

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
"ДОНБАССКАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА  
И АРХИТЕКТУРЫ"**

Факультет инженерных и экологических систем в строительстве  
Кафедра «Теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции»

**УТВЕРЖДАЮ**:  
Декан факультета  
Лукьянов А.В.  
« 30 » августа 2017 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
Б1.В.ОД.6 "Тепломассообмен"**

Направление подготовки ОПОП ВО – **08.03.01 Строительство**

Программа подготовки - **«Теплогазоснабжение и вентиляция»**

Год начала подготовки по учебному плану **2017**

Квалификация (степень) выпускника **"Бакалавр"**

Форма обучения **очная**

Макеевка 2017 г.

**Программу составил:**  
к.т.н., доцент Монах С.И.

  
(подпись)

**Рецензенты:**  
д.т.н., профессор Лукьянов А.В.

  
(подпись)

ГОУ ВПО ДонНАСА, заведующий кафедрой  
теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции

д.т.н., профессор Найманов А.Я.

  
(подпись)

ГОУ ВПО ДонНАСА, профессор кафедры ГСХ

Рабочая программа дисциплины "**Тепломассообмен**" разработана в соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования ГОС ВПО по направлению подготовки 08.03.01 Строительство (уровень бакалавриата) (утверждён приказом Министерства образования и науки Донецкой Народной Республики от "19" апреля 2015 г. №394) и Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГСО ВО 36767) по направлению подготовки 08.03.01 Строительство (уровень бакалавриата) (утвержден приказом Министерства образования и науки России от "12" марта 2015 г. № 201). Составлена на основании учебного плана: 08.03.01 Строительство (профиль "Теплогазоснабжение и вентиляция"), утвержденного Ученым Советом ГОУ ВПО ДонНАСА от 26. 06. 2017 г., протокол №10.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры  
"Теплотехника теплогазоснабжение и вентиляция"

---

Протокол от 28.08.2017 г. № 1  
Срок действия программы: 2017-2022 уч.гг.

Заведующий кафедрой:  
д.т.н., профессор Лукьянов А.В.


  
(подпись)

Одобрено советом (методической комиссией) факультета инженерных и экологических систем в строительстве (ФИЭСС) протокол № 1 от "29" августа 2017 г.

Председатель УМК направления подготовки:  
д.т.н., профессор Лукьянов А.В.

  
(подпись)

Начальник учебной части:  
к.гос.упр., доцент Сухина А.А.


  
(подпись)

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

Утверждаю:

Председатель УМК факультета д.т.н., проф. Лукьянов А.В.


 (подпись)

30 08 2018 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2018-2019 учебном году на заседании кафедры **Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция**

Протокол от 28.08.2018 г. № 1

Зав. кафедрой: д.т.н., проф. Лукьянов А.В.

 (подпись)

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

Утверждаю:

Председатель УМК факультета д.т.н., проф. Лукьянов А.В.

(подпись)

\_\_\_\_\_ 2019г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2019-2020 учебном году на заседании кафедры **Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция**

Протокол от \_\_\_\_\_ 2019 г. № \_\_\_\_

Зав. кафедрой: д.т.н., проф. Лукьянов А.В.

(подпись)

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

Утверждаю:

Председатель УМК факультета д.т.н., проф. Лукьянов А.В.

(подпись)

\_\_\_\_\_ 2020 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2020-2021 учебном году на заседании кафедры **Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция**

Протокол от \_\_\_\_\_ 2020 г. № \_\_\_\_

Зав. кафедрой: д.т.н., проф. Лукьянов А.В.

(подпись)

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

Утверждаю:

Председатель УМК факультета д.т.н., проф. Лукьянов А.В.

(подпись)

\_\_\_\_\_ 2021г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2021-2022 учебном году на заседании кафедры **Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция**

Протокол от \_\_\_\_\_ 2021 г. № \_\_\_\_

Зав. кафедрой: д.т.н., проф. Лукьянов А.В.

(подпись)

---

## Содержание

<b>I. ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ</b> .....	5
1. Цель освоения дисциплины (модуля).....	5
2. Учебные задачи дисциплины (модуля).....	5
3. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО (основной профессиональной образовательной программы высшего профессионального образования) .....	5
4. Требования к результатам освоения содержания дисциплины (модуля) .....	6
5. Формы контроля .....	8
<b>II. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ</b> .....	8
1. Общая трудоёмкость дисциплины.....	8
2. Содержание разделов дисциплины.....	8
3. Обеспечение содержания дисциплины.....	15
<b>III. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ</b> .....	15
<b>IV. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ, ИНФОРМАЦИОННОЕ И МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ</b> .....	17
1. Рекомендуемая литература .....	17
2. Рекомендуемые обучающие, справочно-информационные, контролирующие и прочие компьютерные программы, используемые при изучении дисциплины .....	18
3. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) .....	18
<b>V. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА</b> .....	18
Тематика расчетной работы .....	18
Вопросы к экзамену .....	19
Примеры тестов для текущего контроля .....	20
<u>Индивидуальное задание</u> .....	22
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ</b> .....	23
Приложение 1 .....	23
Приложение 2 .....	25
Приложение 3 .....	26
Лист регистрации изменений .....	27

# І. ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	
<p>Целью учебной дисциплины "Тепломассообмен" является обеспечение фундаментальных знаний в области теории тепло массообмена, создание теоретической базы для творческого усвоения профилирующих дисциплин специальности, овладение студентами физической сущностью процессов переноса теплоты и массы, развитие навыков практического применения знаний для решения конкретных задач по переносу тепловой энергии и массы вещества в оборудовании систем теплогазоснабжения, отопление, вентиляции, кондиционирование воздуха, теплогенерирующих установках. Для создания теплообменных систем различного назначения требуется грамотное применение теории тепломассопереноса, а также использование данных, обеспечивающих проектирование таких систем методами автоматизированного проектирования.</p>	
2. УЧЕБНЫЕ ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ	
<p>Задачами дисциплины являются:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1) приобретение понимания физики процессов тепломассопереноса в отдельных случаях, а также их комбинациях;</li><li>2) овладение методами расчета процессов тепломассопереноса для стационарных и нестационарных условий;</li><li>3) формирование у студента правильного представления о методах решения теплотехнических задач, методах оценки полученных результатов.</li></ol>	
3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО	
Дисциплина "Тепломассообмен", относится к обязательной части учебного плана <u>Б1.В.ОД.3</u>	
3.1	Требования к предварительной подготовке обучающихся:
Дисциплина "Тепломассообмен" базируется на дисциплинах цикла Б2: Б2.Б1 Математика; Б2.Б5 Физика; Б2.Б4 Прикладная химия; Б2.Б2 Информатика. И на дисциплинах цикла Б2.В: Б2.В.ОД2.1 Техническая термодинамика; Б2.В.ОД1 Механика жидкостей и газов.	
3.2	Приобретённые компетенции после изучения предшествующих дисциплин
<p>Для успешного освоения дисциплины "Тепломассообмен", студент должен:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Знать основные законы теории тепломассообмена и применять методы математического анализа и математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования процессов тепломассообмена (ОПК-1);.</li><li>2. Уметь выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь для их решения соответствующий физико-математический аппарат (ОПК-2);</li><li>3. Владеть основными законами геометрического формирования, построения и взаимного пересечения моделей плоскости и пространства, необходимыми для выполнения и чтения чертежей зданий, сооружений, конструкций, составления конструкторской документации и деталей (ОПК-3); умением использовать нормативные правовые документы в профессиональной деятельности (ОПК-8);</li></ol>	
3.3	Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее:
Дисциплина "Тепломассообмен" представляет собой основу для изучения в последующем дисциплин профессионального цикла В3 в соответствии с учебным планом <b>бакалавриата</b> : Б3.Б5 Технологические процессы в строительстве; Б3.В.ОД1 Основы обеспечения микроклимата зданий (включая теплофизику зданий), Б3.В.ОД2 Насосы, вентиляторы и компрессоры в системах ТГВ, Б3.В.ОД3 Отопление, Б3.В.ОД6 Генераторы тепла и автономное теплоснабжение зданий, Б3.В.ОД7 Централизованное теплоснабжение, Б3.В.ОД4 Вентиляция, Б3.В.ОД5 Кондиционирование воздуха и холодоснабжение зданий, Б3.В.ОД8 Газоснабжение, Б3.В.ДВ2 Основы технологии систем ТГВ и Технологические процессы ТГВ.	

