа математических моделей переноса энергии и вещества: метод Бубнова-Галёркина.
25. Методы анализа математических моделей переноса энергии и вещества: метод Цоя.
26. Методы анализа математических моделей переноса энергии и вещества: расчёт взаимосвязанного переноса в двумерных пространственных областях.
27. Применение дифференциального уравнения второго порядка в прикладных научных исследованиях.
28. Моделирование процессов охлаждения на основе уравнений теплового состояния при граничных условиях первого рода.
29. Моделирование процессов охлаждения на основе уравнений теплового состояния при граничных условиях третьего рода.
30. Моделирование процессов охлаждения с применением численных методов расчета.

Типовой вариант экзаменационного билета:

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МУРМАНСКИЙ АРКТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГАОУ ВО «МАУ»)

Кафедра «Технологического и холодильного оборудования»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № __

по курсу «Математическое моделирование в системах холодоснабжения»

для направления подготовки **16.04.03 Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения**

1. Моделирование процесса охлаждения тела в форме пластины с помощью метода сеток.
2. Интерполяционные формулы Ньютона особенности построения и применения.
3. Метод наименьших квадратов. Сущность метода и алгоритм и применения.

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры ТХО «__» _____ 20__ года, протокол № ____

Заведующий кафедрой ТХО В.А. Похольченко

Оценка	Критерии оценки ответа на экзамене
<i>Отлично</i>	Обучающийся глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, не затрудняется с ответом при видоизменении вопроса. Владеет специальной терминологией, демонстрирует общую эрудицию в предметной области, использует при ответе ссылки на материал специализированных источников, в том числе на Интернет-ресурсы.
<i>Хорошо</i>	Обучающийся твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, владеет специальной терминологией на достаточном уровне; могут возникнуть затруднения при ответе на уточняющие вопросы по рассматриваемой теме; в целом демонстрирует общую эрудицию в предметной области.
<i>Удовлетворительно</i>	Обучающийся имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, плохо владеет специальной терминологией, допускает существенные ошибки при ответе, недостаточно ориентируется в источниках специализированных знаний.
<i>Неудовлетворительно</i>	Обучающийся не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, не владеет специальной терминологией, не ориентируется в источниках специализированных знаний. Нет ответа на поставленный вопрос.

Оценка, полученная на экзамене, переводится в баллы («5» - 20 баллов, «4» - 15 баллов, «3» - 10 баллов) и суммируется с баллами, набранными в ходе текущего контроля.

Итоговая оценка по дисциплине (модулю)	Суммарные баллы по дисциплине (модулю), в том числе ²	Критерии оценивания
<i>Отлично</i>	91 - 100	Выполнены все контрольные точки текущего контроля на высоком уровне. Экзамен сдан
<i>Хорошо</i>	81-90	Выполнены все контрольные точки текущего контроля. Экзамен сдан
<i>Удовлетворительно</i>	70- 80	Контрольные точки выполнены в неполном объеме. Экзамен сдан
<i>Неудовлетворительно</i>	69 и менее	Контрольные точки не выполнены или не сдан экзамен

5. Задания диагностической работы для оценки результатов обучения по дисциплине (модулю) в рамках внутренней и внешней независимой оценки качества образования

ФОС содержит задания для оценивания знаний, умений и навыков, демонстрирующих уровень сформированности компетенций и индикаторов их достижения в процессе освоения дисциплины (модуля).

Комплект заданий разработан таким образом, чтобы осуществить процедуру оценки каждой компетенции, формируемых дисциплиной (модулем), у обучающегося в письменной форме.

Содержание комплекта заданий включает: *тестовые задания,*

² Баллы соответствуют технологической карте

8

Комплект заданий диагностической работы

Код и наименование компетенции

ОПК-2

Способен использовать углубленные теоретические и практические знания фундаментальных и прикладных наук, в том числе, технической физики

1. Интерполяционный многочлен Лагранжа (укажите неверный ответ):

- может использоваться для узлов, отстоящих для узлов на произвольном расстоянии;
- может использоваться для узлов, отстоящих для узлов на одинаковом расстоянии;
- при добавлении новых узлов многочлен необходимо строить заново;
- + в многочлене ограничено количество интерполяционных узлов.

2. Интерполяционные формулы Ньютона (укажите неверный ответ):

- первую интерполяционную формулу удобно использовать для середины значений диапазона данных;
- вторую интерполяционную формулу удобно использовать для начала и конца диапазона данных;
- + по второй интерполяционной формуле невозможно выполнить экстраполяцию;
- с увеличением порядка конечные разности уменьшаются по абсолютной величине и стабилизируются

3. Совокупность начального и граничного условий называется... :

- + краевыми условиями;
- пространственными краевыми условиями;
- временным краевым условием;
- предварительными условиями.

4. Укажите граничные условия, если известна температура поверхности тела в любой момент времени:

- + граничные условия первого рода;
- граничные условия второго рода;
- граничные условия третьего рода
- граничные условия четвертого рода.

6. Для сходимости вычислений методом сеток величина P в значении шага $l=h2/(PD)$ по оси ординат должна быть:

- +от 2 до 6;
- от 1 до 3;
- от 1,5 до 4,5;
- от 4 до 8.

7. Укажите единицы измерения для коэффициента диффузии:

- г/моль;
- + $\text{м}^2/\text{с}$;
- $\text{кг}/\text{м}^2$;
- $\text{м}^2/\text{кг}$.

8. Если увеличить толщину замораживаемого объекта в два раза, как измениться продолжительность замораживания?

- уменьшиться

- увеличиться в два раза;
- + увеличится в четыре раза;
- увеличиться в три раза.

