

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

*Кафедра Технологического и
холодильного оборудования*

**Методические указания
к самостоятельному изучению дисциплины
«Тепло- и массообмен»
для обучающихся по направлению подготовки
15.03.02 «Технологические машины и оборудование»
профиля (специализации):
«Пищевая инженерия малых предприятий»
для очной и заочной формы обучения**

Мурманск

2020

Методические указания для самостоятельного изучения дисциплины «**Тепло- и массообмен**» рассмотрены и одобрены на заседании кафедры-разработчика ***Технологического и холодильного оборудования***

«23» июня 2020г., протокол № 8

Составитель – Никонова Антонина Сергеевна, к.т.н., доцент кафедры технологического и холодильного оборудования.

Рецензент – Похольченко Вячеслав Александрович, к.т.н., доцент, заведующий кафедрой технологического и холодильного оборудования.

ОБЩИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Методические указания для самостоятельного изучения дисциплины «Тепло- и массообмен» составлены на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование», утвержденного приказом Минобрнауки РФ от 20.10.2015 г., № 1170 и предназначены для обучающихся по направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование», профиль «Пищевая инженерия малых предприятий».

Цель дисциплины - использование законов и методов теплообмена для понимания и осуществления технологических процессов производства и оценки эффективности работы теплообменных аппаратов.

Задачи дисциплины:

изучение законов теплообмена; умение применять теоретические знания при решении профессиональных задач; умение оценивать эффективность работы тепловых и холодильных установок; умение различать способы и виды теплообмена; умение проводить тепловой расчет теплообменных аппаратов.

В результате изучения дисциплины бакалавр должен:

Знать:

– теорию теплообмена (теплопроводность, конвективный теплообмен, теплопередача, теплообмен излучением); основы теплоснабжения предприятий отрасли; тепловые диаграммы.

Уметь:

– проводить расчеты теплообменных процессов;

Владеть:

– навыками расчета процессов теплопроводности, теплопередачи.

Содержание разделов дисциплины:

Основные понятия и определения теплообмена. Виды переноса теплоты. Сложный теплообмен. Температурное поле. Градиент температуры. Основной закон теплопроводности. Теплопроводность и теплопередача в однослойной и многослойной плоской, цилиндрической, шаровой стенках. Тепловая изоляция. Выбор теплоизоляционного материала. Теплопередача

через оребренную стенку. Теплопроводность при нестационарном тепловом режиме. Расчет и подбор изоляции. Расчет и подбор основного теплового оборудования. Конвективный теплообмен. Виды движения теплоносителя. Пограничный слой: тепловой и гидродинамический. Подобие физических процессов. Числа подобия. Критериальные уравнения. Теплообмен при вынужденном движении теплоносителя в трубах. Теплообмен при свободном движении теплоносителя. Теплообмен при изменении агрегатного состояния вещества. Теплоотдача при поперечном отекании труб. Теплообмен излучением. Законы теплового излучения. Основы массообмена. Тепло- и массообменные аппараты.

Реализуемые компетенции: ОК-7; ПК-2; ПК-3.

Формы отчетности:

Очная форма обучения: Семестр 4 – экзамен.

Заочная форма обучения: Курс 3 – экзамен.

Требования к уровню подготовки обучающегося в рамках данной дисциплины

Процесс изучения дисциплины «Тепло- и массообмен» направлен на формирование компетенций в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование», представленных в таблице 1.

Таблица 1 – Компетенции, формируемые дисциплиной «Тепло- и массообмен»

| № п/п | Код и содержание компетенции | Степень реализации компетенции | Этапы формирования компетенции (Индикаторы сформированности компетенций) |
|-------|--|---|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1. | ПК-2 - Умение моделировать технические объекты и технологические процессы с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования, готовностью проводить | Компетенция реализуется в части «умение моделировать технические объекты и технологические процессы... с готовностью проводить эксперименты по заданным методикам | Знать: теорию теплообмена (теплопроводность, конвективный теплообмен, теплопередача, теплообмен излучением); Уметь: проводить расчеты теплообменных процессов; Владеть: навыками расчета процессов теплопроводности, теплопередачи. |

| | | | |
|----|--|--|---|
| | эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов | с обработкой и анализом результатов» | |
| 2. | ПК-3 - Способность принимать участие в работах по составлению научных отчетов по выполненному заданию и внедрять результаты исследований и разработок в области технологических машинах и оборудования | Компетенция реализуется в части «способность ... внедрять результаты исследований и разработок в области технологических машинах и оборудования» | Знать: теорию теплообмена (теплопроводность, конвективные теплообмен, теплопередача, теплообмен излучением); основы теплоснабжения предприятий отрасли; тепловые диаграммы. Уметь: проводить расчеты теплообменных процессов; Владеть: навыками расчета процессов теплопроводности, теплопередачи. |
| 3. | ОК-7 - способностью к самоорганизации и самообразованию | Компетенция реализуется в части «способность к ... самообразованию» | Знать: теорию теплообмена (теплопроводность, конвективные теплообмен, теплопередача, теплообмен излучением); основы теплоснабжения предприятий отрасли; тепловые диаграммы. Уметь: проводить расчеты теплообменных процессов; Владеть: навыками расчета процессов теплопроводности, теплопередачи. |

4. Планируемые результаты обучения по дисциплине «Тепло- и массообмен»

Результаты формирования компетенций и планируемые результаты обучения представлены в таблице 2.