#### 4. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины "Тепломассообмен" должны быть сформированы следующие компетенции:

**ОПК-1:** способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования;

**ОПК-2:** способность выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь для их решения соответствующий физико-математический аппарат;

**ОПК-3:** владение основными законами геометрического формирования, построения и взаимного пересечения моделей плоскости и пространства, необходимыми для выполнения и чтения чертежей зданий, сооружений, конструкций, составления конструкторской документации и деталей;

**ОПК-8:** умение использовать нормативные правовые документы в профессиональной деятельности;

#### **Производственно-технологическая и производственно-управленческая деятельность**

В результате освоения компетенции **ОПК-1** студент должен:

**1. Знать:**

- основные законы теории тепломассообмена.

**2. Уметь:**

- применять методы математического анализа и математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования процессов тепломассообмена.

**3. Владеть:**

- физико-математическим аппаратом для расчета основных физических процессов в технологии производства и передачи теплоты как вида энергии.

#### **Производственно-технологическая и производственно-управленческая деятельность**

В результате освоения компетенции **ОПК-2** студент должен:

**1. Знать:**

- принципы выявления естественнонаучной сущности теплотехнических проблем.

**2. Уметь:**

- привлекать для решения задач тепломассообмена в технологических процессах соответствующий физико-математический аппарат;

**3. Владеть:**

- навыками применения физико-математического аппарата теории тепломассообмена в профессиональной деятельности.

#### **Производственно-технологическая и производственно-управленческая деятельность**

В результате освоения компетенции **ОПК-3** студент должен:

**1. Знать:**

- основные законы геометрического формирования, построения и взаимного пересечения моделей плоскости и пространства, необходимые для освоения теории температурного поля и теории нестационарной теплопроводности.

**2. Уметь:**

- выполнять и читать чертежи теплообменного оборудования и его конструкций, составлять конструкторскую документацию.

**3. Владеть:**

- различными методиками расчета и подбора теплообменного оборудования.

**Производственно-технологическая и производственно-управленческая деятельность**

В результате освоения компетенции **ОПК-8** студент должен:

**1. Знать:**

- нормативные документы, регламентирующие теплотехнические расчеты теплообменного оборудования.

**2. Уметь:**

- в соответствии с нормативной документацией применять физико-математический аппарат теории тепломассообмена при организации тепловых технологических процессов, расчете и проектировании теплообменного оборудования.

**3. Владеть:**

- различными нормативными методиками расчета теплообменных процессов.

**Экспериментально-исследовательская деятельность**

В результате освоения компетенции **ОПК-1** студент должен:

**1. Знать:**

- какие основные законы теории тепломассообмена применяются при изучении теплопроводности, конвекции и теплового излучения;

**2. Уметь:**

- применять методы математического анализа и математического (компьютерного) моделирования для изучения процессов тепломассообмена;

**3. Владеть:**

- методами анализа эффективности тепломассообменных процессов, протекающих в теплообменных установках.

**Экспериментально-исследовательская деятельность**

В результате освоения компетенции **ОПК-2** студент должен:

**1. Знать:**

- по каким принципам выявляются естественнонаучные сущности проблем эффективности тепломассообменных процессов.

**2. Уметь:**

- применять физико-математический аппарат при исследовании тепломассообменных процессов.

**3. Владеть:**

- методиками исследования тепломассообменных процессов.

**Экспериментально-исследовательская деятельность**

В результате освоения компетенции **ОПК-3** студент должен:

**1. Знать:**

- основные законы геометрического формирования, построения и взаимного пересечения моделей плоскости и пространства, необходимые при исследованиях температурных полей и задач нестационарной теплопроводности.

**2. Уметь:**

- выполнять и читать чертежи теплообменного оборудования и его конструкций, составлять конструкторскую документацию теплотехнических установок.

**3. Владеть:**

- различными методиками расчета и подбора теплообменного оборудования для исследования процессов тепломассообмена.

**Экспериментально-исследовательская деятельность**

В результате освоения компетенции **ОПК-8** студент должен:

**1. Знать:**

- действующую нормативную документацию, регламентирующую требования к теплообменному оборудованию.

**2. Уметь:**

- в соответствии с нормативной документацией применять физико-математический аппарат

теории теплообмена при исследованиях тепловых процессов.

### 3. Владеть:

- различными нормативными методиками расчета теплообменного оборудования и тепло-массообменных процессов в нем.

### 5. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ

*Текущий контроль* осуществляется лектором и преподавателем, ведущим практические и лабораторные работы, в соответствии с календарно-тематическим планом.

*Промежуточная аттестация в IV семестре – экзамен*

Результаты текущего контроля и промежуточной аттестации формируют рейтинговую оценку работы студента. Распределение баллов при формировании рейтинговой оценки работы студента осуществляется в соответствии с "Положением о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов при кредитно-модульной системе организации учебного процесса в Донбасской национальной академии строительства и архитектуры" (Приложение 1).

## II. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1. ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет **3,5** зачётных единиц, **126** часов.

Количество часов, выделяемых на контактную работу с преподавателем (лекции, лабораторные работы) и самостоятельную работу студента, определяется рабочим учебным планом (на основании базового учебного плана) и календарно-тематическим планом, которые разрабатываются и корректируются ежегодно.

### 2. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

№	Наименование разделов и тем (содержание)	Сем./ Курс	Час.	Компетенции	Результаты освоения (знать, уметь, владеть)	Образовательные технологии
<b>Раздел 1 Теория теплопроводности</b>						
1	Тема 1. Основы теории теплопроводности. Температурное поле. Градиент температуры. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности его физический смысл, зависимость от температуры.	4/II	2	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8	<b>Знать:</b> основы теории температурного поля, закон Фурье, теплопроводные свойства различных веществ. <b>Уметь:</b> определять вид уравнения температурного поля для конкретной задачи теплопроводности. <b>Владеть:</b> навыками определения значений коэффициентов теплопроводности в зависимости от температуры и градиента температуры.	Л, СР
2	Тема 2. Дифференциальное уравнение теплопроводности – Уравнение Фурье для трехмерного нестационарного температурного поля. Коэффициент температуропроводности его физический смысл. Условия однозначности - краевые условия.	4/II	2	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3	<b>Знать:</b> уравнение Фурье для трехмерного нестационарного температурного поля и формирование условий однозначности. <b>Уметь:</b> определять вид дифференциального уравнения Фурье для конкретной задачи теплопроводности. <b>Владеть:</b> навыками постановки задачи стационарной теплопроводности и определением значений коэффициентов теплопроводности.	Л, СР