9. Научный метод, состоящий в замене одних объектов другими, в определенном смысле близкими к исходным, но более простыми:

- +аппроксимация;
- приближение;
- интерполяция;
- усреднение.

10. Способ нахождения неизвестных промежуточных значений некоторой функции, по имеющемуся дискретному набору её известных значений:

- аппроксимация;
- приближение;
- +интерполяция;
- усреднение.

Код и наименование компетенции

ОПК-4

Способен вскрывать физическую, естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе осуществления профессиональной деятельности, проводить их качественный и количественный анализ

1. Дифференциальное уравнение в частных производных $\frac{\partial y}{\partial x} = a \frac{\partial^2 y}{\partial x^2}$ используется в расчетах:

- процессов обезвоживания;
- процессов диффузии;
- процессов охлаждения;
- + все перечисленное.

2. Математический метод, применяемый для решения различных задач, основанный на минимизации суммы квадратов отклонений некоторых функций от экспериментальных данных:

- + метод наименьших квадратов;
- метод Фурье;
- метод Био;
- методов конечных разностей.

3. Алгоритм изучения процесса с помощью дифференциальных уравнений включает в себя:

- выделение независимых и зависимых переменных величин;
- выявление с помощью физических законов балансовых соотношений;
- составление основного дифференциального уравнения;
- выбор метода анализа модели;
- + все перечисленное.

4. Формула для обратной задачи для кинического уравнения:

- $\frac{dx}{d\tau} = k(a - x)^n, \quad x(0) = 0,$
- $\frac{dt}{d\tau} = \alpha(t - t_c),$

$$+ \lg \frac{dx}{d\tau} = n \lg(a - x) + \lg k.$$

4. Методы решения обратной задачи (укажите неверный ответ):

- метод логарифмирования;
- интегральный метод;
- метод полупроцесса;
- метод обобщенных кривых;
- + метод наименьших квадратов.

5. температурное поле можно выразить функцией:

$$+ t = f(x, y, z, \tau),$$

$$- \frac{dt}{d\tau} = \alpha(t - t_c),$$

$$- t = t(x, y, z, \tau).$$

6. Если температура в различных точках исследуемой среды изменяется во времени, температурное поле называют:

- + нестационарным;
- динамическим;
- стационарным;
- установившимся.

7. Знак минус в $q = -\lambda \text{ grad } t$, указывает:

- + на то что тепловой поток направлен противоположно температурному градиенту;
- на наличие градиента некоторой скалярной величины;
- на то, что тепловой поток направлен сторону увеличения температуры;
- на передаче тепла от менее нагретого тела к более нагретому.

8. Коэффициент теплопроводности среды характеризует:

- + физические свойства вещества;
- кинетические свойства среда;
- скорость передачи тепла;
- изменения за счёт кондуктивного переноса тепла.

9. Граничное условие, которое задаёт распределение температуры на поверхности тела в каждый момент времени:

- + первого рода;
- второго рода;
- третьего рода;
- четвертого рода.

10. Процесс переноса вещества из одной части пространственно распределенной системы в другую в результате беспорядочного движения молекул:

- + диффузия;
- теплопередача;
- конвекция;
- фильтрация.

Код и наименование компетенции

ОПК-6

Способен осваивать и применять современные физико-математические методы и методы искусственного интеллекта для решения профессиональных задач, составлять практические рекомендации по использованию полученных результатов.

1. Какой процесс соответствует общему закону природы, согласно которому *все неоднородные системы стремятся превратиться в однородные*:

- + диффузия;
- теплопередача;
- конвекция;
- фильтрация.

2. теории согласно которой количество вещества, диффундирующего в единицу времени через единицу поверхности, перпендикулярной его движению, прямо пропорционально градиенту концентрации:

- + Фика;
- Фурье;
- Био;
- Цоя.

3. Уравнение для второго закона Фика:

- $F = -D \text{grad } c$,

- $D = A \exp\left(-\frac{Q}{RT}\right)$,

+ $\frac{\partial c}{\partial \tau} = D \frac{\partial^2 c}{\partial x^2}$.

4. Выражение $\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$:

- + оператор Лапласа;
- стационарное температурное поле;
- первый закон Фика в частных производных;
- скалярная величина основного вектора процесса.

5. Линейные уравнения теплопроводности и диффузии относятся:

- + к *параболическим дифференциальным уравнениям второго порядка с частными производными*.
- к дифференциальным уравнениям первого порядка;
- к линейным логарифмическим уравнениям;
- к полиномам второй и третьей степени.

6. Методов решения уравнений диффузионного типа (укажите неверный ответ):

- метод разделения переменных;
- метод функций Грина;
- метод интегральных преобразований;
- + метод кинетического преобразования.

7. Метода, в которых уравнение с частными производными заменяется функционалом и затем решается задача минимизации этого функционала:

- + вариационные методы;
- методы функций Грина;
- методы интегральных преобразований;
- методы кинетического преобразования.

8. Метод в котором нелинейная краевая задача сводится к последовательности линейных задач с помощью алгебраических или интегральных подстановок:

- + метод линеаризации;
- метод разделения переменных;
- метод функций Грина;
- метод интегральных преобразований.

9. Метод в котором решение дифференциального уравнения ищется в виде разложения искомой функции по координатным функциям:

- + проекционные методы;
- вариационные методы;
- методы функций Грина;
- методы интегральных преобразований.

10. Методы в которых путём замены производных конечно-разностными отношениями дифференциальное уравнение с частными производными приводится к системе алгебраических уравнений:

- проекционные методы;
- вариационные методы;
- методы функций Грина;
- + численные методы;
- методы интегральных преобразований.