

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

**«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра строительства,  
теплоэнергетики  
и транспорта

**Б1.В.07 ТЕПЛОМАССОБМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ  
ПРЕДПРИЯТИЙ**

*Методические указания к самостоятельной работе  
по направлению подготовки*

*13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» (уровень бакалавриата), профиль подготовки  
«Энергообеспечение предприятий»*

Мурманск  
2020

Составитель - Пантилеев Сергей Петрович, доцент кафедры строительства, теплоэнергетики и транспорта»

Методические указания к самостоятельной работе по дисциплине: «Тепломассообменное оборудование предприятий по направлению подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» (уровень бакалавриата), профиль подготовки «Энергообеспечение предприятий» рассмотрены и одобрены на заседании кафедры-разработчика строительства, теплоэнергетики и транспорта

дата

Рецензент – Нечаев Евгений Павлович, кандидат технических наук

Методические указания (далее – МУ) составлены в соответствии с учебным планом и программой по дисциплине «Тепломассообменное оборудование предприятий». МУ содержит тематический план лекций, семинарских занятий, контрольные вопросы. В МУ представлены источники основной и дополнительной литературы. В МУ даны рекомендации для самостоятельного изучения теоретического курса дисциплины и подготовки к промежуточному и итоговому контролю. МУ предназначены для студентов, обучающихся по направлению 13.03.01 –«Теплоэнергетика и теплотехника», профиля «Энергообеспечение предприятий».

## **СОДЕРЖАНИЕ**

### **ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ**

#### **1. СТРУКТУРА И ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ**

#### **2. МЕТОДИКА РЕАЛИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ИЗУЧЕНИЮ**

#### **ТЕОРЕТИЧЕСКОГО КУРСА**

##### **2.1 Перечень тем теоретического цикла для самостоятельного изучения**

##### **2.2 Контрольные вопросы**

#### **3 МЕТОДИКА РЕАЛИЗАЦИИ ДРУГИХ ВИДОВ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**

#### **4 РЕАЛИЗАЦИЯ ГРАФИКА САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**

#### **5 БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

## **ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ**

Целью методических указаний по изучению курса является обеспечение эффективности самостоятельной работы студентов на основе усвоения материала курса лекций, подготовки рефератов и работы с литературой путем рациональной организации ее изучения.

Задачи настоящих методических указаний по изучению дисциплины включают:

- активизацию самостоятельной работы студентов,
- содействие развитию творческого отношения студентов к учебе,
- выработку умений и навыков рациональной работы с литературой,
- обеспечение контроля за ходом самостоятельной работы студентов и ее результатами,
- управление познавательной деятельностью студентов.

Актуальность и значимость учебной дисциплины «Тепломассообменное оборудование предприятий» основывается на том, что это направление, объединяющее дисциплины тепломассообмен и теплоэнергетическое оборудование, имеет большое значение для проектирования, конструирования и эксплуатации тепломассообменного оборудования предприятий промышленности.

### **Целями освоения дисциплины:**

подготовка студента к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой по направлению подготовки;

изучение тепломассообменного оборудования предприятий для последующего его подбора, расчета, проектирования и эксплуатации;

формирование знаний и умений, необходимых для самостоятельного обоснованного выбора методов решения прикладных задач в предметной сфере деятельности.

### **Задачи дисциплины:**

изучение понятийного аппарата дисциплины, основных теоретических положений и методов, привитие навыков применения теоретических знаний для решения практических задач.

В результате освоения дисциплины должны быть сформированы следующие компетенции:

способен к разработке схем размещения объектов профессиональной деятельности (ОПД) в соответствии с технологией производства (ПК-1).

готовность к разработке мероприятий по энерго- и ресурсосбережению на ОПД (ПК-4).

В результате освоения дисциплины студент должен демонстрировать освоение указанными компетенциями по дескрипторам «знания, умения, владения», соответствующие тематическим модулям дисциплины, и применимые в их последующем обучении и профессиональной деятельности:

### **Знать:**

методы сбора и анализа исходных данных для проектирования элементов оборудования и технологических процессов, техническую и нормативную документацию для проектирования и эксплуатации технологических энергосистем предприятий(ПК-1);

типовые методики расчета тепло-массообменных процессов при проектировании и эксплуатации теплотехнического оборудования, стандартные средства и системы автоматизации при проектировании технологических энергосистем предприятий (ПК-4).

### **Уметь:**

составлять структурные схемы элементов теплообменного оборудования предприятий с использованием нормативной документации(ПК-1);

анализировать научно-техническую информацию, изучать отечественный и зарубежный опыт, анализировать информацию о новых типах и конструкциях теплообменного оборудования, принципах их действия, методах их расчета и проектирования (ПК-1);

проводить гидравлические и тепло-массообменные расчёты применительно к теплообменному оборудованию по типовым методикам с использованием нормативной документации и современных методов поиска и обработки информации, применять современные средства и системы автоматизированного проектирования технологических систем предприятий (ПК-4);

выполнять проектно-конструкторские расчеты и оформлять законченные проектно-конструкторские работы в соответствии со стандартами, техническими условиями и другими нормативными документами (ПК-4).

**Владеть:**

навыками проектирования теплообменного оборудования с использованием технической и нормативной документации и современных методов поиска и обработки информации (ПК-1);

методами проведения тепловых и гидравлических расчетов теплообменного оборудования с использованием нормативной документации, навыками применения современных систем автоматизированного проектирования при выполнении проектных работ (ПК-4).

По целевому направлению и месту в учебных планах настоящий курс логически связывает между собой общетехнические и общеинженерные дисциплины.

В ходе освоения курса студенты применяют знания и используют навыки, полученные по дисциплинам в предыдущих курсах.

Чтобы восполнить необходимые знания по этим предметам, можно воспользоваться дополнительной литературой:

1. Теплоэнергетика и теплотехника. Общие вопросы. Справочник / Под ред. В. А. Григорьева, В. М. Зорина. – М.: Энергоатомиздат, 1991.

2. Сазанов Б.В. Промышленные теплоэнергетические установки и системы: учеб. пособие для вузов / Б.В. Сазанов, В.И. Ситас. — М.: Издательский дом МЭИ, 2014. — 275с.: ил.

