Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Крылова Людмила Вячеславовна
Должность: Проректор по учебно-методической работе
Дата подписания: 15.11.2026 16:31:39
Уникальный программный ключ:
b066544bae1e449cd8bfce392f7224a676a271b2

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

«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭКОНОМИКИ И ТОРГОВЛИ ИМЕНИ МИХАИЛА ТУГАН-БАРАНОВСКОГО»

КАФЕДРА ХОЛОДИЛЬНОЙ И ТОРГОВОЙ ТЕХНИКИ ИМЕНИ ОСОКИНА В.В.

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методической работе
_____ Л.В. Крылова
(подпись)
« 28 » 02 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.31 ТЕПЛО- И МАССООБМЕН

(название учебной дисциплины)

Укрупненная группа направлений подготовки 13.00.00 Электро-и теплоэнергетика»
Программа высшего профессионального образования – программа бакалавриата
Направление подготовки 13.03.03 Энергетическое машиностроение
Профиль: Холодильные машины и установки
Институт пищевых производств
Курс, форма обучения:
очная форма обучения 3 курс
заочная форма обучения 3 курс

Рабочая программа адаптирована для лиц
с ограниченными возможностями
здоровья и инвалидов (при наличии таких лиц)

Донецк
2024

Рабочая программа учебной дисциплины «Тепло- и массообмен» для обучающихся по направлению подготовки 13.03.03 Энергетическое машиностроение,
Профилю: Холодильные машины и установки,
разработанная в соответствии с учебным планом, утвержденным Ученым советом ДОННУЭТ:
- в 2024 г. - для очной формы обучения;
- в 2024 г. - для заочной формы обучения.

Разработчик: Карнаух В.В., профессор кафедры ХТТ, доктор технических наук, доцент

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры холодильной и торговой техники имени Осокина В.В.

Протокол от "19" февраля 2024 года № 24
Заведующий кафедрой холодильной и торговой техники имени Осокина В.В.

_____ К.А.Ржесик
(подпись) (фамилия и инициалы)

СОГЛАСОВАНО:
Директор института пищевых производств
_____ Д.К.Кулешов
(подпись) (фамилия и инициалы)

ОДОБРЕНО
Учебно-методическим советом ДОННУЭТ
Протокол от «28» февраля 2024 года № 7
Председатель _____ Л.В. Крылова
(подпись) (инициалы, фамилия)

© Карнаух В.В., 2024 год
© ФГБОУ ВО «Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского», 2024год

1. ОПИСАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

<table>
<tr><td rowspan="2">Наименование показателя</td><td rowspan="2">Наименование укрупненной группы направлений подготовки, направление подготовки, профиль, программа высшего профессионального образования</td><td colspan="2">Характеристика учебной дисциплины</td></tr>
<tr><td>очная форма обучения</td><td>заочная/ очно-заочная форма обучения</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Количество зачетных единиц – 4</td><td>Укрупненная группа направлений подготовки
13.00.00 Электро-и теплоэнергетика
(код, название)</td><td colspan="2" rowspan="2">базовая
(базовая, вариативная)</td></tr>
<tr><td>Направление подготовки
13.03.03 Энергетическое машиностроение
(код, название)</td></tr>
<tr><td>Модулей – 1</td><td rowspan="5">Профиль
Холодильные машины и установки
(название)</td><td colspan="2">Год подготовки</td></tr>
<tr><td>Смысловых модулей – 4</td><td>3-й</td><td>3-й</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Общее количество

часов – 144</td><td colspan="2">Семестр</td></tr>
<tr><td>5-й</td><td>6-й</td></tr>
<tr><td colspan="2">Лекции</td></tr>
<tr><td rowspan="11">Количество часов в неделю для очной формы обучения: 3

аудиторных – 3;
самостоятельной работы обучающегося – 3,6</td><td rowspan="11">Программа высшего профессионального образования – программа бакалавриата</td><td>18 час.</td><td>10 час.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Практические, семинарские занятия</td></tr>
<tr><td>18 час.</td><td>8 час.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Лабораторные занятия</td></tr>
<tr><td>18 час.</td><td>10 час.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Самостоятельная работа</td></tr>
<tr><td>86,7 час.</td><td>104,1 час.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Индивидуальные задания*:</td></tr>
<tr><td>4 ТМК</td><td>4 ТМК</td></tr>
<tr><td colspan="2">Форма промежуточной аттестации:</td></tr>
<tr><td>экзамен</td><td>экзамен</td></tr>
</table>

1. Соотношение количества часов аудиторных занятий и самостоятельной работы составляет:

   для очной формы обучения - 54:86,7;
   для заочной формы обучения - 28:104,1.

2. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель учебной дисциплины: Формирование знаний по теории процессов тепломассообмена и их практическое применение в последующих специальных дисциплинах, на стадии курсового и дипломного проектирования и в профессиональной деятельности; формирование знаний необходимых для расчета и грамотной эксплуатации технологического (теплового и холодильного) оборудования пищевых производств; решение

вопросов оптимизации работы теплоэнергетических установок и защиты окружающей среды.

Задачи учебной дисциплины: обеспечение базовой теплотехнической подготовки, включающей освоение закономерностей основных процессов тепломассообмена (теплопроводности, конвекции, теплового излучения), также конвективной теплоотдачи, теплообмена при изменении агрегатного состояния вещества, массообмена; изучение сложного процесса теплопередачи и основ расчета теплообменных аппаратов; ознакомление с путями решения современных проблем тепломассообмена, проведения тепловых расчетов, решения практических задач, связанных с тепломассообменом в элементах энергетического оборудования.

3. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Учебная дисциплина Б1.О 31 «Тепло-массообмен»
(шифр, название учебной дисциплины в соответствии с учебным планом)
относится к базовой части ООП ВО.

Имеется логическая и содержательно-методическая взаимосвязь с дисциплинами «Высшая математика», «Физика», «Химия», «Техническая термодинамика».

Знания, полученные при изучении данной дисциплины, будут использовании в таких курсах как, «Кондиционирование воздуха», «Теплоиспользующие холодильные машины и тепловые насосы», «Системы холодоснабжения предприятий торговли», «Холодильные машины, установки и криогенная техника», «Монтаж, эксплуатация, диагностика и ремонт холодильных установок», «Холодильное технологическое оборудование», «Альтернативная энергетика», «Холодильная технология» и при выполнении тепловых расчетов в выпускной квалификационной работе (бакалаврской работе).

4. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

В результате освоения изучения учебной дисциплины у обучающегося должны быть сформированы **компетенции** и **индикаторы их достижения**:

Код и наименование компетенции	*Код и наименование индикатора достижения компетенции*
ОПК-5 Способен рассчитывать элементы энергетических машин и установок с учетом свойств конструкционных материалов, динамических и тепловых нагрузок	ОПК-5.1 Демонстрирует знание основных конструкционных материалов, применяемых в энергетическом машиностроении, и выполняет выбор материалов элементов энергетических машин и установок с учетом. ОПК-5.2 Выполняет графические изображения в соответствии с требованиями стандартов, в том числе с использованием средств автоматизации ОПК-5.3 Демонстрирует знание основных групп деталей и механизмов, используемых в энергетическом машиностроении, и проводит их расчеты ОПК-5.4 Демонстрирует знание основ механики деформируемого тела, теории прочности и усталостного разрушения и проводит расчеты

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

знать: основные законы теплопроводности, конвективного и лучистого теплообмена; способы расчета процессов тепломассообмена, в том числе при совместном участии нескольких видов теплообмена; способы моделирования тепломассообменных процессов; основы расчета теплобменных аппаратов.

уметь: анализировать характеристики систем теплотехнического оборудования; рассчитывать количество теплоты, передаваемой теплопроводностью, конвекцией и излучением в узлах теплотехнического оборудования;

рассчитывать потери теплоты и тепловые сопротивления в теплотехнических системах; выбирать тип, конструкцию теплообменного аппарата для заданного теплотехнического оборудования;

оценивать эффективность выбора схем и составных частей действующих теплообменных аппаратов;

рассчитывать температурные поля (поля концентраций веществ) в элементах конструкции тепловых и теплотехнологических установок с целью интенсификации процессов тепломассообмена.

владеть: основами анализа рабочих процессов в тепловых машинах, определения параметров их работы, тепловой эффективности с использованием вычислительной техники и программного обеспечения; терминологией в области тепломассобмена, основными источниками информации и справочными данными по тепломассобмену.

5. ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Смысловой модуль 1. Основы теплообмена. Теплопроводность.

Тема 1. Основные понятия тепло-и массообмена.

Тема 2. Теплопроводность плоской цилиндрической и шаровой стенок при стационарном тепловом режиме.

Тема 3. Теплопроводность при нестационарном тепловом режиме.

Смысловой модуль 2. Конвективный теплообмен и тепловое излучение.

Тема 4. Основы теории пограничного слоя.

Тема 5. Основы теории подобия физических явлений.

Тема 6. Частные случаи теплоотдачи.

Тема 7. Передача теплоты излучением.

Смысловой модуль 3. Теплопередача.

Тема 8. Уравнение теплового баланса и теплопередачи.

Тема 9. Определение среднелогарифмического температурного напора.

Тема 10. Классификация и расчет теплообменных аппаратов.

Смысловой модуль 4. Массообмен.

Тема 11. Основные закономерности массопереноса.

Тема 12. Числа подобия (безразмерные комплексы) тепломассопереноса.

6. СТРУКТУРА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Название смысловых модулей и тем	Количество часов											
	Очная форма обучения						Заочная форма обучения					
	всего	в том числе					всего	в том числе				
		л[1]	п[2]	лаб[3]	инд[4]	СРС[5]		л	п	лаб	инд	СРС
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Модуль 1.												
Смысловой модуль 1. Основы теплообмена. Теплопроводность												
Основные понятия тепло-и массообмена	**6**	1	-	-	-	5	9,5	0,5	-	-	-	9
Теплопроводность плоской, цилиндрической и	**13**	2	2	4	-	5	13	1	1	2	-	9