3	Тема 3. Теплопроводность при стационарном режиме и граничных условиях I рода.	4/П	2	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3	<p><b>Знать:</b> основные закономерности теории стационарной теплопроводности.</p> <p><b>Уметь:</b> рассчитывать теплопроводность через однослойную и многослойную плоские стенки, однослойную и многослойную цилиндрические стенки, через шаровую стенку и при наличии внутренних источников теплоты.</p> <p><b>Владеть:</b> математическим аппаратом для решений задач теплопроводности при стационарном режиме и граничных условиях I рода.</p>	Л, СР
<b>Итого:</b>			<b>8</b>	<b>Лекции – 6; самостоятельная работа – 2</b>		
<b>Раздел 2. Конвективный теплообмен</b>						
1	Тема 1. Основы теории конвективного теплообмена. Основные понятия. Физические свойства жидкостей. Основы теории пограничного слоя. Закон Ньютона-Рихмана. Коэффициент теплоотдачи его физический смысл. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена - математическая модель переноса теплоты конвекцией.	4/П	2	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3	<p><b>Знать:</b> основы теории конвективного теплообмена, и основы теории пограничного слоя, закон Ньютона-Рихмана, формирование математической модели переноса теплоты конвекцией.</p> <p><b>Уметь:</b> выполнять постановку задачи явления конвективного теплообмена.</p> <p><b>Владеть:</b> приемами выявления сущности процессов конвективного теплообмена.</p>	Л, СР
2	Тема 2. Основы теории подобия. Методы исследования явлений конвективного теплообмена. Класс явлений, группа явлений, единичное явление. Теория подобия. Числа подобия. Теоремы подобия. Уравнения подобия. Средняя температура, определяющая температура, эквивалентный диаметр.	4/П	2	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3	<p><b>Знать:</b> теоремы и цели теории подобия и теории размерностей в решении задач конвективного теплообмена, физический смысл чисел тепломеханического подобия.</p> <p><b>Уметь:</b> определять к какой группе и к какому классу явлений относится конкретное единичное явление конвективного теплообмена;</p> <p><b>Владеть:</b> методиками расчета чисел подобия и определения вида уравнений подобия.</p>	Л, СР
3	Тема 3. Теплообмен при свободном течении жидкости. Мат. модель и механизм процесса. Теплообмен при свободном течении жидкости в неограниченном пространстве у вертикальной плиты или трубы, возле горячих горизонтальных труб и нагретых горизонтальных поверхностей. Теплообмен в щелевых полостях и воздушных прослойках.	4/П	2	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3	<p><b>Знать:</b> основные понятия и дифференциальные уравнения свободного конвективного теплообмена, формулирование условий однозначности, определяющие и определяемое числа подобия, математическую модель и механизм процесса теплоотдачи при свободном течении жидкостей.</p> <p><b>Уметь:</b> формулировать и решать задачи свободного конвективного теплообмена, определять режим течения при свободной конвекции и вид критериального уравнения.</p> <p><b>Владеть:</b> методиками расчета теплоотдачи и теплового потока при свободной конвекции.</p>	Л, СР

4	Тема 4. Конвективный теплообмен в вынужденном потоке жидкости. Мат. модель и механизм процесса. Конвективный теплообмен при течении жидкости в трубах, при вынужденном течении жидкости вдоль пластины, при поперечном омывании одиночной трубы, при поперечном омывании пучков труб.	4/П	2	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3	<b>Знать:</b> основные понятия и дифференциальные уравнения конвективного теплообмена при вынужденном течении, формулирование условий однозначности, определяющие и определяемое числа подобия, математическую модель и механизм процесса теплоотдачи при вынужденном течении жидкостей. <b>Уметь:</b> формулировать и решать задачи конвективного теплообмена при вынужденном течении, определять режим течения и вид критерияльного уравнения. <b>Владеть:</b> методиками расчета теплоотдачи и теплового потока при вынужденной конвекции.	Л, СР
5	Тема 5. Конвективный теплообмен при изменении агрегатного состояния вещества. Теплообмен при кипении жидкости и при конденсации пара. Влияние разных факторов на теплообмен при изменении агрегатного состояния вещества.	4/П	2	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3	<b>Знать:</b> основные понятия и уравнения теплоотдачи при изменении агрегатного состояния вещества. <b>Уметь:</b> формулировать и решать задачи конвективного теплообмена на поверхности и в объеме при изменении агрегатного состояния рабочего тела. <b>Владеть:</b> методиками определения количества теплоты, плотности теплового потока в различных процессах тепло и массопереноса при изменении агрегатного состояния вещества и методами повышения интенсификации этих процессов.	Л, СР
<b>Итого:</b>			<b>14</b>	<b>Лекции – 10; самостоятельная работа – 4</b>		
<b>Раздел 3. Теплопроводность при стационарном режиме и граничных условиях III рода - теплопередача</b>						
1	Тема 1. Передача теплоты через плоские и цилиндрические однослойные и многослойные стенки. Критический диаметр изоляции. Передача теплоты через шаровую стенку. Передача теплоты через ребристую стенку.	4/П	2	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8	<b>Знать:</b> - закономерности и механизм процесса теплопроводности при стационарном режиме и граничных условиях III рода – теплопередачи через одно- и многослойные стенки различной конфигурации; - физическую сущность процессов переноса теплоты и массы в различном теплотехническом оборудовании.	Л, СР
2	Тема 2. Теплообменные аппараты. Классификация теплообменных аппаратов. Основы теплового расчета теплообменников рекуперативного типа: уравнение теплового баланса, уравнение теплопередачи, средний логарифмический температурный напор.	4/П	2	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8	<b>Уметь:</b> - формулировать и решать задачи теплопередачи через стенки различной конструкции и конфигурации; - проводить тепловой и конструктивный расчеты теплообменных аппаратов <b>Владеть:</b> - методами повышения интенсификации процессов тепло-массообмена в теплотехническом оборудовании и методами снижения теплопотерь в случае необходимости снижения интенсификации процессов тепло-массообмена; - принципами организации тепло-	Л, СР

					вых схем теплообменного оборудования.	
<b>Итого:</b>			<b>12</b>	<b>Лекции – 4; самостоятельная работа – 8</b>		
<b>Раздел 4. Теплообмен излучением</b>						
1	Тема 1. Основные понятия и определения. Природа теплового излучения. Основной закон теплового поглощения. Законы теплового излучения: законы Планка, Вина, Стефана-Больцмана, Кирхгоффа, Ламберта.	4/П	4	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8	<b>Знать:</b> - закономерности процессов теплообмена излучением; - закономерности процессов сложного теплообмена, т.е. процессов совместного переноса теплоты теплопроводностью, конвекцией и тепловым излучением. <b>Уметь:</b> решать задачи переноса теплоты между твердыми телами и между твердыми поверхностями и газом при тепловом излучении.	Л, СР
2	Тема 2. Теплообмен излучением между твердыми телами. Излучение газов. Сложный теплообмен. Теплообмен в котельных топках.	4/П	4	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8	<b>Владеть:</b> методиками расчета и исследования теплообмена излучением между твердыми телами и между газами и стенками каналов.	Л, СР
<b>Итого:</b>			<b>10</b>	<b>Лекции – 8; самостоятельная работа – 2</b>		
<b>Раздел 5. Теплопроводность при нестационарном режиме</b>						
1	Тема 1 Постановка задачи. Расчеты температурного поля при нестационарной теплопроводности для случая охлаждения плоско-параллельной пластины. Анализ уравнения температурного поля. Определение количества теплоты, отданной пластиной в процессе охлаждения.	4/П	<b>4</b>	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8	<b>Знать:</b> постановку задачи и основные закономерности теории нестационарной теплопроводности. <b>Уметь:</b> - формулировать и решать задачи нестационарной теплопроводности при нагревании и охлаждении тел различной формы. <b>Владеть:</b> математическим аппаратом для решений задач нестационарной теплопроводности при граничных условиях III рода.	Л, СР
2	Тема 2. Охлаждение (нагревание) бесконечно длинного цилиндра. Охлаждение (нагревание) шара. Охлаждение (нагревание) тел конечных размеров.	4/П	<b>4</b>			Л, СР
<b>Итого:</b>			<b>10</b>	<b>Лекции – 8; самостоятельная работа – 2</b>		
<b>Всего:</b>			<b>54</b>	<b>Лекции – 36; самостоятельная работа – 8</b>		
<b>Раздел 6. Практические занятия</b>						
1	<b>Раздел 1 - Темы 1,2,3:</b> Температурное поле. Определение градиента температуры и температурного напора. Закон Фурье. Определение плотности теплового потока, теплового потока, количества теплоты. Коэффициент теплопроводности его физический смысл, зависимость от температуры, определение. Коэффициент температуропроводности его физический смысл, определение.	4/П	2	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8	<b>Знать:</b> основные понятия и законы теории теплопроводности и методы математического анализа явлений теплопроводности. <b>Уметь:</b> - формулировать и решать задачи стационарной теплопроводности; - пользоваться справочной литературой для определения теплофизических свойств веществ и материалов. <b>Владеть:</b> физико-математическим аппаратом для решения задач стационарной теплопроводности.	ПР
2	<b>Раздел 1 - Темы 1,2,3:</b> Теплопроводность при стационарном режиме и граничных условиях I рода	4/П	2			