Условием успешной профессиональной деятельности выпускника МГТУ и его дальнейшего карьерного роста является его профессиональная мобильность, умение самостоятельно получать новые знания, повышать квалификацию.

Учебной программой дисциплины «Теплообменное оборудование предприятий» предусмотрено 40% для очной формы обучения (60% для очно-заочной формы обучения) (86% для заочной формы обучения) объема времени изучения материала на самостоятельную работу студентов. Данный вид работы является обязательным для выполнения. При самостоятельном выполнении различных видов заданий студент учится принимать самостоятельно решения, разбирать и изучать новый материал, работать с периодической научной литературой.

При самостоятельной работе над теоретическим курсом студент пользуется методическими материалами из списка основной и дополнительной литературы, электронных методических изданий, перечня программного обеспечения, методических указаний, используемых в учебном процессе, приведенными в рабочей программе дисциплины.

Во время самостоятельной работы студенты по рекомендованной литературе работают над выполнением отдельных разделов и тем дисциплины.

Самостоятельная работа по курсу «Тепломассообменное оборудование предприятий» включает:

- самостоятельное изучение теоретического материала с использованием рекомендуемой литературы;
- решение задач в контрольной работе;
- расчёт характеристик теплообменного оборудования в РГР.

## **1. СТРУКТУРА И ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ**

Объем учебного времени, необходимого для освоения курса –6 зачетные единицы, что составляет 216 учебных часа, в том числе самостоятельная работа в объеме не менее 96 часов для очной формы обучения (128 для очно-заочной формы обучения) (186 для заочной формы обучения).

Виды занятий: лекционные, практические, самостоятельная работа: изучение теоретического материала, реферирование, подготовка к промежуточному и итоговому контролю. Форма контроля – «зачет и экзамен»

Самостоятельное изучение теоретического курса необходимо, поскольку в лекциях представлен только основной материал курса, а также обозначены проблемные и перспективные направления методов совершенствования конструкций теплообменного оборудования промышленности. Для более подробного изучения этих вопросов студентам предлагается список необходимой литературы, имеющейся в библиотеке университета.

При подготовке к практическим занятиям также обязательно освоение теоретического материала по теме занятия. Вся необходимая информация представлена в рабочей программе дисциплины, методическом руководстве к практическим занятиям и рекомендованных литературных источниках.

Контроль самостоятельной работы с научной и учебной литературой обеспечивается подготовкой рефератов и презентаций по предлагаемым темам разделов дисциплины, а также при проведении промежуточного контроля в соответствии с графиком занятий

## **2. МЕТОДИКА РЕАЛИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ИЗУЧЕНИЮ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО КУРСА**

Теоретический материал осваивается студентами не только в ходе прослушивания лекций, но также и в процессе самостоятельной работы.

В рабочей программе дисциплины выделен раздел для самостоятельного изучения теоретического материала. Для этого по каждому разделу (модулю) дисциплины обозначены вопросы и дан список рекомендованной литературы.

Таблица 1 - Разделы дисциплины и виды занятий в часах

Вид учебной нагрузки	Распределение трудоемкости дисциплины по формам обучения											
	Очная				Очно-заочная				Заочная			
	Семестр			Всего часов	Семестр			Всего часов	Семестр/Курс		Всего часов	
	6	7			8	9			9/5	10/5		
Лекции	12	32		44	8	16		24	8	2		10
Практические работы	20	30		50	10	18		28	2	12		14
Лабораторные работы												
Контактная работа для выполнения курсовой работы (проекта)												
Самостоятельная работа	40	46		86	54	74		128	62	124		186
Выполнение курсовой работы (проекта)												
Подготовка к промежуточной аттестации		36		36		36		36		9		8
Всего часов по дисциплине	72	144		216	72	144	216		72	144		216

Формы промежуточной аттестации и текущего контроля

Экзамен		1		1		1		1		1		1
Зачет	1					1						
Контрольная работа	1	1		2		1		2		1		1
Количество расчетно-графических работ												1
		1		1		1		1		1		

2.1 Перечень тем теоретического цикла для самостоятельного изучения

Содержание разделов (модулей), тем дисциплины	Количество часов, выделяемых на виды учебной подготовки по формам обучения		
	Очная Л/ЛР/ПЗ/СРС	Очно-заочная Л/ЛР/ПЗ/СРС	Заочная Л/ЛР/ПЗ/СРС
Модуль 1. Тепломассообменное оборудование промышленных предприятий.			
Тема 1. Введение. Основные виды и классификация теплообменного оборудования промышленных предприятий.	4/-/4/8	2/-/2/12	1/-/1/20
Тема 2. Рекуперативные теплообменные аппараты.	4/-/4/8	2/-/2/12	1/-/1/20
Тема 3. Тепловые трубы	4/-/6/10	2/-/2/12	1/-/1/20

Содержание разделов (модулей), тем дисциплины	Количество часов, выделяемых на виды учебной подготовки по формам обучения		
	Очная Л/ЛР/ПЗ/СРС	Очно-заочная Л/ЛР/ПЗ/СРС	Заочная Л/ЛР/ПЗ/СРС
Модуль 2. Тепломассообменные аппараты и установки.			
Тема 4. Регенеративные теплообменные аппараты и установки.	4/-/6/10	2/-/2/12	1/-/2/20
Тема 5. Выпарные и кристаллизационные установки.	6/-/6/10	2/-/4/14	1/-/2/20
Тема 6. Смесительные теплообменники.	6/-/6/10	2/-/4/14	1/-/2/20
Тема 7. Сушильные установки.	6/-/6/10	4/-/4/14	1/-/2/22
Тема 8. Перегонные и ректификационные установки.	4/-/6/10	4/-/4/14	1/-/2/22
Модуль 3. Холодоснабжение предприятий.			
Тема 9. Холодоснабжение предприятий.	6/-/6/10	4/-/4/14	2/-/2/22
<b>ИТОГО</b>	<b>44/-/50/86</b>	<b>24/-/28/128</b>	<b>10/-/14/186</b>

## Содержание разделов дисциплины

### Модуль 1 «Тепломассообменное оборудование промышленных предприятий»

#### Тема 1. Введение.

Основные виды и классификация теплообменного оборудования промышленных предприятий. Понятия, определения и классификация промышленного теплообменного оборудования. Теплообменные и тепломассообменные аппараты. Теплоносители.