шаровой стенок при стационарном тепловом режиме												
Теплопроводность при нестационарном тепловом режиме.	**10**	1	2	2	-	5	10,5	0,5	1	-	-	9
Итого по смысловому модулю:	**29**	**4**	**4**	**6**	**-**	**15**	**33**	**2**	**2**	**2**	-	**27**
Смысловой модуль 2. Конвективный теплообмен и тепловое излучение												
Основы теории пограничного слоя.	**5,5**	0,5	-	-	-	5	9,5	0,5	-	-	-	9
Основы теории подобия физических явлений	**6,5**	0,5	-	-	-	6	9,5	0,5	-	-	-	9
Частные случаи теплоотдачи	**17**	3	4	4	-	6	13,5	1,5	1	2	-	9
Передача теплоты излучением	**11**	1	2	2	-	6	10,5	0,5	1	-	-	9
Итого по смысловому модулю:	**40**	**5**	**6**	**6**	**-**	**23**	**43**	**3**	**2**	**2**	**-**	**36**
Смысловой модуль 3. Теплопередача												
Уравнение теплового баланса и теплопередачи. Физический смысл коэффициента теплопередачи	**9**	1	2	-	-	6	11	1	1	-	-	9
Определение среднелогарифмического температурного напора	**12**	2	2	2	-	6	12	1	-	2	-	9
Классификация и расчет теплообменных аппаратов.	**12**	2	2	2	-	6	11	1	1	-	-	9
Итого по смысловому модулю:	**33**	**5**	**6**	**4**	**-**	**18**	**34**	**3**	**2**	**2**	-	**27**
Смысловой модуль 4. Массообмен												
Основные закономерности массопереноса	**6**	2	-	-	-	4	12	1	1	2	-	8
Числа подобия (безразмерные комплексы) тепломассопереноса	**10,4**	2	2	2	-	4,4	10,1	1	1	2	-	6,1
Итого по смысловому модулю:	**16,4**	**4**	**2**	**2**	**-**	**8,4**	**22,1**	**2**	**2**	**4**	-	**14,1**
Всего по смысловым модулям	**118,4**	**18**	**18**	**18**	**-**	**64,4**	**132,1**	**10**	**8**	**10**	**-**	**104,1**
Катт					**0,9**						**1,5**	

СРэк						**22,3**						
ИК												
КЭ					**2**						**2**	
Каттэк					**0,4**						**0,4**	
Контроль											**8**	
Всего часов	**144**	**18**	**18**	**18**	**2,4**	**86,7**	**144**	**10**	**8**	**10**	**11,9**	**104,1**

Примечания: 1. л – лекции;
2. п – практические (семинарские) занятия;
3. лаб – лабораторные занятия;
4. инд – индивидуальные занятия;
5. СРС – самостоятельная работа;

7. ТЕМЫ СЕМИНАРСКИХ И ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

№ п/п	Название темы	Количество часов	
		очная форма	заочная форма
1	Основные понятия тепло-и массообмена.	-	-
2	Теплопроводность плоской цилиндрической и шаровой стенок при стационарном тепловом режиме	2	1
3	Теплопроводность при нестационарном тепловом режиме.	2	1
4	Основы теории пограничного слоя.	-	-
5	Основы теории подобия физических явлений.	-	-
6	Частные случаи теплоотдачи	4	1
7	Передача теплоты излучением.	2	1
8	Уравнение теплового баланса и теплопередачи.	2	1
9	Определение среднелогарифмического температурного напора.	2	-
10	Классификация и расчет теплообменных аппаратов.	2	1
11	Основные закономерности массопереноса.	-	1
12	Числа подобия (безразмерные комплексы) тепломассопереноса.	2	1
Всего:		**18**	**8**

8. ТЕМЫ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

№ п/п	Название темы	Количество часов	
		очная форма	заочная/очно-заочная форма
1	Основные понятия тепло-и массообмена.	-	-
2	Теплопроводность плоской цилиндрической и шаровой стенок при стационарном тепловом режиме	4	2
3	Теплопроводность при нестационарном тепловом режиме.	2	-
4	Основы теории пограничного слоя.	-	-
5	Основы теории подобия физических явлений.	-	-
6	Частные случаи теплоотдачи	4	2
7	Передача теплоты излучением.	2	-
8	Уравнение теплового баланса и теплопередачи.	-	-
9	Определение среднелогарифмического температурного напора.	2	2
10	Классификация и расчет теплообменных аппаратов.	2	-
11	Основные закономерности массопереноса.	-	2
12	Числа подобия (безразмерные комплексы) тепломассопереноса.	2	2
Всего:		**18**	**10**

9. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

№ п/п	Название темы	Количество часов	
		очная форма	заочная/очно-заочная форма
1	Основные понятия тепло-и массообмена.	5	9
2	Теплопроводность плоской цилиндрической и шаровой стенок при стационарном тепловом режиме	5	9
3	Теплопроводность при нестационарном тепловом режиме.	5	9
4	Основы теории пограничного слоя.	5	9
5	Основы теории подобия физических явлений.	6	9
6	Частные случаи теплоотдачи	6	9
7	Передача теплоты излучением.	6	9
8	Уравнение теплового баланса и теплопередачи.	6	9
9	Определение среднелогарифмического температурного напора.	6	9

10	Классификация и расчет теплообменных аппаратов.	6	9
11	Основные закономерности массопереноса.	4	8
12	Числа подобия (безразмерные комплексы) тепломассопереноса.	4,4	6,1
Всего:		**64,4**	**104,1**

10. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ

В ходе реализации учебной дисциплины используются следующие дополнительные методы обучения, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в зависимости от их индивидуальных особенностей:

1) для слабовидящих:
   - лекции оформляются в виде электронного документа;
   - письменные задания оформляются увеличенным шрифтом или заменяются устным ответом;
2) для глухих и слабослышащих:
   - лекции оформляются в виде электронного документа;
   - письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме;
   - зачёт проводятся в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования с использованием Moodle.
3) для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
   - лекции оформляются в виде электронного документа;
   - письменные задания заменяются устным ответом;
   - зачёт проводятся в устной форме.