	через однослойную и многослойную плоские стенки, через однослойную и многослойную цилиндрические стенки, через шаровую стенку. Определение температур между слоями многослойных стенок. Теплопроводность при наличии внутренних источников теплоты.					
3	<b>Раздел 2 - Темы 1,2:</b> Физические свойства жидкостей, влияющие на интенсивность конвективного теплообмена. Практическое применение закона Ньютона-Рихмана для решения задач конвективного теплообмена. Определение чисел подобия конвективного теплообмена. Уравнение подобия, численные коэффициенты уравнений подобия.	4/П	2	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8	<b>Знать:</b> основы теории конвективного теплообмена, основы теории пограничного слоя, основы теории подобия, закон Ньютона-Рихмана, математическую модель переноса теплоты конвекцией. <b>Уметь:</b> - формулировать задачи конвективного теплообмена; - пользоваться справочной литературой для определения теплофизических свойств жидкостей. <b>Владеть:</b> физико-математическим аппаратом для решения задач конвективного теплообмена.	ПР
4	<b>Раздел 2 - Темы 3,4:</b> Теплообмен при свободном течении жидкости в неограниченном пространстве у вертикальной плиты или трубы, возле горячих горизонтальных труб и нагретых горизонтальных поверхностей. Теплообмен в щелевых полостях и воздушных прослойках. Конвективный теплообмен при вынужденном течении жидкости в трубах, вдоль пластины, при поперечном омывании одиночной трубы и пучков труб. Изучение методов интенсификации теплоотдачи.	4/П	2	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8	<b>Знать:</b> математическую модель и механизм процесса теплообмена при свободном и вынужденном течении жидкостей; - способы интенсификации теплоотдачи. <b>Уметь:</b> - формулировать задачи конвективного теплообмена; - пользоваться справочной литературой для определения теплофизических свойств жидкостей. <b>Владеть:</b> физико-математическим аппаратом для решения задач конвективного теплообмена;	ПР
5	<b>Раздел 2 - Тема 5:</b> Теплообмен при кипении жидкости. Теплообмен при конденсации пара. Изучение влияния разных факторов на теплообмен при изменении агрегатного состояния вещества.	4/П	2	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8	<b>Знать:</b> механизм процесса теплообмена при кипении и конденсации на твердой поверхности и в объеме жидкости; - режимы кипения и конденсации; - зависимость коэффициента теплоотдачи и плотности теплового потока от температурного напора при кипении. <b>Уметь:</b> - формулировать задачи конвективного теплообмена при изменении агрегатного состояния вещества. <b>Владеть:</b> -физико-математическим аппаратом для решения задач конвективного теплообмена при кипении и конденсации; - методиками интенсификации теплообмена.	ПР



6	<b>Раздел 3 - Тема 1:</b> Передача теплоты через плоскую и цилиндрическую однослойную и многослойные стенки. Расчеты коэффициента теплопередачи и влияние разных факторов на его значение. Определение критического диаметра изоляции. Передача теплоты через шаровую стенку. Передача теплоты через ребристую стенку. Определение коэффициента оребрения.	4/II	2	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8	<b>Знать:</b> основные закономерности передачи теплоты при стационарной теплопроводности и граничных условиях III рода. <b>Уметь:</b> определять коэффициент теплопередачи, количество теплоты, тепловой поток в процессах сложного теплообмена. <b>Владеть:</b> - методиками расчета теплопередачи как сложного вида теплообмена; - методикой теоретически обоснованного выбора тепловой изоляции; - методиками интенсификации передачи теплоты и уменьшения теплового потока при теплопередаче.	ПР
7	<b>Раздел 3 - Тема 2:</b> Освоение методики теплового и конструктивного расчетов теплообменников рекуперативного типа: уравнение теплового баланса, уравнение теплопередачи, средний логарифмический температурный напор, площадь поверхности нагрева.	4/II	2	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8	<b>Знать:</b> основы теории расчета теплообменного оборудования при совместном решении уравнения теплового баланса и уравнения теплопередачи. <b>Уметь:</b> подбирать теплообменные аппараты для заданных температурных параметров с наименьшей площадью нагрева при наименьших затратах на организацию движения теплоносителей. <b>Владеть:</b> методикой расчета и подбора рекуперативных теплообменных аппаратов.	ПР, СР
8	<b>Раздел 4:</b> Основной закон теплового поглощения. Законы Планка, Вина, Стефана-Больцмана, Кирхгофа, Ламберта. Расчеты результирующего теплообмена излучением: между параллельными пластинами с экранами и без них, между телами, если одно находится внутри другого. Излучение газов. Теплообмен в котельных топках.	4/II	2	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8	<b>Знать:</b> механизм процесса теплообмена излучением; - основные законы теплового излучения; <b>Уметь:</b> - формулировать и решать задачи теплообмена излучением и сложного теплообмена. <b>Владеть:</b> - физико-математическим аппаратом для решения задач по определению результирующего теплообмена между телами различной конфигурации и сложного теплообмена в топках.	ПР
9	<b>Раздел 5:</b> Расчеты температурного поля при нестационарной теплопроводности для случая охлаждения (нагрева) бесконечных тел и тел конечных размеров. Определение количества теплоты и времени нагрева (охлаждения).	4/II	2	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8	<b>Знать:</b> - формулировку задачи нестационарной теплопроводности при гр. условиях III рода; - закономерности изменения температурного поля при охлаждении (нагревании) бесконечных тел и тел конечных размеров; <b>Уметь:</b> определять температуру на поверхности и в центре, количество теплоты, время нагрева (охлаждения). <b>Владеть:</b> методами расчета температурного поля, количества теплоты и времени нагрева (охлаждения) при нестационарной теплопроводности.	ПР
<b>Итого:</b>			<b>18</b>			

**Практические занятия – 18; самостоятельная работа –10**

<b>Раздел 7. Лабораторный практикум</b>						
1	Раздел 1: Определение коэффициента теплопроводности методом стержня	4/П	4	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8	<p><b>Знать:</b> основные понятия и законы теории теплопроводности; физический смысл коэффициента теплопроводности и порядок его значения для различных веществ.</p> <p><b>Уметь:</b> пользоваться справочными данными для определения коэффициента теплопроводности.</p> <p><b>Владеть:</b> методиками экспериментального определения коэффициента теплопроводности</p>	ЛР
2	Раздел 2: Определение коэффициента теплоотдачи в процессах свободной конвекции.	4/П	4	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8	<p><b>Знать:</b> основные понятия и закономерности теории конвективного теплообмена; механизм переноса теплоты при свободной конвекции; физический смысл коэффициента теплоотдачи</p> <p><b>Уметь:</b> анализировать факторы, влияющие на интенсивность теплоотдачи при свободной конвекции.</p> <p><b>Владеть:</b> методиками экспериментального определения коэффициента теплоотдачи в процессах свободной конвекции.</p>	ЛР
3	Раздел 2: Определение коэффициента теплоотдачи в процессах вынужденной конвекции.	4/П	4	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8	<p><b>Знать:</b> основные понятия и закономерности теории конвективного теплообмена; механизм переноса теплоты при вынужденной конвекции; физический смысл коэффициента теплоотдачи</p> <p><b>Уметь:</b> анализировать факторы, влияющие на интенсивность теплоотдачи при вынужденной конвекции.</p> <p><b>Владеть:</b> методиками экспериментального определения коэффициента теплоотдачи в процессах вынужденной конвекции.</p>	ЛР
4	Раздел 3: Определение коэффициента теплопередачи и термического КПД теплообменного аппарата.	4/П	4	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8	<p><b>Знать:</b> основы теории расчета теплообменного оборудования при совместном решении уравнения теплового баланса и уравнения теплопередачи.</p> <p><b>Уметь:</b> рассчитывать теплообменные аппараты для заданных температур теплоносителей, определять коэффициент теплопередачи и площадь поверхности нагрева.</p> <p><b>Владеть:</b> методикой расчета и подбора рекуперативных теплообменных аппаратов.</p>	ЛР
5	Раздел 3: Исследование факторов, влияющих на интенсивность теплопередачи	4/П	2	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8	<p><b>Знать:</b> закономерности процессов теплопередачи и факторы, влияющие на ее интенсивность.</p> <p><b>Уметь:</b> анализировать интенсивность процессов теплопередачи, как сложного вида теплообмена.</p> <p><b>Владеть:</b> способами влияния на интенсивность теплопередачи в теплообменном оборудовании.</p>	ЛР