**Основная литература:**[1] стр. 3 - 13.

**Дополнительная литература:** [2] стр. 3 - 12.

#### Вопросы для самопроверки

1. Назначение и применение теплотехнического оборудования в промышленности.
2. Классификация теплообменных и теплоиспользующих аппаратов и установок.
3. Основные направления и перспективы развития теплообменных и теплоиспользующих аппаратов и установок.
4. Теплоносители, применяемые в теплообменных аппаратах, их характеристика, преимущества и недостатки.
5. Свойства высокотемпературных теплоносителей, и в каких случаях их рационально применять?

#### Тема 2. Рекуперативные теплообменные аппараты.

Конструкции рекуперативных теплообменных аппаратов. Расчет и последовательность проектирования теплообменных аппаратов (тепловой конструктивный расчет, поверочный тепловой расчет, компоновочный и гидравлический расчеты).

**Основная литература:**[1], стр. 14 - 20; [2]. стр. 12 - 54.

**Дополнительная литература:** [7], [8]

### **Вопросы для самопроверки**

1. Назовите основные виды теплообмена и режимы движения теплоносителей в теплообменных аппаратах.
2. Чем отличается коэффициент теплоотдачи от коэффициента теплопередачи?
3. В каких случаях нельзя пользоваться формулой, полученной для плоской стенки при расчете коэффициента теплопередачи через стенку круглой трубы?
4. С какой из сторон стенки, разделяющей холодный воздух и горячую воду, целесообразно интенсифицировать теплообмен, чтобы увеличить коэффициент теплопередачи?
5. При какой схеме движения теплоносителей, не меняющих агрегатное состояние, средний температурный напор будет наименьшим, и при какой – наибольшим?
6. Влияет ли схема движения теплоносителей на средний температурный напор, если происходит фазовое превращение обоих или хотя бы одного из теплоносителей?
7. Когда коэффициент теплоотдачи выше: при внешнем поперечном обтекании трубы или при движении теплоносителя с той же скоростью в трубе?
8. В каком из теплообменников – кожухотрубчатом или подогревателе-аккумуляторе – выше коэффициент теплопередачи при использовании одних и тех же теплоносителей с одинаковыми начальными температурами?
9. В каких случаях целесообразно применять ребристые трубы?
10. Когда выше коэффициент теплоотдачи – при конденсации на вертикальной или горизонтальной трубе?
11. Назовите достоинства и недостатки воды и воздуха по сравнению с водяным паром и высокотемпературными теплоносителями.
12. Какой из теплоносителей – воду, прошедшую термическую и химическую обработку, или дымовые газы – следует подавать в межтрубное пространство кожухотрубчатого теплообменника?
13. Перечислите способы компенсации температурных напряжений в теплообменнике.
14. Назовите наиболее распространенные способы крепления труб в трубной решетке.
15. Какие уравнения являются основными и общими для расчета теплообменных аппаратов различных конструкций?

### **Тема 3. Тепловые трубы.**

Принцип действия тепловой трубы. Тепловые трубы с капиллярно-пористыми материалами. Термосифоны. Пример расчета.

**Основная литература:**[1], стр. 28 - 36.

**Дополнительная литература:** [7], [8]

### **Вопросы для самопроверки**

1. Объясните принцип работы тепловых и вихревых труб.
2. Для чего нужны фитили в ТТ (тепловой трубе) с капиллярно-пористым материалом?
3. Для каких материалов – с малым или большим радиусом пор – сила капиллярного впитывания больше?
4. Как зависит расход жидкости по фитилю от коэффициента проницаемости «К»?
5. Какие конструкции фитилей Вы знаете?

6. Как влияет присутствие нейтрального газа в ТТ на ее теплопередающую способность?
7. Какие свойства теплоносителей влияют на теплопередающую способность ТТ.
8. Что подразумевается под совместимостью материалов фитиля, корпуса ТТ и теплоносителя?

## **Модуль 2 «Тепломассообменные аппараты и установки»**

### **Тема 4. Регенеративные теплообменные аппараты и установки.**

Конструкции регенеративных теплообменных аппаратов и установок. Особенности теплообмена в слое. Тепловой расчет регенераторов. Аппараты с кипящим слоем.

**Основная литература:**[1] стр. 20 -23, 36.39; [2]. стр. 54 - 58.

**Дополнительная литература:** [3] стр. 38 – 57.

#### **Вопросы для самопроверки**

1. Конструкции регенеративных теплообменных аппаратов.
2. Тепловой расчет регенераторов.
3. Регенеративные аппараты с кипящим слоем.
4. Условия существования взвешенного слоя.
5. Что такое порозность зернистого слоя  $\epsilon$ ?
6. Численные значения порозности взвешенного слоя  $\epsilon$ .
7. Число псевдооживления.
8. Что такое критическая скорость?
9. Что такое скорость витания?
10. Объясните постоянство сопротивления слоя при изменении скорости потока от критической до скорости уноса.
11. Свойства, присущие взвешенному слою.
12. какую функцию выполняют в сушильных агрегатах циклоны и скруббера?

### **Тема 5. Выпарные и кристаллизационные установки.**

Свойство растворов. Выпаривание растворов. Технологические схемы выпарных установок. Выпарные аппараты. Тепловой расчет. Расчет выпарных аппаратов. Кристаллизационные установки.

**Основная литература:**[1], стр. 102 - 112; [2]. стр. 88 - 103.

**Дополнительная литература:** [9] стр. 6 - 36; [2] стр. 7 – 65; [5] стр. 125 - 156.

#### **Вопросы для самопроверки**

1. Чем отличается выпаривание водных растворов от испарения чистой воды
2. Как изменяется коэффициент теплоотдачи от стенки кипящему раствору с повышением концентрации раствора
3. Назовите основные методы выпаривания растворов.
4. Какие три вида депрессий приходится учитывать при расчете выпарной установки и какая из них имеет наибольшее значение
5. Какие преимущества имеет применение вакуума в выпарной установке
6. Для каких целей применяют выпарные установки с тепловыми насосами
7. Какое значение имеет многоступенчатый принцип выпаривания

8. Назовите источники вторичной теплоты в выпарных установках и пути ее использования.
9. Как определить располагаемую и полезную разности температур при тепловом расчете выпарной установки
10. Напишите уравнения материального и теплового балансов для выпарного аппарата.