При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.

Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается с учётом их индивидуальных психофизических особенностей. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.

При проведении процедуры оценивания результатов обучения предусматривается использование технических средств, необходимых в связи с индивидуальными особенностями обучающихся. Эти средства могут быть предоставлены университетом, или могут использоваться собственные технические средства.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Обеспечивается доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

1) для слепых и слабовидящих:
   - в печатной форме увеличенным шрифтом;
   - в форме электронного документа;
   - в форме аудиофайла.
2) для глухих и слабослышащих:
   - в печатной форме;
   - в форме электронного документа.
3) для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
   - в печатной форме;
   - в форме электронного документа;
   - в форме аудиофайла.

11. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

Темы рефератов:

1. Что представляет собой теория подобия? Какие явления могут быть подобными? Применимость теорем подобия.
2. Какие особенности теплообмена у нагретой поверхности плиты в неограниченном пространстве?
3. Описать ход процесса теплообмена при вынужденном течении жидкости в трубах. От каких факторов зависит этот процесс?
4. Что называют кипением в большом объеме и в потоке?
5. Стадии кипения жидкости в трубах. Проанализировать их.
6. Критериальные уравнения для анализа теплоотдачи во время кипения жидкости в большом объеме.
7. Критериальные уравнение для анализа теплоотдачи при кипении воды в трубах.
8. Условия возникновения пленочного кипения. Факторы, влияющие на интенсивность теплоотдачи при пленочном кипении.
9. Проанализировать характер изменения теплового потока и коэффициента теплоотдачи от температурного напора при кипении воды в условиях свободной конвекции.
10. Области применения энергии излучения?
11. Классификация электромагнитных колебаний. Какие величины характеризуют электромагнитные колебания?
12. Теплообменные аппараты, их типы. Расчет теплообменных аппаратов.
13. Как установить конечные и найти средние арифметические температуры теплоносителей в теплообменных аппаратах?
14. Определение перепадов температур теплоносителей для разных схем их взаимодействия. Водяной эквивалент.
15. Процессы тепло- и массообмена в непрямых испарительных охладителях.
16. Процессы тепло- и массообмена в прямых испарительных охладителях.
17. Характеристика и область применения микроканальных теплообменников.
18. Тройная аналогия уравнений диффузии, энергии и движения.
19. Анализ расчета процесса охлаждения пищевых продуктов в воздушной среде.
20. Решение задач теплопроводности в системах с подвижной границей раздела между фазами. открытых термодинамических систем.
21. Расчет и подбор ТОА для пастеризации пищевых продуктов.
22. Примеры тепло- и массообменных процессов на пищевом производстве.

Контрольная работа (аудиторная):

Задача 1

Трубопровод диаметром $d \times \delta_1$ и длиной L с коэффициентом теплопроводности λ_1=45,4 Вт/(м·К), в котором течет теплоноситель с температурой t_1, покрыт двухслойной изоляцией: слой стекловаты (δ_2, λ_2=0,038Вт/(м·К)) и слой мипоры (δ_3, λ_3 =0,041 Вт/(м·К)). Учитывая то, что α_1 и α_2 – коэффициенты теплоотдачи, $t_{ср.}$ – температура окружающей среды, определить линейные коэффициенты термического сопротивления, линейную плотность теплового потока с изоляцией и без нее, температуру на границе соприкосновения слоев изоляции. Сравнить тепловые потоки до и после нанесения изоляции.

Данные, необходимые для решения задачи, выбрать из таблицы 1.

Таблица 1 – Исходные данные к задаче 1

Предпоследняя цифра шифра	Диаметр, мм	Толщина трубы, мм	Толщина стекловаты, мм	Толщина мипори, мм	Температура теплоносителя, °С	Последняяцифра шифра	Длина трубы, мм	Температура среды, °С	Коэффициент тепло-отдачи, Вт/(м² К)	Коэффициент тепло-отдачи, Вт/(м² К)
	d	δ_1	δ_2	δ_3	t_1		L	$t_{сер.}$	α_1	α_2
0	40	5	14	12	22	0	2,5	-3	5	50
1	57	5	14	10	20	1	3,0	0	7	120
2	38	3	16	15	23	2	2,0	-5	8	100
3	60	5	15	14	25	3	1,0	-5	16	250
4	76	5	15	13	18	4	0,8	-10	9	157
5	85	5	16	15	16	5	4,0	-8	7	260
6	40	4	14	8	15	6	5,0	-7	10	240
7	66	4	14	12	14	7	1,8	-15	17	355
8	72	5	16	14	18	8	3,2	0	8	80
9	45	3	17	10	20	9	1,5	2	15	270

Задача 2

Трубчатый воздухонагреватель предполагается выполнить из труб диаметром d, расположенных в коридорном порядке с поперечным и продольными шагами $S_1=S_2=2,5d$. Количество труб в одном ряду поперек потока выбрано m, количество рядов n (см. рис. к задаче).

Температуры воздуха, поступающего в подогреватель, $t_{возд1}$ и на выходе из подогревателя $t_{возд2}$. Температура внешней поверхности труб задана и равна t_c. Какой длины должны быть трубы, чтобы при скорости воздуха в узком сечении пучка ωм/с количество теплоты, которое передается воздуху, составляло Q кВт.

