

Компонент ОПОП Теплоэнергетика и теплотехника, направленность (профиль)
Энергообеспечение в Арктической зоне РФ
наименование ОПОП

Б1.О.23
шифр дисциплины

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Дисциплины
(модуля)

«Тепломассообмен»

Разработчик (и):
Малышев В.С.
ФИО
Доцент
должность

К.Т.Н.
ученая степень,
звание

Утверждено на заседании кафедры
Строительства, энергетики и транспорта
наименование кафедры

протокол № 6 от 22.05.26

Заведующий кафедрой СЭиТ

Челтыбашев А.А.

подпись

Мурманск
2026

Пояснительная записка

Объем дисциплины 8 з.е.

1. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с индикаторами достижения компетенций, установленными образовательной программой

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ОПК-4. Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах.	ИД-1 _{ОПК-4} . Демонстрирует понимание основных законов механики жидкости и газа и применяет их для расчета элементов теплотехнических установок и систем
	ИД-2 _{ОПК-4} . Демонстрирует понимание основ термодинамики, основных законов термодинамики и применяет их для расчетов термодинамических процессов, циклов и их показателей
	ИД-3 _{ОПК-4} . Демонстрирует понимание основных законов тепломассообмена и применяет их для расчетов элементов теплотехнических установок и систем
ОПК-5. Способен учитывать свойства конструкционных материалов в теплотехнических расчетах с учетом динамических и тепловых нагрузок.	ИД-1 _{ОПК-5} . Демонстрирует знание областей применения, свойств, характеристик конструкционных и теплоизоляционных материалов, выбирает их в соответствии с требуемыми характеристиками
	ИД-2 _{ОПК-5} . Демонстрирует знание основных правил построения и оформления эскизов, чертежей и схем и выполняет их в соответствии с требованиями стандартов с использованием стандартных средств автоматизации проектирования.
	ИД-3 _{ОПК-5} . Демонстрирует знание основных законов механики конструкционных материалов, используемых в теплоэнергетике и теплотехнике
	ИД-4 _{ОПК-5} . Выполняет расчеты на прочность элементов теплотехнических установок и систем с учетом условий их работы.
ОПК-6. Способен проводить измерения электрических и неэлектрических величин на объектах теплоэнергетики и теплотехники	ИД-1 _{ОПК-6} . Выбирает средства измерения, проводит измерения электрических и неэлектрических величин, обрабатывает результаты измерений и оценивает их погрешность.

2. Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ. Основные понятия и определения.

Тема 2. ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ. Основные положения теплопроводности. Температурное поле, его характеристики. Градиент температуры, его знак и направленность. Уравнение теплопроводности (закон Фурье). Коэффициент теплопроводности, определение, размерность и физическая сущность, зависимость от внешних факторов. Теплопроводность через плоскую однослойную и многослойную стенку. Тепловой поток и термическое сопротивление. Теплопроводность через цилиндрическую однослойную и многослойную стенку.

Тема 3. КОНВЕКТИВНЫЙ ТЕПЛООБМЕН. Сущность конвективного теплообмена. Виды конвекции. Основные факторы, влияющие на теплоотдачу. Коэффициент теплоотдачи, определение, размерность. Уравнение теплоотдачи (Ньютона-Рихмана). Гидродинамический пограничный слой и его влияние на теплообмен.

Тема 4. ТЕОРИЯ ПОДОБИЯ. Условия однозначности для процессов теплообмена (геометрические, физические, граничные, временные). Четыре рода граничных условий. Критерии подобия. Критериальные уравнения для вынужденного и свободного движения теплоносителя. Гидродинамическое и тепловое подобие при свободном и вынужденном движении жидкости.

Тема 5. ТЕПЛООТДАЧА. Теплоотдача при движении жидкости вдоль пластины. Распределение скоростей и температур теплоносителя. Теплоотдача при свободном

движении жидкости относительно стенок. Теплоотдача при движении жидкости в трубах. Распределение скоростей и температур при ламинарном и турбулентном режимах. Теплоотдача при обтекании жидкостью одиночной трубы. Режимы движения и характер изменения коэффициента теплоотдачи. Теплоотдача при обтекании жидкостью пучка труб. Режимы движения и характер изменения коэффициента теплоотдачи.