<b>Итого:</b>		<b>18</b>
<b>3. ОБЕСПЕЧЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ</b>		
<b>№</b>	<b>Наименование разделов и тем</b>	<b>Литература</b>
<b>Раздел 1 Теория теплопроводности</b>		
1	Тема 1. Основы теории теплопроводности. Температурное поле. Градиент температуры. Закон Фурье.	О-1, О-2, О-3, О-4, О-5, О-6, Д-1
2	Тема 2. Дифференциальное уравнение теплопроводности – Уравнение Фурье для трехмерного нестационарного температурного поля.	О-1, О-2, О-3, О-4, О-5, О-6
3	Тема 3. Теплопроводность при стационарном режиме и граничных условиях I рода.	О-1, О-2, О-3, О-4, О-5, О-6
<b>Раздел 2. Конвективный теплообмен</b>		
4	Тема 1. Основы теории конвективного теплообмена. Основные понятия. Физические свойства жидкостей. Основы теории пограничного слоя. Закон Ньютона-Рихмана.	О-1, О-2, О-3, О-4, О-5, О-6, Д-1
5	Тема 2. Основы теории подобия. Методы исследования явлений конвективного теплообмена.	О-1, О-2, О-3, О-4, О-5, О-6, Д-1
6	Тема 3. Теплообмен при свободном течении жидкости.	О-1, О-2, О-3, О-4, О-5, О-6, Д-1
7	Тема 4. Конвективный теплообмен в вынужденном потоке жидкости.	О-1, О-2, О-3, О-4, О-5, О-6, Д-1
8	Тема 5. Конвективный теплообмен при изменении агрегатного состояния вещества.	О-1, О-2, О-3, О-4, О-5, О-6, Д-1
<b>Раздел 3. Теплопроводность при стационарном режиме и граничных условиях III рода - теплопередача</b>		
9	Тема 1. Передача теплоты через плоские и цилиндрические однослойные и многослойные стенки. Критический диаметр изоляции. Передача теплоты через шаровую стенку. Передача теплоты через ребристую стенку.	О-1, О-2, О-3, О-4, Д-2, Д-4
10	Тема 2. Теплообменные аппараты. Классификация теплообменных аппаратов. Основы теплового расчета теплообменников	О-1, О-2, О-3, О-4, Д-3
<b>Раздел 4. Теплообмен излучением</b>		
11	Тема 1. Основные понятия и определения. Природа теплового излучения. Основной закон теплового поглощения. Законы теплового излучения.	О-1, О-2, О-3, О-4
12	Тема 2. Теплообмен излучением между твердыми телами. Излучение газов. Сложный теплообмен. Теплообмен в котельных топках.	О-1, О-2, О-3, О-4
<b>Раздел 5. Теплопроводность при нестационарном режиме</b>		
13	Тема 1 Постановка задачи. Расчеты температурного поля при нестационарной теплопроводности.	О-1, О-2, О-3, О-4
14	Тема 2. Охлаждение (нагревание) бесконечно длинного цилиндра. Охлаждение (нагревание) шара. Охлаждение (нагревание) тел конечных размеров.	О-1, О-2, О-3, О-4

### III. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

3.1	В процессе освоения дисциплины "Тепломассообмен" используются следующие образовательные технологии: лекции (Л), практические занятия (ПР), лабораторные работы (ЛР), индивидуальные (групповые) академические консультации (АК), самостоятельная работа студентов (СР) по выполнению различных видов заданий.
3.2	В процессе освоения дисциплины "Тепломассообмен" используются следующие интерактивные образовательные технологии: анализ конкретных ситуаций (АКС), лекция-визуализация (ЛВ), проблемная лекция (ПЛ). Лекционный материал представлен в виде слайд-презентации в формате "Power Point". Для наглядности используются материалы различных Web-материалов, справочных изданий и т.п.



	При изложении теоретического материала используются такие принципы дидактики высшей школы, как чёткая последовательность и систематичность, логическое обоснование, взаимосвязь теории и практики, наглядность и т.п. В конце каждой лекции предусмотрен отрезок времени для ответов на проблемные вопросы.				
3.3	Используемые интерактивные формы и методы обучения по дисциплине				
№	Наименование разделов и тем	Кол-во часов	Вид учебных занятий	Используемые интерактивные технологии	Формируемые компетенции
<b>Раздел 1 Теория теплопроводности</b>					
1	Тема 1. Основы теории теплопроводности. Температурное поле. Градиент температуры. Закон Фурье.	2	Л	ПЛ	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3
	Тема 2. Дифференциальное уравнение теплопроводности – Уравнение Фурье для трехмерного нестационарного температурного поля.	2	Л	ЛВ	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8
	Тема 3. Теплопроводность при стационарном режиме и граничных условиях I рода.	2	Л	ЛВ	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8
<b>Раздел 2. Конвективный теплообмен</b>					
2	Тема 1. Основы теории конвективного теплообмена. Основные понятия. Физические свойства жидкостей. Основы теории пограничного слоя. Закон Ньютона-Рихмана	2	Л	ЛВ	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8
3	Тема 2. Основы теории подобия. Методы исследования явлений конвективного теплообмена.	2	Л	ЛВ	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8
4	Тема 3. Теплообмен при свободном течении жидкости.	2	Л	АКС	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8
	Тема 4. Конвективный теплообмен в вынужденном потоке жидкости.	2	Л	АКС	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8
	Тема 5. Конвективный теплообмен при изменении агрегатного состояния вещества.	2	Л	АКС	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8
<b>Раздел 3. Теплопроводность при стационарном режиме и граничных условиях III рода - теплопередача</b>					
5	Тема 1. Передача теплоты через плоские и цилиндрические однослойные и многослойные стенки. Критический диаметр изоляции. Передача теплоты через шаровую и ребристую стенки.	2	Л	АКС	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8
6	Тема 2. Теплообменные аппараты. Классификация теплообменных аппаратов. Основы теплового расчета теплообменников	2	Л	АКС	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8
<b>Раздел 4. Теплообмен излучением</b>					
7	Тема 1. Основные понятия и определения. Природа теплового излучения. Основной закон теплового поглощения. Законы теплового излучения.	4	Л	ЛВ	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8
8	Тема 2. Теплообмен излучением между твердыми телами. Излучение газов. Сложный теплообмен. Теплообмен в котельных топках.	4	Л	ПЛ, АКС	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8



<b>Раздел 5. Теплопроводность при нестационарном режиме</b>					
9	Тема 1 Постановка задачи. Расчеты температурного поля при нестационарной теплопроводности.	4	Л	ПЛ, АКС	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8
10	Тема 2. Охлаждение (нагревание) бесконечно длинного цилиндра. Охлаждение (нагревание) шара. Охлаждение (нагревание) тел конечных размеров.	4	Л	ЛВ, АКС	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-8

#### **IV. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ, ИНФОРМАЦИОННОЕ И МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

<b>1. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА</b>					
<b>Основная литература</b>					
<b>№</b>	<b>Авторы, составители</b>	<b>Название</b>	<b>Издательство, год</b>	<b>Кол-во</b>	<b>Примечание</b>
О.1	Нащокин В.В.	Техническая термодинамика и теплопередача. Учебн. пособие для неэнергетических специальностей вузов.	– М: «Высшая школа», 1975. – 496 с.: ил.	50	
О.2	Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С.	Теплопередача. Учебник для вузов.	М.: Высшая школа, 1988.	15	
О.3	Брюханов О.Н., Шевченко С.Н.	Тепломассообмен	– М.: ИНФРА-М, 2013. – 464 с.		<a href="http://twt.mpei.ac.ru/rbt_p">http://twt.mpei.ac.ru/rbt_p</a>
О.4	Краснощеков Е.А., Сукомел А.С.	Задачник по теплопередаче	- М.: Энергия, 1980.- 288 с.	4	
О.5	Вукалович М.П., Ривкин С.Л., Александров А.А.	Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара.	– М: «Стандарты», 1969.	10	
О.6	Александров А.А., Орлов К.А., Очков В.Ф.	Теплофизические свойства рабочих веществ теплоэнергетики	Web-версия справочника Последнее обновление: 14 апреля 2017		<a href="http://twt.mpei.ac.ru/rbt_p">http://twt.mpei.ac.ru/rbt_p</a>
<b>Дополнительная литература</b>					
<b>№</b>	<b>Авторы, составители</b>	<b>Название</b>	<b>Издательство, год</b>	<b>Кол-во</b>	<b>Примечание</b>
Д.1	В.И. Кушнырев В.И. Лебедев, В.А. Павленко.	Техническая термодинамика и теплопередача. Учеб. для вузов	– М: Стройиздат, 1986. – 464 с.:	5	
Д.2	Михеев М.А., Михеева И.М.	Основы теплопередачи.	Изд. 2-е, стереотип. – М: Энергия, 1977. 344 с.: ил.	10	
Д.3	Бакластов А.М.	Проектирование, монтаж и эксплуатация теплоиспользующих установок.	М.: Энергия, 1970. – 568 с.	5	
Д.4	Алабовский А.Н., Недужий И.А.	Техническая термодинамика и теплопередача:	Учеб. пособие. – 3-е изд., перераб. И доп. – Киев: «Вища школа», 1990. – 255 с.: ил.	5	
<b>Методические разработки</b>					
<b>№</b>	<b>Авторы, составители</b>	<b>Название</b>	<b>Издательство, год</b>	<b>Кол-во</b>	<b>Примечание</b>