Данные, необходимые для решения задачи, выбрать из таблицы 2.

Таблица 2 – Исходные данные к задаче 2

Предпоследняя цифра шифра	Диаметр, мм	Количество труб	Количество рядов труб	Температура воздуха,		Последняя цифра шифра	Температура трубы, °С	Скорость воздуха, м/с	Количество теплоты, кВт
	d	m	n	$t_{возд.1}$	$t_{возд.2}$		t_c	ω	Q
0	35	5	4	17	60	0	130	6	200
1	40	6	4	20	80	1	150	10	125
2	50	8	6	15	60	2	120	8	100
3	60	5	5	25	85	3	130	6	200
4	45	7	5	23	75	4	140	9	150

5	55	8	6	18	70	5	155	7	160
6	65	6	4	20	85	6	135	10	140
7	35	5	4	17	60	7	110	7	155
8	40	9	6	30	90	8	115	8	180
9	50	7	7	25	70	9	125	5	170

Задача 3

В конденсаторе на горизонтальных трубах с внешним диаметром $d_{тр}$ конденсируется влага. Водяной пар со степенью сухости x, давлением $p_н$. Найти средний коэффициент теплоотдачи и количество пара, которое сконденсируется за один час 1 п.м. трубы, температура поверхности которой $t_{ст}$. Сравнить полученные результаты, при вертикальном расположении трубы. В обоих случаях режим течения пленки ламинарный.

Данные, необходимые для решения задачи, выбрать из таблицы 3.

Таблица 3 – Исходные данные к задаче 3

Предпоследняя цифра шифра	Внешний диаметр трубы,мм $d_{тр}$	Степень сухости x	Последняя цифра шифра	Давление пара, МПа $p_н$	Температура стенки, °С $t_{ст}$
0	4	310	0	15	550
1	8	350	1	17	580
2	6	330	2	14	570
3	10	420	3	18	550
4	9	360	4	20	610
5	13	310	5	18,5	630
6	12	440	6	16	550
7	3	340	7	17,5	640
8	11	320	8	15,5	530
9	5	430	9	17	600

Задача 4

Теплообменник типа «труба в трубе» изготовлен из внутренней стальной трубы длиной L, диаметром d_2/d_1 и внешней трубы диаметром D_3. Греющий теплоноситель с температурой t'_1 в количестве G_1 подается во внутреннюю трубу, а нагреваемый теплоноситель, с температурой t'_2 в количестве G_2 поступает в наружную трубу, где нагревается на 40°С. Определить исходные температуры обоих теплоносителей и количество передаваемой теплоты по прямоточной и противоточной схеме движения. При расчете коэффициентов теплоотдачи со стороны греющей среды и нагреваемой жидкости, за определяющие принять входные температуры теплоносителей.

Данные, необходимые для решения задачи, выбрать из таблицы 4.

Таблица 4 – Исходные данные к задаче 4

Предпоследняя цифра	Греющий теплоноситель	G_1, кг/с	t'_1, °С	L, м	Последняя цифра	Среда, которая нагревается	G_2, кг/с	t'_2, °С	d_1, мм	d_2, мм	D_3, мм
0	Вода	1,5	95	6,0	0	Вода	1,25	15	50	56	76
1	Вода	1,6	90	2,0	1	Воздух	1,55	30	80	86	100
2	Водяной пар	3,0	200	1,5	2	Воздух	1,5	35	60	64	85
3	Вода	1,55	135	1,0	3	Вода	0,75	20	50	64	80
4	Водяной пар	2,65	300	2,5	4	Воздух	0,8	30	95	100	130

5	Вода	2,75	98	3,0	5	Вода	0,9	25	70	82	120
6	Дымовые газы	1,6	200	4,0	6	Воздух	1,2	35	45	51	70
7	Водяной пар	2,0	250	3,5	7	Вода	1,3	20	75	85	110
8	Дымовые газы	2,25	300	2,25	8	Воздух	0,45	33	63	73	91
9	Вода	3,25	160	3,8	9	Воздух	1,3	10	75	87	95

12. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Система оценивания по учебной дисциплине по очной форме обучения*

Форма контроля	**Макс. количество баллов**	
	За одну работу	**Всего**
Текущий контроль:		
- дискуссия, устный опрос, собеседование (по каждой теме дисциплины)	1	5
- реферат (по темам, изучаемым в дисциплине)	5	5
- тестирование (по каждому модулю)		
- разноуровневые задачи и задания (по каждой теме дисциплины)	2	10
- текущий модульный контроль	5	20
Промежуточная аттестация	экзамен	60
Итого за семестр	100	

* в соответствии с утвержденными оценочными материалами по учебной дисциплине

Перечень вопросов к экзамену:

Смысловой модуль 1. Основы теплообмена. Теплопроводность

1. Основные понятия и определения теории теплообмена. Простые виды теплообмена.
2. Что такое температурное поле и градиент температуры, единицы измерения?
3. Исследование теплопроводности. Закон Фурье.
4. Физический смысл коэффициента теплопроводности.
5. Что такое термическое сопротивление при теплопроводности?
6. Теплопроводность плоской однослойной стенки при стационарном режиме.
7. Теплопроводность плоской многослойной стенки при стационарном режиме.
8. Теплопроводность цилиндрической однослойной стенки при нестационарном режиме.
9. Теплопроводность цилиндрической многослойной стенки при нестационарном режиме.
10. Каковы границы изменения теплопроводности для металлов, изоляционных материалов, строительных материалов, жидкостей и газов?
11. Границы значения коэффициента теплопроводности изоляционных материалов? Примеры.
12. От каких факторов зависит значение коэффициента теплопроводности?
13. Чем отличаются условия однозначности для стационарного и нестационарного режимов?