#### **Тема 6. Смесительные теплообменники.**

Применение смесительных теплообменников. Аппараты с неподвижным контактом газов и жидкости. Скрубберы. Пример расчета скруббера.

**Основная литература** [2]. стр. 61 - 82.

**Дополнительная литература:** [5] стр. 74 – 102; [11].

#### **Вопросы для самопроверки**

1. Классификация смесительных ТОА.
2. Основные конструкции смесительных аппаратов.
3. Аппараты с непосредственным контактом газов и жидкости (скрубберы).
4. Барботажные и пенные аппараты.
5. Насадочные аппараты.
6. Струйные смесительные аппараты.
7. Эжекторные скрубберы.

#### **Тема 7. Сушильные установки.**

Механическое обезвоживание. Свойства влажных материалов как объектов сушки. Процесс сушки. Динамика сушки. Кинетика сушки. Конвективная сушка. Материальный и тепловой балансы конвективных сушильных установок. Сушка твердых дисперсионных материалов. Сушка жидкотекучих материалов.

**Основная литература:**[1], стр. 55 - 80; [2]. стр. 103 - 189.

**Дополнительная литература:** [4].

#### **Вопросы для самопроверки**

1. Назовите установки, применяемые для сушки жидкотекучих материалов.
2. Опишите устройство и принцип действия распылительной сушилки.
3. Назовите основные способы интенсификации сушки материала в распылительных сушилках.
4. Опишите схему сушки распылением с рециркуляцией пылевых фракций и их агломерацией.
5. Опишите схему сушки термостойких растворов с предварительным перегревом.
6. Опишите схему испарительного сушильного агрегата для термочувствительных растворов.
7. Опишите устройство и принцип действия барабанной сушилки-гранулятора.
8. Назовите установки, применяемые для сушки дисперсных сыпучих материалов.
9. Опишите устройство и принцип действия камерной сушилки с подвижными полками.
10. Опишите устройство и принцип действия барабанной сушилки.

11. Какие виды насадки по длине барабана применяют в барабанной сушилке и от чего зависит вид насадки?
12. В чем преимущества сушки во взвешенном слое по сравнению с сушкой того же материала в неподвижном слое?
13. Опишите устройство и принцип действия сушилки «кипящего» слоя.
14. Почему нецелесообразно применять сушилки цилиндрической формы для сушки полидисперсного материала?
15. В чем преимущества и недостатки сушилки «кипящего» слоя по сравнению с барабанной?
16. Назовите основные преимущества и недостатки трубной пневматической сушилки.
17. В чем особенность сушки в пневмосушилках с плоским спиральным каналом и циклонным сепаратором?
18. Назовите установки, применяемые для сушки формованных изделий.
19. Опишите устройство и принцип действия камерной сушилки.
20. Опишите устройство и принцип действия туннельной сушилки.

### **Тема 8. Перегонные и ректификационные установки.**

Общие сведения о перегонке и ректификации. Ректификационные установки. Конструкции ректификационных колонн. Роторные, центробежные и пленочные колонны.

**Основная литература:**[1], стр. 80 -89; [2]. стр. 191 -198.

**Дополнительная литература:** [5] стр. 157 - 179

#### **Вопросы для самопроверки**

1. Конструкции ректификационных колонн.
2. Перегонка и ректификация (процессы тепло и массообмена).
3. Процессы дистилляции и ректификации, их сущность.
4. Сравнительная характеристика ректификационных установок непрерывного и периодического действия
5. Тепловой баланс и определение расхода пара в ректификационной установке непрерывного действия.

### **Модуль 3 «Холодоснабжение предприятий»**

#### **Тема 9. Холодоснабжение предприятий.**

Термодинамические основы охлаждения. Адиабатическое расширение и дросселирование. Вихревой и термоэлектрические эффекты. Функциональные схемы и теоретические циклы работы одноступенчатой паровой холодильной машины и их теоретические расчеты. Рабочие вещества паровых холодильных машин и хладонносители. Анализ теоретических и действительных рабочих процессов в цилиндре компрессора. Объемные и энергетические потери в компрессоре. Компрессоры холодильных машин (классификация, Герметичные, Ротационные, Винтовые, Бессальниковые, Турбокомпрессоры). Абсорбционные, парожекторные и воздушные холодильные машины. Теплообменные аппараты и вспомогательное оборудование холодильных машин. Расчет компрессоров, испарителей и охлаждающих батарей, воздухоохлаждателей и вспомогательных аппаратов.

**Основная литература:**[12].

**Дополнительная литература:** [12].

**Вопросы для самопроверки**

1. По каким направлениям технического прогресса используется хладотехника?
2. Какие виды установок входят в состав техники низких температур?
3. Назовите области применения холодильной техники?
4. Назовите основные способы получения искусственного холода?
5. Какой способ получения холода наиболее распространен и почему?
6. Что называют дроссельэффектом и как он используется в технике низких температур?
7. Что представляет собой детандер и где он используется?
8. Какое устройство называют вихревой трубой?
9. В чем заключается термоэлектрический способ получения холода?
10. Как классифицируются холодильные машины по виду используемой энергии?
11. Как классифицируются ХМ в зависимости от схемы и вида термодинамического цикла?
12. Назовите достоинства и недостатки парокompрессионных ХМ с поршневыми компрессорами.
13. Назовите достоинства и недостатки парокompрессионных ХМ с турбокompрессорами.
14. Назовите достоинства и недостатки холодильных машин с винтовыми компрессорами.
15. Назовите достоинства и недостатки теплоиспользующих холодильных машин.
16. Как осуществить выбор оптимального типа холодильной машины для системы холодоснабжения предприятия?
17. Какие требования предъявляются к хладагентам?
18. Какие основные теплофизические параметры характеризуют ХА?
19. По какому принципу осуществляется выбор хладагента?
20. Какие типы компрессоров используются в парожидкостных компрессорных холодильных машинах?
21. Перечислите минимально необходимые составные элементы компрессорной холодильной машины?
22. Какие преимущества имеются у процесса многоступенчатого сжатия перед одноступенчатым сжатием?
23. Как получают холод в абсорбционных холодильных машинах?
24. Задача. Расчет ПХМ, работающей на аммиаке.
25. Хладоносители их свойства и область применения.
26. Анализ теоретических и действительных рабочих процессов в цилиндре компрессора.
27. Энергетические потери в действительном цикле компрессора;
28. Схема и цикл работы двух ступенчатых холодильных машин;
29. Теоретический расчет одно ступенчатой холодильной машины

### **3 МЕТОДИКА РЕАЛИЗАЦИИ ДРУГИХ ВИДОВ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**

В рамках курса «Тепломассообменное оборудование предприятий» выполняются две контрольные работы и одна РГР.