Тема 6. ТЕПЛОПЕРЕДАЧА. Теплопередача через плоскую однослойную и многослойную стенку. Тепловой поток и термическое сопротивление. Теплопередача через цилиндрическую однослойную и многослойную стенку. Тепловой поток и термическое сопротивление, температуры на границе слоев. Критический диаметр изоляции. Условие эффективной работы изоляции и методика подбора ее теплоизоляционных свойств. Пути интенсификации передачи теплоты через стенку.

Тема 7. ТЕПЛООБМЕН ПРИ ИЗМЕНЕНИИ АГРЕГАТНОГО СОСТОЯНИЯ ВЕЩЕСТВА. Теплообмен при кипении жидкости. Теплообмен при конденсации жидкости.

Тема 8. ТЕПЛООБМЕН ИЗЛУЧЕНИЕМ. Сущность теплообмена излучением. Излучательная, отражательная и поглощательная способность тела. Лучистый теплообмен между поверхностями тел. Приведенный коэффициент излучения, размерность. Приведенная степень черноты тел. Основные законы теплового излучения (Планка, Вина, Стефана-Больцмана, Кирхгофа). Коэффициент излучения, определение, размерность. Интенсивность и тепловой поток излучения. Особенности излучения и поглощения энергии газами. Излучение многоатомных газов. Тепловой поток и коэффициент теплоотдачи при излучении. Лучистый теплообмен между экранированными телами. Тепловой поток и оценка эффективности использования экранов.

Тема 9. МАССООБМЕН. Основные понятия массообмена. Виды диффузии. Критерии подобия, используемые при расчете массообмена.

Тема 10. ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ. Назначение, типы, основы теплового и гидравлического расчета теплообменников. Определение поверхности нагрева теплообменника и конечных температур теплоносителей.

3. Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины (модуля)

- мультимедийные презентационные материалы по дисциплине (модулю) представлены в электронном курсе в ЭИОС МАУ;
- методические указания к выполнению лабораторных работ представлены в электронном курсе в ЭИОС МАУ;
- методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины (модуля) представлены на официальном сайте МАУ в разделе «Информация по образовательным программам, в том числе адаптированным».

4. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

Является отдельным компонентом образовательной программы, разработан в форме отдельного документа, представлен на официальном сайте МАУ в разделе «Информация по образовательным программам, в том числе адаптированным». ФОС включает в себя:

- перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины (модуля);
- задания текущего контроля;
- задания промежуточной аттестации;
- задания внутренней оценки качества образования.

5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы (печатные издания, электронные учебные издания и (или) ресурсы электронно-библиотечных систем)

Основная литература:

1. Арнольд, Л. В. Техническая термодинамика и теплопередача : учебник для вузов / Л. В. Арнольд, Г. А. Михайловский, В. М. Селиверстов. - 2-е изд., перераб. - Москва : Высш. шк., 1979. - 446 с. : ил. - 43-00. 31.3 - А 84 (количество экземпляров – 111).
2. Нащокин, В. В. Техническая термодинамика и теплопередача : учеб. пособие для вузов / В. В. Нащокин. - Изд. 4-е, стер. - [Москва] : Аз-book, 2008. - 468, [1] с. : ил. - Библиогр.: с. 463. - ISBN 978-5-904034-01-6 : 460-00. 31.3 - Н 37 (количество экземпляров – 93).
3. Малышев В. С. Пантеев С.П. Тепломассообменное оборудование предприятий. Москва; Вологда: Инфра-инженерия, 2024.-320с: ил.,табл.
4. Малышев В. С. Пантеев С.П. Тепломассообменное оборудование предприятий. Практический курс. Мурманск, Изд-во МГТУ, 2022, с. 210
5. Малышев В. С. Пантеев С.П. Тепломассообменное оборудование предприятий. Теоретический курс. Мурманск, Изд-во МГТУ, 2022, с. 210

Дополнительная литература:

1. Рабинович, О. М. Сборник задач по технической термодинамике : учеб. пособие для техникумов / О. М. Рабинович. - Изд. 5-е, перераб. - Москва : Альянс, 2015. - 344 с. + [1] отд. л. диагр. - ISBN 978-5-91842-085-1 : 640-00. 31.3 - Р 12 (количество экземпляров – 49).

6. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

- 1) Государственная система правовой информации - официальный интернет-портал правовой информации- URL: <http://pravo.gov.ru>
- 2) Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» - URL: <http://window.edu.ru>
- 3) Справочно-правовая система. Консультант Плюс - URL: <http://www.consultant.ru/>
- 4)

7. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства

1. Операционная система Microsoft Windows Vista
2. Офисный пакет Microsoft Office 2007
3. Офисный пакет Microsoft Office 2010

8. Обеспечение освоения дисциплины лиц с инвалидностью и ОВЗ

Обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечиваются печатными и (или) электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) представлено в приложении к ОПОП «Материально-технические условия реализации образовательной программы» и включает:

- учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой бакалавриата и магистратуры, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения;
- помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде МАУ;

10. Распределение трудоемкости по видам учебной деятельности

Таблица 1 - Распределение трудоемкости

Вид учебной деятельности	Распределение трудоемкости дисциплины (модуля) по формам обучения											
	Очная				Очно-заочная				Заочная			
	Семестр			Всего часов	Семестр			Всего часов	Семестр/Курс			Всего часов
		5	6							3/1	3/2	
Лекции		24	20	44						8	4	12
Практические занятия		24	20	44						2	8	10
Лабораторные работы		18	10	28						6	4	10
Самостоятельная работа		78	58	136						124	119	243
Подготовка к промежуточной аттестации			36	36						4	9	13
Всего часов по дисциплине		144	144	288						144	144	288
/ из них в форме практической подготовки		24	20	44						2	8	10

Формы промежуточной аттестации и текущего контроля

Экзамен			Э	Э							Э	Э
Зачет/зачет с оценкой		За		За						За		За
Курсовая работа (проект)												
Количество расчетно-графических работ			1	1								
Количество контрольных работ		1		1							1	1
Количество рефератов												
Количество эссе												

Перечень лабораторных работ по формам обучения

№ п/п	Темы лабораторных работ
1	2
	Очная форма
1	Определение коэффициента теплопроводности различных строительных материалов
2	Зависимость коэффициента теплопроводности строительного материала от

	температуры
3	Исследование коэффициента теплоотдачи от горизонтальной трубы
4	Исследование коэффициента теплоотдачи от вертикальной трубы
5	Определение зависимости степени черноты поверхности от температуры
6	Определение степени черноты и коэффициента излучения поверхности двух различных материалов
Заочная форма	
1	Определение коэффициента теплопроводности различных строительных материалов
2	Зависимость коэффициента теплопроводности строительного материала от температуры
3	Исследование коэффициента теплоотдачи от горизонтальной трубы
4	Исследование коэффициента теплоотдачи от вертикальной трубы
5	Определение степени черноты и коэффициента излучения поверхности двух различных материалов

Перечень практических занятий по формам обучения

№ п\п	Темы практических занятий
1	2
Очная форма	
1	Теплопроводность
2	Конвективный теплообмен
3	Критерии подобия при теплообмене
4	Теплоотдача при свободном и вынужденном движении жидкости
5	Теплопередача через плоскую и цилиндрическую стенку
6	Теплообмен при кипении и конденсации жидкости
7	Теплообмен излучением
8	Массообмен
9	Расчет теплообменных аппаратов
Заочная форма	
1	Теплопроводность
2	Конвективный теплообмен
3	Критерии подобия при теплообмене
4	Теплоотдача при свободном и вынужденном движении жидкости
5	Теплопередача через плоскую и цилиндрическую стенку
6	Теплообмен при кипении и конденсации жидкости
7	Теплообмен излучением
8	Массообмен
9	Расчет теплообменных аппаратов