Смысловой модуль 2. Конвективный теплообмен и тепловое излучение

14. Определение «конвективный теплообмен».

15. Закон Ньютона- Рихмана.
16. Что такое динамический пограничный слой и тепловой пограничный слой?
17. Физический смысл коэффициента теплоотдачи. От каких факторов зависит значение коэффициента теплоотдачи?
18. Почему используют теорию подобия? Формулировки теорем подобия.
19. Что называют тепловым моделированием?
20. Что называют условиями однозначности и какие факторы к ним относятся?
21. Какие критерии и явления могут быть подобными?
22. Что называют критериями подобия? их формулы и обозначение.
23. Сформулировать три теоремы подобия.
24. Какие критерии называют определяющими? Привести пример такого критерия.
25. Что такое метод приближенного моделирования и в чем его сущность?
26. Какие критерии относят к критериям теплового подобия? Их обозначение и смысл.
27. Что называют критериальным уравнением? Привести критериальное уравнение в общем виде.
28. Привести упрощенные критериальные уравнения для вынужденного и свободного движений среды.
29. Каким соотношением учитывают направление теплового потока?
30. Что влияет на возникновение свободной конвекции среды в процессе теплообмена?
31. Какие особенности теплообмена у нагретой поверхности плиты в неограниченном пространстве?
32. Описать ход процесса теплообмена при вынужденной течения жидкости в трубах. От каких факторов зависит этот процесс?
33. Что называют кипением в большом объеме и в потоке?
34. Какие существуют режимы кипения и их особенности? Что называют кризисом кипения?
35. Что называют критическими параметрами состояния при кипении?
36. Описать процесс пузырькового кипения в большом объеме. Режимы кипения.
37. Какие условия нужны для возникновения и существования пузырькового пара?
38. Что такое минимальный критический диаметр парового пузырька? От чего он зависит и как его определяют?
39. От чего зависит максимальный диаметр парового пузырька при кипении воды в большом объеме и как его определить?
40. От каких факторов зависит интенсивность теплоотдачи при кипении воды в большом объеме и как они влияют на процесс?
41. Стадии кипения жидкости в трубах. Проанализировать их.
42. Критериальные уравнение для расчета теплоотдачи в кипящей жидкости в большом объеме. Проанализировать их.
43. Критериальные уравнение для определения теплоотдачи при кипении воды в трубах. Проанализировать их.
44. Условия возникновения пленочного кипения.
45. Проанализировать характер изменения теплового потока и коэффициента теплоотдачи от температурного напора при кипении воды в условиях свободной конвекции.
46. Факторы, влияющие на интенсивность теплоотдачи при пленочном кипении.
47. Привести формулы для определения коэффициента теплоотдачи для различных случаев пленочного кипения.
48. Какова природа энергии излучения?
49. Какие величины характеризуют электромагнитные колебания?
50. Классификация электромагнитных колебаний.
51. Какие лучи имеют свойство передавать энергию в форме теплоты?
52. На какие составляющие разделяется падающая лучистая энергия?

53. Что называют поглощающей, отражающей и пропускаемой способностью тела?
54. Что называют абсолютно черным телом, абсолютно белым, зеркальным и абсолютно прозрачным?
55. Какие спектры излучения твердых и газообразных тел?
56. Что называют излучательной способностью тела?
57. Что называют спектральной плотностью излучения?
58. Что называют серыми телами?
59. Поток эффективного излучения и его плотность. Результирующий поток излучения.
60. Закон Планка и его графическое изображение.
61. Закон Вина и закон Стефана - Больцмана.
62. Что называют степенью черноты тела? Сводная степень черноты системы.
63. Закон Ламберта.
64. Закон Кирхгофа и его анализ.
65. Тепловой поток излучения между двумя серыми поверхностями.
66. С какой целью используют экраны? Эффект от применения экранов.
67. Чем обусловлено излучения газов?

Смысловой модуль 3. Теплопередача

68. Уравнение теплопередачи, температурный напор и его изменение вдоль поверхности теплообменника.
69. Классификация теплообменных аппаратов.
70. Особенности конструкции пластинчатых ТОА: преимущества и недостатки.
71. Особенности конструкции спиральных ТОА: преимущества и недостатки.
72. Особенности конструкции трубчатых ТОА: преимущества и недостатки.
73. Конструктивные схемы теплообменников, основные схемы движения теплоносителей.
74. Уравнения для теплового расчета теплообменников. Уравнение теплового баланса.
75. Расходная теплоемкость теплоносителей и ее связь с изменением температуры теплоносителя в аппарате.
76. Средний температурный напор.
77. Как установить конечные и найти средние арифметические температуры теплоносителей в теплообменных аппаратах?
78. Определение перепадов температур теплоносителей для разных схем их взаимодействия. Водяной эквивалент
79. Типы теплового расчета теплообменных аппаратов: конструктивный и поверочный.
80. Особенности поверочного расчета теплообменника.
81. Оценка среднего температурного напора и ее использование.
82. Гидродинамический расчет теплообменника.
83. Определение гидравлических сопротивлений и полного падения давления теплоносителей в аппарате