М.1	Монах С.И.,	Учебное пособие к расчетам рекуперативных теплообменных аппаратов с использованием Microsoft Office Excel по курсу «Тепломассообмен» (для студентов высших учебных заведений и специалистов специальности «Теплогасоснабжение и вентиляция»)	– Макеевка: ДонНАСА, 2015. – 186 с.	Электронный вариант	
М.2	Монах С.И., Губарь И.В.	Теплотехнические расчеты ограждающих конструкций	– Макеевка ДонГ АСА, 2001. – 69с.	50	
М.3	Монах С.И., Коло- сова Н.В., Шацков А.О., Попович В.	Учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ в курсе «Тепломассообмен»	– Макеевка: ДонНАСА, 2017. . – 40 с.	40	
М.4	Монах С.И.	Конспект лекций по курсу «Тепло- массообмен»	ДонНАСА, 2015. – 112 с.	Элек- тронный вариант	

### Электронные образовательные ресурсы

Э.1	<a href="http://open.ifmo.ru/wiki/Тепломассообмен_II_(2013309)">http://open.ifmo.ru/wiki/Тепломассообмен_II_(2013309)</a>
Э.2	<a href="http://www.thermophysics.ru/modules.php?name=TopicsAd&amp;tpa=theme_cat&amp;pa=4">http://www.thermophysics.ru/modules.php?name=TopicsAd&amp;tpa=theme_cat&amp;pa=4</a>
Э.3	<a href="http://window.edu.ru/catalog/pdf">http://window.edu.ru/catalog/pdf</a>
Э.4	<a href="http://mienen.ru/about/intellect-sobstvennost/elektronnie-uchebno-metodicheskie-kompleksi">http://mienen.ru/about/intellect-sobstvennost/elektronnie-uchebno-metodicheskie-kompleksi</a>
Э.5	<a href="http://www.tgv.mgsu.ru">www.tgv.mgsu.ru</a>

### 2. РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ОБУЧАЮЩИЕ, СПРАВОЧНО-ИНФОРМАЦИОННЫЕ, КОНТРОЛИРУЮЩИЕ И ПРОЧИЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ ПРОГРАММЫ

П.1	<a href="http://soft.abok.ru/themes/sample/pages/other/material/alfa_laval/catalogue/Designers2013%20new/set_up.exe">http://soft.abok.ru/themes/sample/pages/other/material/alfa_laval/catalogue/Designers2013%20new/set_up.exe</a> Программа AlfaSelect© Designer разработана для подбора рекуперативных пластинчатых теплообменников и блочных ИТП Alfa Laval. AlfaSelect© Designer позволяет получить максимальную информацию, включая спецификацию на русском языке и чертеж.
П.2	<a href="http://www.g-mar.ru/Progs.htm">http://www.g-mar.ru/Progs.htm</a> Программа расчета G-MAR позволяет выполнить тепловой и конструктивный расчет рекуперативного ТА
П.3	<a href="http://heat-m.ru/programma_raschta1">http://heat-m.ru/programma_raschta1</a> Программа расчета VERKER TM позволяет подобрать разборные теплообменники любой конфигурации, подобрать паяные теплообменники. Также VERKER TM позволяет подобрать кожухотрубные теплообменники.

### 3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Дисциплина "Тепломассообмен" обеспечена:

1	Мультимедийный проектор (ауд. 465, ауд. 141)
2	Ноутбук (ауд. 465, ауд. 141)
3	Лабораторное оборудование для исследования процессов переноса теплоты (ауд. 140): Лабораторная установки: «Определение коэффициента теплопроводности методом стержня»; «Определение коэффициента теплоотдачи в процессах свободной конвекции»; «Определение коэффициента теплоотдачи в процессах вынужденной конвекции»; «Определение коэффициента теплопередачи и термического КПД теплообменного аппарата».

## V. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА

Оценочные средства по дисциплине разработаны в соответствии с "Положением о фонде оценочных средств в ГОУ ВПО ДонНАСА".

### 1. ТЕМАТИКА РАСЧЕТНОЙ РАБОТЫ

Согласно учебному плану, по дисциплине "Тепломассообмен" предусмотрена самостоятельная расчетная работа.

Тематика и содержание задания на самостоятельную расчетную работу приведены в приложении 2

## 2. ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ

1. Температурное поле, изотермическая поверхность
2. Градиент температуры
3. Закон Фурье
4. Коэффициент теплопроводности. Физический смысл, зависимость от температуры
5. Уравнение Фурье для трехмерного нестационарного
6. температурного поля
7. Коэффициент температуропроводности. Физический смысл
8. Условия однозначности – краевые условия
9. Теплопроводность при стационарном режиме и граничных условиях I рода через однослойную плоскую стенку
10. Теплопроводность при стационарном режиме и граничных условиях I рода через многослойную плоскую стенку
11. Теплопроводность при стационарном режиме и граничных условиях I рода через однослойную цилиндрическую стенку
12. Теплопроводность при стационарном режиме и граничных условиях I рода через многослойную цилиндрическую стенку
13. 3.5 Теплопроводность при стационарном режиме и граничных условиях I рода через шаровую стенку
14. Основные понятия и определения
15. Физические свойства жидкостей
16. Основы теории пограничного слоя
17. Закон Ньютона-Рихмана. Коэффициент теплоотдачи – физический смысл
18. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена – математическая модель переноса теплоты конвекцией
19. Методы исследования явлений конвективного теплообмена. Класс явлений, группа явлений, единичное явление
20. Числа подобия. Константы подобия. Индикатор подобия. Числа, применяемые для изучения гидромеханического и теплового подобия двух или нескольких систем.
21. Теория подобия. Теоремы подобия – три теоремы подобия и их следствия.
22. Уравнения подобия
23. Средняя температура, определяющая температура. Эквивалентный диаметр
24. Математическая модель и механизм процесса. Отличие течений с гравитационным побудителем от процессов свободной конвекции. Задание условий однозначности для процессов свободной конвекции. Определяющие и определяемые числа подобия.
25. Теплообмен при свободном движении жидкости в неограниченном пространстве у вертикальной плиты или трубы
26. Теплообмен при свободном движении жидкости в неограниченном пространстве около горячих горизонтальных труб и нагретых горизонтальных поверхностей
27. Теплообмен в щелевых полостях и воздушных прослойках
28. Конвективный теплообмен при ламинарном течении жидкости в трубах. Два режима не изотермического движения: вязкостный и вязкостно-гравитационный. Определяющая температура, определяющая скорость, определяющий линейный размер.
29. Конвективный теплообмен при турбулентном течении жидкости в трубах. Расчет теплоотдачи в змеевиках. Учет соотношения  $l/d$ .
30. Конвективный теплообмен при переходном течении жидкости в трубах
31. Конвективный теплообмен при вынужденном движении жидкости вдоль пластины. Определяющая температура, определяющая скорость, определяющий линейный размер.
32. Конвективный теплообмен при поперечном омывании одиночной трубы. Определяющая температура, определяющая скорость, определяющий линейный размер.
33. Теплообмен при поперечном омывании пучков труб. Коэффициент теплоотдачи в шахматных и коридорных пучках.
34. Теплообмен при кипении жидкости. Процесс кипения на твердой поверхности и в объеме жидкости. Зависимость коэффициента теплоотдачи и плотности теплового потока от температурного напора.
35. Теплообмен при конденсации пара. Капельная и пленочная конденсация пара. Механизм образования пленки на горизонтальной трубе или поверхности и на вертикальной трубе или поверхности.
36. Влияние различных факторов на теплообмен при конденсации
37. Передача теплоты через плоскую однослойную стенку