Таблица 2

| № п/п | Код и содержание компетенции | Степень реализации компетенции | Этапы формирования компетенции (Индикаторы сформированности компетенций) |
|-------|--|--|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1. | ПК-2 - Умение моделировать технические объекты и технологические процессы с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования, готовностью проводить эксперименты по | Компетенция реализуется в части «умение моделировать технические объекты и технологические процессы... с готовностью проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и | Знать: теорию теплообмена (теплопроводность, конвективные теплообмен, теплопередача, теплообмен излучением); Уметь: проводить расчеты теплообменных процессов; Владеть: навыками расчета процессов теплопроводности, теплопередачи. |

| | | | |
|----|--|--|---|
| | заданным методикам с обработкой и анализом результатов | анализом результатов» | |
| 2. | ПК-3 - Способность принимать участие в работах по составлению научных отчетов по выполненному заданию и внедрять результаты исследований и разработок в области технологических машинах и оборудования | Компетенция реализуется в части «способность ... внедрять результаты исследований и разработок в области технологических машинах и оборудования» | Знать: теорию теплообмена (теплопроводность, конвективный теплообмен, теплопередача, теплообмен излучением); основы теплоснабжения предприятий отрасли; тепловые диаграммы. Уметь: проводить расчеты теплообменных процессов; Владеть: навыками расчета процессов теплопроводности, теплопередачи. |
| 3. | ОК-7 - способностью к самоорганизации и самообразованию | Компетенция реализуется в части «способность к ... самообразованию» | Знать: теорию теплообмена (теплопроводность, конвективный теплообмен, теплопередача, теплообмен излучением); основы теплоснабжения предприятий отрасли; тепловые диаграммы. Уметь: проводить расчеты теплообменных процессов; Владеть: навыками расчета процессов теплопроводности, теплопередачи. |

Целью настоящих методических указаний являются рекомендации, которыми обучающийся может воспользоваться при подготовке к сдаче форм контроля по дисциплине «Тепло- и массообмен», при подготовке к зачету и для самостоятельного углубления знаний по данной дисциплине.

Введение

Дисциплина «Тепло- и массообмен» состоит из шести тем. Обучающийся должен изучить теоретические сведения по темам модуля, выполнить практические, лабораторные работы и две расчетно-графических работы, для усвоения теории и завершить изучение дисциплины сдачей экзамена.

Для изучения дисциплины в составе методической литературы обучающимся предлагается изучить литературные источники из списка. Начать изучение дисциплины следует с методических указаний для самостоятельного изучения дисциплины.

Содержание разделов дисциплины (модуля), виды работы представлены в таблице 3.

Таблица 3

| Содержание разделов (модулей), тем дисциплины | Количество часов, выделяемых на виды учебной работы по формам обучения | | | | | | | |
|--|---|----|----|----|---------|----|----|----|
| | Очная | | | | Заочная | | | |
| | Л | ЛР | ПР | СР | Л | ЛР | ПР | СР |
| <p><i>Тема 1</i></p> <p>Основные понятия и определения. Виды переноса теплоты: теплопроводность, конвекция, излучение. Сложный теплообмен.</p> <p>Температурное поле. Градиент температуры. Основной закон теплопроводности. Коэффициент теплопроводности. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Начальные и граничные условия</p> | 2 | 0 | 0 | 10 | 0,3 | 0 | 0 | 21 |
| <p><i>Тема 2</i></p> <p>Теплопроводность и теплопередача. Теплопроводность однослойной и многослойной плоской, цилиндрической, шаровой стенках. Теплопередача в однослойной и многослойной плоской, цилиндрической, шаровой стенках. Тепловая изоляция. Выбор теплоизоляционного материала. Теплопередача через ребренную стенку. Теплопроводность при нестационарном тепловом режиме. Расчет и подбор изоляции. Расчет и подбор основного теплового оборудования.</p> | 4 | 4 | 12 | 10 | 0,4 | 2 | 1 | 22 |
| <p><i>Тема 3</i></p> <p>Конвективный теплообмен.</p> <p>Виды движения теплоносителя. Пограничный слой: тепловой и гидродинамический. Подобие физических процессов. Числа подобия. Критериальные уравнения. Теплообмен при вынужденном движении теплоносителя в трубах. Теплообмен при свободном движении теплоносителя. Теплообмен при изменении агрегатного состояния вещества. Теплоотдача при поперечном отекании труб</p> | 4 | 6 | 5 | 10 | 0,4 | 0 | 1 | 22 |
| <p><i>Тема 4</i></p> <p>Теплообмен излучением.</p> <p>Основные понятия и определения. Законы теплового излучения. Теплообмен излучением между твердыми телами. Тепловые экраны. Особенности излучения газообразных тел.</p> | 3 | 2 | 0 | 10 | 0,3 | 0 | 0 | 22 |
| <p><i>Тема 5</i></p> <p>Теплообменные аппараты, их виды и расчет</p> | 2 | 3 | 0 | 10 | 0,3 | 0 | 0 | 21 |
| <p><i>Тема 6</i></p> <p>Основные закономерности массопереноса.</p> | 2 | 2 | 0 | 7 | 0,3 | 0 | 0 | 21 |