Смысловой модуль 4. Массообмен

84. Общая характеристика и классификация массообменных процессов
85. Диффузия в бинарных смесях.
86. Плотность диффузионного потока массы. Закон Фика.
87. Что такое коэффициент диффузии?
88. Определение «массоотдача», «коэффициент массоотдачи».
89. Что такое «стефанов поток около полупроницаемой поверхности»?
90. Система дифференциальных уравнений тепло и массоотдачи. Тройная аналогия.
91. Тепло- и массоотдача при конденсации пара из парогазовой смеси. Расчетные уравнения.
92. Уравнение Меркеля.

13. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БАЛЛОВ, КОТОРЫЕ ПОЛУЧАЮТ ОБУЧАЮЩИЕСЯ (для экзамена)

Максимальное количество баллов за текущий контроль и самостоятельную работу												Максимальная сумма баллов		
Смысловой модуль №1			Смысловой модуль №2				Смысловой модуль № 3			Смысловой модуль № 4		Текущий контроль	Экзамен	Все виды учебной деятельности
Т1	Т2	Т3	Т4	Т5	Т6	Т7	Т8	Т9	Т10	Т11	Т12			
4	4	4	3	3	3	3	2	3	3	2	2			
12			**12**				**8**			**8**		**40**	**60**	**100**

Соответствие государственной шкалы оценивания академической успеваемости

Сумма баллов за все виды учебной деятельности	По государственной шкале	Определение
90 - 100	«Отлично» (5)	отличное выполнение с незначительным количеством неточностей
80 - 89	«Хорошо» (4)	в целом правильно выполненная работа с незначительным количеством ошибок (до 10%)
75 - 79		в целом правильно выполненная работа с незначительным количеством ошибок (до 15%)
70 - 74	«Удовлетворительно» (3)	неплохо, но со значительным количеством недостатков
60 - 69		выполнение удовлетворяет минимальные критерии
35 - 59	«Неудовлетворительно» (2)	с возможностью повторной аттестации
0 - 34		с обязательным повторным изучением дисциплины

14. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная литература*:*

1. Теплообмен: теория и практика [Текст]: рекомендовано М-вом образования и науки Донец. Народ. Респ. как учеб. для высш. образоват. учреждений / [коллектив авт.: Карнаух В. В., Бирюков А.Б., Гинкул С.И., Ржесик К.А., Гнитиев П.А.]; М-во образования и науки Донец. Народ. Респ., Гос. орг. высш. проф. образования «Донец. нац. ун-т экономики и торговли им. М. Туган-Барановского», Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования «Донец. нац. техн. ун-т». – Донецк: ГО ВПО «ДонНУЭТ», 2018. – 311с.

2. Теплотехника [Электронный ресурс] : учебник для вузов / А. А. Александров [и др.]; ред. А. М. Архарова, В. Н. Афанасьева. - 5-е изд. - М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017. - Локал. компьютер сеть НБ ДонНУЭТ.Теория тепломассообмена : учебник для вузов / С. И.

Исаев, И. А. Кожинов, В. И. Кофанов [и др.] ; под редакцией А. И. Леонтьева. — 3-е изд. — Москва : Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2018. — 464 с. — ISBN 978-5-7038-4527-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: http://www.iprbookshop.ru/93924.html

3. Теория тепломассообмена : учебник для вузов / С. И. Исаев, И. А. Кожинов, В. И. Кофанов [и др.] ; под редакцией А. И. Леонтьева. — 3-е изд. — Москва : Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2018. — 464 с. — ISBN 978-5-7038-4527-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: http://www.iprbookshop.ru/93924.html

Дополнительная литература:

1. Стоянов Н.И. Теоретические основы теплотехники (техническая термодинамика и тепломассообмен) [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н.И. Стоянов, С.С. Смирнов, А.В. Смирнова. — Электрон. текстовые данные. — Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2014. — 226 с. — 2227-8397. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/63139.html (раздел «Тепломассообмен»).
2. Дульнев Г. Н.Теория тепло- и массообмена. – СПб: НИУ ИТМО, 2012. – 195 с. [Доступ: http://books.ifmo.ru/file/pdf/885.pdf].

Электронные ресурсы:

1. Теплотехника. Тепломассообмен [Электронный ресурс]: метод. указ. для самост. изуч. дисц. для студ. напр. подг. 13.03.03 Энергетическое машиностроение (Профиль: Холодильные машины и установки, 15.03.02 Технологические машины и оборудование (Профиль: Оборудование перерабатывающих и пищевых производств); 19.03.04 «Технология продукции и организация общественного питания»; 19.03.03 Продукты питания животного происхождения; 19.03.02 Продукты питания из растительного сырья образовательного уровня – бакалавриат, очной и заочной форм обучения/ В.В.Карнаух, Б.Ю.Байда – Донецк: ДОННУЭТ, 2022. – 90с.
2. Карнаух, В. В. Тепломассообмен [Электронный ресурс]: метод. рекомендации к выполнению лабораторных работ для студентов укрупненной группы 13.00.00 Электро- и теплоэнергетика направления подготовки 13.03.03 Энергетическое машиностроение (профиль: Холодильные машины и установки), образовательного уровня – бакалавриат, очной и заочной форм обучения / В. В. Карнаух, Ю. В. Пьянкова, А. С. Коновал; ; М-во образования и науки ДНР, ГО ВПО "Донец. нац. ун-т экономики и торговли им. Михаила Туган-Барановского", Каф. холод. и торг. техники. ─ Донецк : [ДонНУЭТ], 2020. – 48 с.
3. Карнаух, В. В. Теплотехника [Электронный ресурс] : метод. указания для выполнения лабораторных работ для студентов направлений подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборуд., профиль Оборуд. перераб. и пищ. пр-в, 13.03.03 Энергетическое машиностроение : профиль Холодильные машины и установки, 19.03.04 Технология продукции и организации общественного питания, образоват. уровня – бакалавриат, оч. и заоч. форм обучения / В. В. Карнаух, Ю. В. Пьянкова; М-во образования и науки ДНР, ГО ВПО "Донец. нац. ун-т экономики и торговли им. Михаила Туган-Барановского", Каф. холод. и торг. техники. - Донецк : ДонНУЭТ, 2018. - Локал. компьютер сеть НБ ДонНУЭТ.
4. Современные теплообменные аппараты в низкотемпературной техники и перерабатывающих производствах [Электронный ресурс] : ст. / А. А. Малышев, В. О. Мамченко, В. М. Мизин, К. В. Киссер. - [Донецк : ДонНУЭТ, 2015]. - Локал. компьютер. сеть НБ ДонНУЭТ.

15. ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ

1. IPRbooks: Электронно-библиотечная система [Электронный ресурс] : [«АЙ Пи Эр Медиа»] / [ООО «Ай Пи Эр Медиа»]. – Электрон. текстовые, табл. и граф. дан. – Саратов, [2018]. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru. – Загл. с экрана.
2. Elibrary.ru [Электронный ресурс] : науч. электрон. б-ка / ООО Науч. электрон. б-ка. – Электрон. текстовые. и табл. дан. – [Москва] : ООО Науч. электрон. б-ка., 2000- .– Режим доступа : https://elibrary.ru. – Загл. с экрана.
3. Научная электронная библиотека «КиберЛенинка» [Электронный ресурс] / [ООО «Итеос» ; Е. Кисляк, Д. Семячкин, М. Сергеев]. – Электрон. текстовые дан. – [Москва : ООО «Итеос», 2012-]. – Режим доступа : http://cyberleninka.ru. – Загл. с экрана.
4. Национальная Электронная Библиотека.
5. Book on lime : Электронно-библиотечная система [Электронный ресурс] : ООО «Книжный дом университета». – Электрон. текстовые дан. – Москва, 2017. – Режим доступа : https://bookonlime.ru.– Загл. с экрана.
6. Университетская библиотека ONLINE : Электронно-библиотечная система [Электронный ресурс] : ООО «Директ-Медиа». – Электрон. текстовые дан. – [Москва], 2001. – Режим доступа : https://biblioclub.ru**.** – Загл. с экрана.
7. Электронный каталог Научной библиотеки Донецкого национального университета экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского [Электронный ресурс] / НБ ДонНУЭТ. – Электрон. дан. – [Донецк, 2024-]. – Режим доступа: – http://library.donnuet.ru/ Загл. с экрана.

16. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Лабораторные стенды: «Определение коэффициента теплопроводности методом трубы», «Исследование процесса теплоотдачи при свободном движении воздуха», «Исследования процесса излучения».

1. Учебная аудитория для проведения лекций.
2. Учебная аудитория для проведения лабораторных занятий
3. Читальный зал библиотеки № 7304 для проведения СРС

КАДРОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Фамилия, имя, отчества	Условия привлечения (по основному месту работы, на условиях внутреннего/ внешнего совместительства; на условиях договора гражданско-правового характера (далее – договор ГПХ)	Должность, ученая степень, ученое звание	Уровень образования, наименование специальности, направления подготовки, наименование присвоенной квалификации	Сведения о дополнительном профессиональном образовании*
Карнаух Виктория Викторовна	По основному месту работы	Должность-профессор кафедры холодильной и торговой техники имени В.В. Осокина, доктор технических наук, ученое звание – доцент	Высшее, оборудование перерабатывающих и пищевых производств, инженер-механик, диплом доктора технических наук ДОК №005148	1. Сертификат о прохождении очного повышения квалификации по программе «Энергомашиностроение» (объем 36 час.) в институте двигателей и энергетических установок ФГАОУВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П.Королева», г. Самара) с 18 по 29 апреля 2022г. 2. Свидетельство о повышении квалификации № 771802829972 от 27.05.2022г. «Работа в электронной информационно-образовательной среде» ФГБОУВО «Российский эк ономический университет имени Г.В.Плеханова», г. Москва; 3. Свидетельство о повышении квалификации № 771802829900 от 27.05.2022г. «Цифровая трансформация управления» ФГБОУВО «Российский экономический университет имени Г.В.Плеханова», г. Москва.

				4. Удостоверение о повышении квалификации № 612400031805 от 09.06.2023г. «Организационно-методические аспекты разработки и реализации программ высшего образования по направлениям подготовки физико-технические науки и технологии» ФГБОУВО «Донской государственный технический университет», г. Ростов-на-Дону.