38. Передача теплоты через плоскую многослойную стенку
39. Три этапа процесса передачи теплоты через твердую стенку
40. Коэффициент теплопередачи. Физический смысл, единицы измерения.
41. Термическое сопротивление. Физический смысл, единицы измерения.
42. Передача теплоты через цилиндрическую однослойную стенку
43. Передача теплоты через цилиндрическую многослойную стенку
44. Линейный коэффициент теплопередачи. Физический смысл, единицы измерения.
45. Критический диаметр тепловой изоляции
46. Передача теплоты через шаровую стенку
47. Передача теплоты через ребристую стенку. Коэффициент эффективности ребер, коэффициент оребрения.
48. Классификация теплообменных аппаратов
49. Методика теплового и конструктивного расчета рекуперативных теплообменных аппаратов
50. Природа теплового излучения. Понятия и определения.
51. Интегральное излучение. Плотность поверхностного и объемного интегрального излучения.
52. Коэффициенты поглощения, отражения, пропускания. Понятие и свойства абсолютно черного тела.
53. Основной закон теплового поглощения. Интенсивность излучения. Коэффициент абсорбции или коэффициент поглощения вещества.
54. Закон Планка
55. Закон Вина
56. Закон Стефана-Больцмана. Спектральная степень черноты. Коэффициент излучения серого тела
57. Закон Кирхгофа
58. Закон Ламберта
59. Теплообмен излучением между параллельными пластинами
60. Теплообмен излучением между телами, одно из которых находится внутри другого
61. Влияние экранов на теплообмен излучением
62. Излучение газов
63. Расчет теплообмена излучением между газом и стенками канала
64. Сложный теплообмен
65. Теплообмен в котельных топках
66. Формулировка задачи нестационарной теплопроводности
67. Определяющие числа подобия
68. Неограниченная пластина
69. Расчет температурного поля при нестационарной теплопроводности для случая охлаждения плоско-параллельной пластины
70. Анализ уравнения температурного поля для случая охлаждения (нагревания) бесконечной пластины
71. Определение количества теплоты, отданного пластиной в процессе охлаждения
72. Охлаждение (нагревание) бесконечно длинного цилиндра
73. Определение количества теплоты, отданного цилиндром
74. Охлаждение (нагревание) тел конечных размеров. Охлаждение (нагревание) параллелепипеда.
75. Охлаждение (нагревание) тел конечных размеров. Охлаждение (нагревание) полуограниченного прямоугольного стержня.
76. Охлаждение (нагревание) тел конечных размеров. Охлаждение (нагревание) цилиндра конечной длины

### **3. ПРИМЕРЫ ТЕСТОВ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ**

**Плотность теплового потока при передаче теплоты теплопроводностью через стенку обратно пропорциональна:**

- А) Температурному напору;
- Б) Коэффициенту теплопроводности материала стенки;
- В) Термическому сопротивлению стенки;
- Г) Градиенту температур в теле.

**Интенсивность процесса теплопередачи зависит от:**

- А) Коэффициента теплоотдачи от горячей жидкости стенке и коэффициента теплоотдачи от стенки к холодной жидкости;
- Б) Теплопроводных свойств стенки, через которую происходит процесс теплопередачи;
- В) Коэффициентов теплоотдачи с обеих сторон стенки и коэффициента теплопроводности материала стенки;

Г) Коэффициента теплоотдачи от горячей жидкости стенке.

**Соотношение толщин динамического и теплового пограничных слоев при конвективном теплообмене определяется величиной безразмерного числа:**

$$A) Gr = \frac{\beta \cdot g \cdot l^3 \cdot \Delta t}{\nu^2}; \quad B) Re = \frac{\omega \cdot l}{\nu}; \quad B) Pr = \frac{Pe}{Re} = \frac{\nu}{a}; \quad \Gamma) Nu = \frac{\alpha \cdot l}{\lambda}.$$

**Различие между отдельными единичными явлениями, входящими в определенную группу явлений теплопереноса состоит в:**

- A) различных по форме и содержанию условиях однозначности;
- Б) различии численных значений величин, входящих в размерные условия однозначности;
- В) различии дифференциальных уравнений, описывающих данный процесс.

**При расчете конвективного теплообмена в тепловых аппаратах искомыми величинами являются:**

- A) Коэффициент теплоотдачи  $\alpha$  и гидравлическое сопротивление  $\Delta P$ ;
- Б) Коэффициент теплоотдачи  $\alpha$  и коэффициент теплопроводности  $\lambda$ ;
- В) Коэффициент теплопроводности  $\lambda$  и гидравлическое сопротивление  $\Delta P$ ;
- Г) Коэффициент теплопередачи  $k$  и тепловой поток  $Q$ .

**В уравнениях подобия (критериальных уравнениях) конвективного теплообмена соотношение  $(Pr_{ж}/Pr_{ст})^{0,25}$  учитывает:**

- A) Изменение вязкостных свойств жидкости в зависимости от температуры;
- Б) Изменение коэффициента температуропроводности жидкости в зависимости от температуры;
- В) Направление теплового потока при теплоотдаче (нагревание или охлаждение).
- Г) Влияние гравитационной составляющей.

**Наибольшие значения коэффициента теплоотдачи и плотности теплового потока при кипении на твердой поверхности имеют место:**

- A) в условиях свободной конвекции однофазной жидкости;
- Б) в критической точке К;
- В) при развитом пленочном кипении;
- Г) при развитом пузырьковом кипении.

**Коэффициент теплоотдачи при конденсации на твердой поверхности...**

- A) тем выше, чем больше толщина пленки конденсата;
- Б) тем ниже, чем больше толщина пленки конденсата;
- В) зависит только от теплопроводных свойств жидкости;
- Г) не зависит от толщины пленки конденсата.

**Количество энергии теплового излучения в основном зависит от...**

- A) Температуры окружающей тело среды.
- Б) Физических свойств и температуры излучающего тела.
- В) От коэффициентов поглощения и температур окружающих тел.
- Г) От отражательной способности окружающих тел.

**Расчет количества теплоты отданного (или воспринятого) телом при нестационарной теплопроводности в интересующий нас момент времени сводится к определению:**

- A) средней температуры тела в этот момент времени;
- Б) температуры среды в этот момент времени;
- В) размеров тела;
- Г) температуры поверхности тела в этот момент времени.

#### 4. ПРИМЕРЫ ЗАДАЧ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

**Задача 1.** Для уменьшения тепловых потерь стеной здания и повышения температуры внутренней поверхности стены во избежание сырости в помещении применена изоляция из пробки ( $\lambda_{п}=0,035 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{град}}$ ) толщиной  $\delta_{п}=50\text{мм}$ . Толщина кирпичной кладки  $\delta_{к}=510\text{мм}$

( $\lambda_{к}=0,93 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{град}}$ ). Изоляция может быть расположена с наружной или с внутренней поверх-

ности стены. Определить значение температуры поверхности стены на границе кирпичной кладки и тепловой изоляции для каждого варианта, если температура поверхности с наружной стороны ( $-20^{\circ}\text{C}$ ), а с внутренней  $18^{\circ}\text{C}$ . Определить координаты изотермической поверхности с  $t=0^{\circ}\text{C}$  (от внутренней поверхности).

**Задача 2.** Определить разность температур на поверхностях стальной стенки котла, работающего при давлении  $P=10$ бар (по показанию манометра). Толщина стенки котла 10мм. Температура воды, поступающей в котёл  $20^{\circ}\text{C}$ . С 1 погонного метра стенки снимается 100кг/час сухого насыщенного пара. Теплопроводность стенки  $\lambda=400 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{град}}$ . Стенку считать цилиндрической с внутренним диаметром  $d=150$ мм.