Каждая контрольная работа состоит из трёх теоретических вопросов и одной задачи. Выбор трех вопросов в первой контрольной осуществляется в соответствии с двумя последними цифрами шифра зачетной книжки студента из таблицы 4.1. и задача №1; во второй выбор трех вопросов осуществляется в соответствии с двумя последними цифрами шифра зачетной книжки студента, увеличенными на один из таблицы 4.1. и задача №2.

#### **Контрольные вопросы**

6. Назначение и применение теплотехнического оборудования в промышленности.
7. Классификация теплообменных и теплоиспользующих аппаратов и установок.
8. Основные направления и перспективы развития теплообменных и теплоиспользующих аппаратов и установок.
9. Теплоносители, применяемые в теплообменных аппаратах, их характеристика, преимущества и недостатки
10. Кожухотрубчатые теплообменные аппараты, их устройства, область применения.
11. Секционные теплообменные аппараты, устройство, область применения, преимущества и недостатки по сравнению с кожухотрубчатыми
12. Причины температурных деформаций в теплообменных аппаратах, способы их компенсации.
13. Характеристика веществ, применяемых в качестве холодильных агентов, их преимущества и недостатки.
14. Свойства высокотемпературных теплоносителей, и в каких случаях их рационально применять?
15. Способы крепления трубок в трубной решетке теплообменника.
16. Достоинства и недостатки спирального теплообменника по сравнению с кожухотрубчатым. Чем ограничивается его применение?
17. Последовательность конструктивного расчета теплообменного аппарата поверхностного типа.
18. Цель и задачи теплового конструктивного и поверочного расчетов теплообменных аппаратов.
19. Тепловой баланс рекуперативного теплообменного аппарата без изменения агрегатного состояния теплоносителей.
20. Тепловой баланс рекуперативного теплообменного аппарата без изменения агрегатного состояния теплоносителей.
21. Тепловой баланс испарителя.
22. Определение среднего температурного напора для прямоточных, противоточных и сложных схем течения теплоносителей.
23. Уравнение теплопередачи для теплообменного аппарата и определение площади поверхности нагрева.
24. Назначение, область применения и отличие испарителей и паропреобразователей.
25. Какие скорости допускаются для жидких и газообразных теплоносителей, не меняющих агрегатного состояния в аппаратах поверхностного типа? Причины ограничения минимальных и максимальных значений.
26. Порядок поверочного расчета аппарата поверхностного типа.
27. Особенности теплового расчета ребристых теплообменников.
28. преимущества и недостатки ребристых теплообменников и сравнение их с гладкотрубными.

29. Пластинчатые теплообменники, назначение, область применения, устройство, преимущества и недостатки перед другими типами поверхностных теплообменников.
30. Преимущества электрообогрева, причины сдерживания расхода электроэнергии на тепловые нужды.
31. Способы электронагрева.
32. Трубчатые электрические нагревательные элементы, устройство, виды, преимущества по сравнению с другими электрическими нагревателями. Их выбор для технологических установок.
33. Индукционные нагреватели: использование в промышленности, преимущества, основные элементы установки.
34. Определение рекуперативного, регенеративного и смешительного теплообменников.
35. Определение коэффициентов теплоотдачи и теплопередачи для теплообменного аппарата поверхностного типа.
36. Из каких видов сопротивлений складывается гидравлическое сопротивление и как определяется мощность на преодоление этого сопротивления?
37. Как определяется необходимый напор насоса для теплообменников, включенных в систему параллельно?
38. Как определяется необходимый напор насоса для теплообменников, включенных в систему последовательно?
39. Задача механического расчета теплообменного аппарата.
40. Расчет толщины стенки цилиндрического корпуса теплообменника.
41. Водонагреватели-аккумуляторы, назначение, область применения, устройство, их достоинства и недостатки.
42. Особенности теплового расчета рекуперативных аппаратов периодического действия.
43. Сравнение технико-экономических показателей водонагревателей-аккумуляторов с аппаратами непрерывного действия.
44. Регенеративные аппараты с подвижной и неподвижной насадкой, их преимущества и недостатки по сравнению с рекуперативными теплообменниками.
45. Преимущества и недостатки теплообменных аппаратов с кипящим слоем по сравнению с кожухотрубчатыми.
46. Принцип теплообмена в регенераторах, в чем его отличие от теплообмена в рекуператорах?
47. Пуск в работу реакционных аппаратов, график расхода теплоты и пара для реакционных аппаратов.
48. По каким факторам производится сравнение и выбор различных типов теплообменных аппаратов?
49. Процесс охлаждения влажного воздуха в  $i-d$ -диаграмме. К чему приводит охлаждение ниже точки росы?
50. Процесс нагрева влажного воздуха в  $i-d$ -диаграмме, определение расхода теплоты.
51. Процесс смешения горячего и холодного воздуха в  $i-d$ -диаграмме, коэффициент смешения, определение параметров смеси.
52. Достоинства и недостатки насадочных и безнасадочных теплообменников.
53. Преимущества и недостатки смешительных теплообменников по сравнению с трубчатыми при нагреве водяным паром.
54. Какие насадки, из мелких или крупных элементов, имеют большую поверхность в единице объема, больший свободный объем для прохода газа и большее гидравлическое сопротивление при одной и той же высоте слоя?
55. Процесс выпаривания, назначение, область применения, его сущность.
56. Классификация выпарных аппаратов и установок.
57. Виды температурных депрессий в процессе выпаривания.
58. Схемы многокорпусных выпарных установок, их сравнительная характеристика.