| | | | | | | | | |
|---------------------------------------|----|----|----|----|---|---|---|-----|
| Подготовка к промежуточной аттестации | | 0 | 0 | 36 | 0 | 0 | 0 | 9 |
| Итого: | 17 | 17 | 17 | 93 | 2 | 2 | 2 | 138 |

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература

| № п/п | Библиографическое описание* (название литературного источника) | Наличие | | |
|-------|---|---------------------------------------|------------------------------------|--|
| | | Электронно-библиотечная система (ЭБС) | Библиотека МГТУ (печатное издание) | Количество экземпляров печатного издания |
| 1. | 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 | - | + | 93 |
| 2. | Лунин, О. Г. Теплообменные аппараты пищевых производств : учеб. пособие для студентов технол. специальностей вузов пищевой пром-сти / О. Г. Лунин, В. Н. Вельтищев. - Москва : Агропромиздат, 1987. - 238, [1] с. : ил. - (Учебники и учебные пособия для студентов вузов). - Библиогр.: с. 237. | - | + | 102 |

Дополнительная литература

| № п/п | Библиографическое описание* (название литературного источника) | Наличие | | |
|-------|--|---------------------------------------|------------------------------------|--|
| | | Электронно-библиотечная система (ЭБС) | Библиотека МГТУ (печатное издание) | Количество экземпляров печатного издания |
| 1. | Круглов, Г. А. Теплотехника : учеб. пособие для вузов / Г. А. Круглов, Р. И. Булгакова, Е. С. Круглова. - Изд. 2-е, стер. - Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2012. - 207 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 204-205. - ISBN 978-5-8114-1017-0 | - | + | 5 |
| 2. | Овсянников, М. К. Теплотехника : Техническая термодинамика и теплопередача : учебник для вузов / М. К. Овсянников, И. И. Костылев. - Санкт-Петербург : Элмор, 1998. - 208 с. : ил. - ISBN 5-7399-0045-X | - | + | 47 |
| 3. | Комаров, Г. А. Теплотехника. Раздел 2. Основы теории теплообмена : учеб. пособие / Г. А. Комаров; МГАРФ. - Мурманск : Изд-во МГАРФ, 1995. - 91 с. | - | + | 40 |

СОДЕРЖАНИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Тема 1

Основные понятия и определения. Виды переноса теплоты: теплопроводность, конвекция, излучение. Сложный теплообмен.

Температурное поле. Градиент температуры. Основной закон теплопроводности. Коэффициент теплопроводности. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Начальные и граничные условия

Тема 2

Теплопроводность и теплопередача. Теплопроводность однослойной и многослойной плоской, цилиндрической, шаровой стенках. Теплопередача в однослойной и многослойной плоской, цилиндрической, шаровой стенках. Тепловая изоляция. Выбор теплоизоляционного материала. Теплопередача через оребренную стенку. Теплопроводность при нестационарном тепловом режиме. Расчет и подбор изоляции. Расчет и подбор основного теплового оборудования.

Тема 3

Конвективный теплообмен.

Виды движения теплоносителя. Пограничный слой: тепловой и гидродинамический. Подобие физических процессов. Числа подобия. Критериальные уравнения. Теплообмен при вынужденном движении теплоносителя в трубах. Теплообмен при свободном движении теплоносителя. Теплообмен при изменении агрегатного состояния вещества. Теплоотдача при поперечном отекании труб

Тема 4

Теплообмен излучением.

Основные понятия и определения. Законы теплового излучения. Теплообмен излучением между твердыми телами. Тепловые экраны. Особенности излучения газообразных тел.

Тема 5

Теплообменные аппараты, их виды и расчет

Тема 6

Основные закономерности массопереноса.

Вопросы для самоконтроля:

1. Какие виды переноса теплоты вы знаете?
2. Что такое сложный теплообмен?
3. Что такое коэффициент теплопроводности?
4. Что такое теплопередача?

5. Зачем необходима тепловая изоляция?
6. Какие виды движения теплоносителя вы знаете?
7. Что такое числа подобия?
8. Что такое критериальные уравнения?
9. Объясните механизм теплообмена при вынужденном движении теплоносителя в трубах?
10. Каковы особенности излучения газообразных тел?

После изучения теоретического материала необходимо выполнить и защитить практические работы №№ 1-6, лабораторные работы №№ 1-7, Расчетно-графические работы №1 и №2.