### 5. ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ

Индивидуальными заданиями являются расчеты процессов тепломассообмена и расчёт рекуперативного теплообменного аппарата.



## ФОРМИРОВАНИЕ БАЛЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### *Формирование балльной оценки по дисциплине "Тепломассообмен"*

При организации обучения по кредитно-модульной системе для определения уровня знаний студентов используется модульно-рейтинговая система их оценки, которая предполагает последовательное и систематическое накопление баллов за выполнение всех запланированных видов работ.

В соответствии с "Положением о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов при кредитно-модульной системе организации учебного процесса в Донбасской национальной академии строительства и архитектуры" (от 30.11.2015 г.) распределение баллов, формирующих рейтинговую оценку работы студента, осуществляется следующим образом:

- для дисциплин с промежуточной аттестацией в форме "экзамен"

Виды работ	Максимальное количество баллов
Посещаемость	10
Текущий контроль	40
Модульный контроль	40
Творческий рейтинг	10
<b>ИТОГО</b>	<b>100</b>
Промежуточная аттестация (экзамен с оценкой)	40*

\* - проводится в случае:

1) несогласия студента с итоговой семестровой оценкой, соответствующей диапазону накопительных баллов 60-89, и желания её повысить;

2) если сумма накопительных баллов составляет диапазон 35-59 при условии выполнения в полном объёме заданий текущего контроля.

#### **1. Посещаемость**

В соответствии с утверждённым учебным планом по направлению 08.03.01 "Строительство", профиль "Теплогазоснабжение и вентиляция" по дисциплине предусмотрено:

• семестр четвертый – 18 лекционных, 9 практических и 9 лабораторных занятий, всего 36.

За посещение одного занятия студент набирает  $10/36=0,28$  балла.

## 2. Текущий и модульный контроль

Наименование раздела/ темы, выносимых на контроль	Форма проведения контроля		Количество баллов, максимально	
	текущий контроль	модульный контроль	текущий контроль	модульный контроль
Модуль 1: Разделы 1 и 2	защита лабораторных работ; выполнение индивидуальных заданий	автоматизированный тест-контроль	10	20
Модуль 2: Разделы 3, 4, 5	защита лабораторных работ; выполнение расчетной работы	автоматизированный тест-контроль	30	20
<b>Всего</b>			<b>40</b>	<b>40</b>

## 3. Творческий рейтинг

Распределение баллов осуществляется по решению методической комиссии кафедры и результат распределения баллов за соответствующие виды работ представляются в виде следующей таблицы:

Наименование раздела / темы дисциплины	Вид работы	Количество баллов
Раздел 3. Сложный теплообмен Раздел 4. Теплообменные аппараты	Подготовка научной публикации в соавторстве с преподавателем; написание реферата	5
	Подготовка и выступление с докладом на студенческой научной конференции	5
<b>ИТОГО</b>		<b>10</b>

## 4. Промежуточная аттестация

Экзамен по результатам изучения учебной дисциплины "Тепломассообмен" в четвертом семестре осуществляется в письменной форме по экзаменационным билетам, включающим два теоретических вопроса и задачу.

Оценка по результатам экзамена выставляется по следующим критериям:

- правильный ответ на первый вопрос – 10 баллов;
- правильный ответ на второй вопрос – 10 баллов;
- правильное решение задачи – 20 баллов;

Итого – 40 баллов.

В случае частично правильного ответа на вопрос или решение задачи, студенту начисляется определяемое преподавателем количество баллов.

Соответствие 100-балльной шкалы оценивания академической успеваемости государственной шкале и шкале ECTS приведено ниже

СУММА БАЛЛОВ	ШКАЛА ECTS	Оценка по государственной шкале	
		экзамен	зачёт
90-100	A	"отлично" (5)	"зачтено"
80-89	B	"хорошо" (4)	
75-79	C		
70-74	D	"удовлетворительно" (3)	
60-69	E		
35-59	FX	"неудовлетворительно" (2)	"не зачтено"
0-34	F		

## ДОНБАССКАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ

Кафедра Теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции

Дисциплина Тепломассообмен

Курс \_\_\_\_\_ Группа \_\_\_\_\_ Семестр \_\_\_\_\_

### ЗАДАНИЕ на расчетную работу

Студента \_\_\_\_\_

(фамилия, имя, отчество)

**1. Тема работы** Тепловой и конструктивный расчет теплообменного аппарата

**2. Исходные данные для работы:**

2.1 Вид ТА \_\_\_\_\_

2.2 Данные о греющем теплоносителе

а) Горячая вода: давление  $P_1 = \underline{\hspace{2cm}}$ ;

Температура на входе в ТА  $t_1' = \underline{\hspace{2cm}}$  °С;

Температура на выходе из ТА  $t_1'' = \underline{\hspace{2cm}}$  °С.

б) Перегретый пар:  $P_1 = \underline{\hspace{2cm}}$ ;  $t_1 = \underline{\hspace{2cm}}$  °С.

в) Влажный насыщенный пар:  $P_1 = \underline{\hspace{2cm}}$ .

д) Влажный ненасыщенный пар:  $P_1 = \underline{\hspace{2cm}}$ ;  $x = \underline{\hspace{2cm}}$ .

2.3 Данные о нагреваемом теплоносителе:

Вода, расход которой составляет:  $G_2 = \underline{\hspace{2cm}}$  кг/с; температура воды на входе и на выходе из

ТА:  $t_2' = \underline{\hspace{2cm}}$  °С;  $t_2'' = \underline{\hspace{2cm}}$  °С.

**3. Содержание расчетно-пояснительной записки (перечисление вопросов, которые подлежат разработке):**

1)Тепловой расчет ТА: совместное решение уравнений теплового баланса и теплопередачи с целью определения поверхности нагрева и конструктивных размеров теплообменного аппарата: диаметра и количества трубок; внутреннего диаметра кожуха; диаметров патрубков подвода и отвода теплоносителей; размеров фланцев и т.д. 2)Конструктивно-механический расчет: определение допустимой толщины стенки кожуха ТА и трубок трубной решетки и сравнение допустимых (расчетных) значений с принятыми толщинами.3)Гидравлический расчет ТА: определение гидродинамических потерь напора при движении теплоносителей через ТА и определение необходимой мощности электродвигателей насосов для прокачки теплоносителей.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

(подпись)

(Ф.И.О.)

**ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО БИЛЕТА**

Министерство образования и науки Донецкой Народной Республики  
Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
"Донбасская национальная академия строительства и архитектуры"

Факультет инженерных и экологических систем в строительстве  
Кафедра «Теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции»

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1**

по дисциплине «Тепломассообмен»

Направление «08.03.01 Строительство»

Профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция»

1. Теплообмен излучением. Общие понятия и определения.
2. Теплопроводность при нестационарном режиме и граничных условиях III рода. Охлаждение, нагрев тел конечных размеров.
3. Задача. Через прямоугольный закрытый бак размером  $1,6 \times 0,9 \times 0,7$  м протекает раствор хлористого натрия при температуре  $t_2 = -21^\circ\text{C}$ . Бак воспринимает теплоту от окружающего воздуха температурой  $t_1 = 14^\circ\text{C}$ . Стенка бака стальная толщиной  $\delta = 4$  мм. Коэффициент теплопроводности стали  $\lambda_c = 49 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{град}}$ , коэффициент теплоотдачи от стенки бака к раствору  $\alpha_p = 535 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{град}}$ , от воздуха к стенке  $\alpha_v = 24,4 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{град}}$ . Найти частные термические сопротивления теплоотдачи  $R_1$  и  $R_3$ , теплопроводности  $R_2$  и общее сопротивление, плотность теплового потока  $q$  и температуры на внутренней и наружной поверхностях стенки.

Утверждено на заседании кафедры « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 года, протокол № 1

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Лукьянов А.В.  
(подпись) (Ф.И.О.)

*Лист регистрации изменений*

№ п/п	№ изм. стр.	Содержание изменений	Утверждение на заседании кафедры (протокол № от )	Подпись ли- ца, внёсшего изменения
1		<i>РІД актуально на 2018-2019 учебный год</i>	<i>№1 от 29.08.18</i>	