59. Тепловой баланс выпарного аппарата, определение поверхности теплообмена.
60. Какие типы выпарных аппаратов следует применять для выпаривания кристаллизующихся растворов и какие для пенящихся?
61. Процессы дистилляции и ректификации, их сущность.
62. Сравнительная характеристика ректификационных установок непрерывного и периодического действия.
63. Тепловой баланс и определение расхода пара в ректификационной установке непрерывного действия.
64. Способы и схемы, применяемые для разделения многокомпонентных смесей.
65. Процесс абсорбции, назначение, область применения, его сущность.
66. Процесс адсорбции, назначение, область применения, его сущность.
67. Процесс сушки, назначение, область применения, его сущность.
68. Формы связи влаги с материалом.
69. Равновесная влажность. Как она изменяется с повышением и понижением температуры и относительной влажности теплоносителя?
70. Сравнительная характеристика сушки топочными газами и сушки воздухом.
71. Основные способы сушки материалов. Приведите примеры.
72. Классификация сушильных установок.
73. Пути экономии теплоты в сушильных установках.
74. Материальный баланс сушильной установки, определение количества испаренной влаги.
75. Тепловой баланс действительной непрерывно действующей сушилки.
76. Построение действительного процесса сушки с однократным использованием воздуха в  $i-d$ -диаграмме.
77. Построение процесса сушки с однократным использованием топочных газов в  $i-d$ -диаграмме.
78. Определение удельных расходов теплоты и воздуха на 1 кг испаренной влаги в сушилке с однократным использованием воздуха.
79. Определение удельных расходов теплоты и смеси топочных газов с воздухом в сушилке с однократным использованием теплоносителя.
80. Отличие действительной сушилки от теоретической.
81. Принципиальная схема барабанной сушилки, характеристика основных ее элементов, преимущества и недостатки.
82. Сравнительная характеристика пневмосушилок, распылительных и сушилок с кипящим слоем.
83. Сравнительная характеристика конвективных туннельных и радиационно-конвективных конвейерных сушилок.
84. Конденсатоотводчики, их назначение и классификация.
85. Установка конденсатоотводчиков и контроль за их работой.
86. Конденсатоотводчики с открытым и закрытым поплавком, конструкция, принцип работы, сравнительная характеристика.
87. Конденсатоотводчики термостатические и термодинамические, конструкция, принцип работы, сравнительная характеристика.
88. Источники загрязнения атмосферы.
89. Способы борьбы с выбросами вредных газов.
90. Способы очистки выбросов от примесей газов и пыли.
91. Способы рационального использования вторичных энергетических ресурсов на промышленных предприятиях.
92. Общая характеристика вторичных энергоресурсов промышленности и их классификация.
93. Методы использования вторичных энергоресурсов в высокотемпературных производственных процессах.

94. Методы использования низкопотенциальных вторичных энергоресурсов.

95. Энергетическая эффективность использования низкотемпературных вторичных тепловых ресурсов для теплоснабжения.

Таблица 4.1 - Выбор вопросов контрольной работы

Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1,31,61	2,32,62	3,33,63	4,34,64	5,35,65	6,36,66	7,37,67	8,38,68	9,39,69	10,40,70
1	11,41,71	12,42,72	13,43,73	14,44,74	15,45,75	16,46,76	17,47,77	18,48,78	19,49,79	20,50,80
2	21,51,81	22,52,82	23,53,83	24,54,84	25,55,85	26,56,86	27,57,87	28,58,88	29,59,89	30,60,90
3	1,56,90	2,57,89	3,58,88	4,59,87	5,60,86	6,31,85	7,32,84	8,33,83	9,34,82	10,35,81
4	11,36,70	12,37,69	13,38,68	14,39,67	15,40,66	16,41,65	17,42,64	18,43,63	19,44,62	20,45,61
5	21,46,80	22,47,79	23,48,78	24,49,77	25,50,76	26,51,75	27,52,74	28,53,73	29,54,72	30,55,71
6	1,35,90	2,34,87	3,33,84	4,32,81	5,31,78	6,60,75	7,59,72	8,58,69	9,57,66	10,56,63
7	11,40,89	12,39,86	13,38,83	14,37,80	15,36,77	16,55,74	17,54,71	18,53,68	19,52,65	20,51,62
8	21,45,88	22,44,85	23,43,82	24,42,79	25,41,76	26,50,73	27,49,70	28,48,67	29,47,64	30,46,61
9	1,50,81	2,49,82	3,48,83	4,47,84	5,46,85	6,45,86	7,44,87	8,43,88	9,42,89	10,41,90

По согласованию с преподавателем контрольные работы могут быть заменены на реферат по тем же вопросам из контрольных работ.

Написание реферативного исследования требует самостоятельности и творческого подхода. Основной целью работы является раскрытие одной из тем, предложенных преподавателем или выбранных самим студентом, по согласованию с преподавателем. Основа реферата выполняется с использованием учебной и научной литературы и обязательно подкрепляется материалами из научных статей журналов, которые доступны на сайтах научных баз данных, поисковых систем, издательств в том числе и на сайте научной библиотеки МГТУ.

Реферат должен быть оформлен в соответствии с требованиями оформления студенческих текстовых документов, объемом не менее 20 машинописных страниц. Для защиты реферата студент готовит презентационные материалы.

Реферат включает следующие структурные элементы:

1. Титульный лист.

С него начинается нумерация страниц, но номер не ставится. Номера страниц начинают печатать с первой страницы раздела «Введение». Титульный лист оформляется аналогично титульному листу курсовой работы: указывают наименование высшего учебного заведения; факультет, кафедру, где выполнялась работа; название работы; фамилию и инициалы студента; ученую степень и ученое звание, фамилию и инициалы преподавателя; город и год выполнения работы.

2. Содержание.

В содержании представлены названия всех разделов и подразделов работы, каждое из которых печатается с новой строки. В конце строки ставится номер страницы, на которой напечатана данная рубрика в тексте. Номера страниц печатаются вблизи правого поля, все на одинаковом расстоянии от края страницы.

Следует обратить внимание, что названия разделов и подразделов в оглавлении должно точно соответствовать заголовкам текста.

3. Введение.

Во введении обосновывается актуальность рассматриваемой темы, пути развития на современном этапе, имеющиеся проблемы и способы их разрешения. Объем данного раздела не должен превышать одной страницы.

#### 4. Обзор литературы.

В данном разделе излагаются теоретические основы по выбранной тематике. Изложение должно вестись в форме теоретического анализа проработанных источников применительно к выполняемой теме, логично, последовательно и грамотно. При необходимости данный раздел может состоять из отдельных подразделов. Из содержания теоретического обзора должно быть видно состояние изученности темы в целом и отдельных ее вопросов.

#### 5. Заключение.

Представляет собой краткое обобщение (2–3 абзаца) приведенных данных.

#### 6. Библиографический список.

Оформляется в соответствии с существующими требованиями.

#### 7. Приложения.

Оформление реферата должно соответствовать межгосударственному стандарту ГОСТ 7.32–2001, устанавливающему общие требования к структуре и правилам оформления научных и технических отчетов.

Реферат должен сопровождаться библиографическим списком, который составляют в соответствии с ГОСТ 7.12003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления». Объем реферата должен составлять 20–30 страниц.

Реферат сдается на проверку преподавателю согласно графику учебного процесса и самостоятельной работы студентов по дисциплине.

### Задание на РГР

Необходимо произвести тепловой и конструктивный расчет отопительного пароводяного подогревателя горизонтального типа и секционного водоводяного подогревателя производительностью  $Q$ . Температура нагреваемой воды при входе в подогреватель  $t_2'$  и при выходе  $t_2''=95^\circ\text{C}$ . Температура сетевой воды при входе в водоводяной подогреватель  $t_1'=140^\circ\text{C}$  и при выходе  $t_1''=80^\circ\text{C}$ . Влияние загрязнения поверхности нагрева подогревателя и снижение коэффициента теплопередачи при низких температурах воды учесть понижающим коэффициентом  $\beta=0,65$ . число ходов воды  $z=2$ ; поверхность нагрева выполнена из латунных труб ( $\lambda = 90\text{ккал/м}\cdot\text{ч}\cdot\text{град}$ ) диаметром  $d = 14/16\text{мм}$ . Загрязнение поверхности учесть дополнительным тепловым сопротивлением  $\delta_3/\lambda_3 = 0,00015\text{м}^2\cdot\text{ч}\cdot\text{град/ккал}$ . Для упрощения расчета принять  $\rho_v = 1000\text{ кг/м}^3$ .

Таблица 4.5 – Исходные данные для задачи 1

№ варианта	Производительность, $Q$ , ккал/ч	Температура нагреваемой воды при входе в подогреватель, $t_2'$ , °C	Давление сухого насыщенного водяного пара, $p$ , ат	Скорость движения воды $w$ , м/с
1	1	75	3,5	0,9
2	0,9	70	4,0	1
3	1	65	4,5	1,1
4	2	60	5,0	1,2
5	3	75	3,5	0,9
6	1,5	70	4,0	1
7	1	65	4,5	1,1

№ варианта	Производительность, $Q$ , ккал/ч	Температура нагреваемой воды при входе в подогреватель, $t_2'$ , °С	Давление сухого насыщенного водяного пара, $p$ , ат	Скорость движения воды $w$ , м/с
8	2	60	5,0	1,2
9	3	75	3,5	0,9
10	0,5	70	4,0	1

Письменно ответить на контрольные вопросы.

### Контрольные вопросы

1. Назовите основные виды теплообмена и режимы движения теплоносителей в теплообменных аппаратах?
2. Чем отличается коэффициент теплоотдачи от коэффициента теплопередачи?
3. При какой схеме движения теплоносителей, не меняющих агрегатное состояние, средний температурный напор будет наименьшим, и при какой – наибольшим?
4. Влияет ли схема движения теплоносителей на средний температурный напор, если происходит фазовое превращение обоих или хотя бы одного из теплоносителей?
5. Когда коэффициент теплоотдачи выше: при внешнем поперечном обтекании трубы или при движении теплоносителя с той же скоростью в трубе?
6. Какой из теплообменников удобней чистить: кожухотрубчатый, спиральный или пластинчатый?
7. Какие достоинства и недостатки имеют спиральные и пластинчатые теплообменники по сравнению с кожухотрубчатыми?
8. В каких случаях в теплообменниках целесообразно применять ребристые трубы?
9. Влияет ли технология изготовления ребристой трубы на коэффициент теплопередачи?
10. Какие виды гидравлических сопротивлений присутствуют в теплообменных аппаратах? Назовите, какие из них наиболее и наименее влияют на потерю давления?
11. Для каких теплоносителей выше затраты мощности на перемещение в каналах - газообразных или капельных жидкостей?
12. От чего зависит сопротивление трения при движении теплоносителя в каналах?
13. При неизотермическом течении жидкости от чего зависит величина коэффициента сопротивления трения?
14. Что такое тепловое гидравлическое сопротивление?
15. В каком из теплообменников - кожухотрубчатом или подогревателе-аккумуляторе - выше коэффициент теплопередачи при использовании одних и тех же теплоносителей с одинаковыми начальными температурами
16. Перечислите способы компенсации температурных удлинений в кожухотрубчатых теплообменниках.  
Если теплоноситель может загрязнить поверхность теплообмена в кожухотрубчатом теплообменнике, куда его следует направлять - в трубки или в межтрубное пространство?

## 4 РЕАЛИЗАЦИЯ ГРАФИКА САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Реализация графика самостоятельной работы студентов представлена в рабочем учебном плане.

График предусматривает самостоятельное изучение теоретического материала в течение семестра, подготовку рефератов и их защиту. Темы контрольных работ, РГР и рефератов предоставляются студентам преподавателем на первом практическом занятии. Сдача контрольных работ, РГР и рефератов проводится на соответствующих теме занятиях.

Итоговым этапом контроля знаний студентов является зачет в 6 семестре и экзамен в 7 семестре для очной формы обучения (зачет в 8 семестре и экзамен в 9 семестре для очно-заочной формы обучения), (экзамен в 10 семестре для заочной формы обучения). Допуском к зачету служат удовлетворительные результаты проверки теоретических знаний по пройденным разделам курса, выполненных и защищенных контрольных работ, РГР и рефератов.

Перед экзаменом каждый студент должен пройти контрольный тест с 80% правильных ответов.

### Контрольные тесты

#### Вопрос 1

Коэффициентом избытка флегмы называется

Выберите один ответ:

1. произведение флегмового и максимального чисел
2. отношение флегмового и максимального чисел
3. отношение флегмового и минимального чисел

#### Вопрос 2

Замкнутая циркуляция сушильного агента происходит в

Выберите один ответ:

1. сушилке без воздухообмена
2. сушилке с воздухообменом
3. во всех сушилках

#### Вопрос 3

Сушилки с подогревом сушильного агента в газовых рекуперативных подогревателях применяются для подачи в рабочую зону сушильной камеры чистого воздуха с температурой:

Выберите один ответ:

1.  $200 \div 350^{\circ}\text{C}$
2.  $120 \div 200^{\circ}\text{C}$
3.  $300 \div 450^{\circ}\text{C}$

#### Вопрос 4

Направление движения высушиваемого продукт в сушилках с перекрестным током

Выберите один ответ:

1. совпадает с направлением движения сушильного агента
2. противоположно направлению движения сушильного агента
3. перпендикулярно направлению движения сушильного агента

#### Вопрос 5

Дросселированием называется

Выберите один ответ:

1. повышение давления газа или пара

2. равномерное давление газа или пара
3. понижение давления газа или пара

### **Вопрос 6**

По способу подвода тепла сушильные установки делятся на

Выберите один ответ:

1. атмосферные и вакуумные сушилки
2. конвективные и инфракрасные сушилки
3. воздушные сушилки и сушилки на топочных газах

### **Вопрос 7**

В качестве критерия оптимизации выбираются годовые приведенные затраты

Выберите один ответ:

1. по среднему значению которых находят оптимальные условия работы теплообменного аппарата
2. по минимальному значению которых находят оптимальные условия работы теплообменного аппарата
3. по максимальному значению которых находят оптимальные условия работы теплообменного аппарата

### **Вопрос 8**

В сушилках с паровым обогревом нагрев сушильного агента происходит до:

Выберите один ответ:

1.  $60 \div 245^{\circ}\text{C}$
2.  $60 \div 145^{\circ}\text{C}$
3.  $60 \div 200^{\circ}\text{C}$

### **Вопрос 9**

Регенеративным называют теплообменник, у которого

Выберите один ответ:

1. одна и та же поверхность поочередно омывается то горячим, то холодным теплоносителям
2. передача теплоты от одного теплоносителя к другому осуществляется через разделяющую их твердую стенку
3. передача теплоты от одного теплоносителя к другому осуществляется через разделяющую их жидкость

### **Вопрос 10**

По сравнению с обычными циркуляционными трубами, термосифоны имеют следующее преимущество:

Выберите один ответ:

1. за счёт повышения площади нагрева, возрастает общее парообразование котла
2. повышение влажности пара в  $2 \div 2,5$  раза
3. снижение температуры горячих газов в топке

### **Вопрос 11**

Нормативный коэффициент эффективности капитальных затрат характеризует

Выберите один ответ:

1. часть затрат, которая подлежит ежегодной компенсации за счет экономии эксплуатационных затрат
2. часть затрат, которая подлежит ежедневной компенсации за счет экономии эксплуатационных затрат

3. часть затрат, которая подлежит ежемесячной компенсации за счет экономии эксплуатационных затрат

### **Вопрос 12**

По количеству степеней сжатия компрессоры паровой холодильной машины подразделяют на

Выберите один ответ:

1. одноступенчатые для одноступенчатых паровых машин
2. одноступенчатые для многоступенчатых паровых машин
3. многоступенчатые для одноступенчатых паровых машин

### **Вопрос 13**

Как изменяется температура кипения для азеотропной смеси?

Выберите один ответ:

1. становится больше температуры кипения низкокипящего компонента
2. может быть как меньше, так и больше температуры кипения низкокипящего компонента
3. становится меньше температуры кипения низкокипящего компонента

### **Вопрос 14**

Как изменяется гидравлическое сопротивление при орошении насадочной колонны жидкостью?

Выберите один ответ:

1. не изменяется
2. увеличивается с ростом плотности потока газа (пара) и плотности орошения и достигает максимума при режиме «захлебывания»
3. уменьшается с ростом плотности потока газа (пара) и плотности орошения и достигает минимума при режиме «захлебывания»

### **Вопрос 15**

Процесс, происходящий без подвода и отвода тепла, называется

Выберите один ответ:

1. адиабатическим
2. дросселированием
3. термоэлектрическим эффектом

### **Вопрос 16**

В колоннах непрерывного действия куб служит для испарения части стекающей вниз жидкости, являясь

Выберите один ответ:

1. конденсатором
2. дефлегматором
3. кипятильником

**Бланк контрольной таблицы «Тесты ТМООПШ»** Отметить «X» правильный  
ответ и обосновать

№ вопр.	№ прав. ответа				Обоснование выбора ответа
	1	2	3		
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					

Студент группы \_\_\_\_\_ ФИО \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_

Число правильных ответов \_\_\_\_\_

Проверил Пантеев С.П. \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

### *Основная литература*

1. Губарева, В. В. Теплообменное оборудование предприятий : учебное пособие / В. В. Губарева, А. В. Губарев. — Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2016. — 202 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/80447.html> (дата обращения: 10.02.2019). — Режим доступа: для авторизир. Пользователей
2. Берман, С.С. Расчет теплообменных аппаратов / С.С. Берман. — Москва : Гос. энергетическое изд-во, 1962. — 241 с. — Режим доступа: по подписке. — URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=220685> (дата обращения: 10.02.2019). — ISBN 978-5-4458-5070-0. — Текст : электронный.

### *Дополнительная литература*

3. Акулич, П.В. Расчеты сушильных и теплообменных установок / П.В. Акулич. — Минск : Белорусская наука, 2010. — 444 с. — Режим доступа: по подписке. — URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=89349> (дата обращения: 10.02.2019). — ISBN 978-985-08-1192-9. — Текст : электронный.
4. Теплообменные аппараты систем теплоснабжения : отраслевой каталог 12-04 / Ин-т пром. кат. "Инпромкаталог" ; [авт.-сост. Н. Н. Бакланова и др.]. - Москва : Инпромкаталог, 2004. - 112 с. : ил. - 920-40. (количество экземпляров -1).
5. Салова, Т.Ю. Перегонные и ректификационные установки: Методические указания для обучающихся по дисциплине «Тепломассообменное оборудование предприятий» по направлению подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» уровень высшего образования бакалавриат / Т.Ю. Салова ; Министерство сельского хозяйства РФ, Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Кафедра «Энергообеспечение предприятий и электротехнологии». — Санкт-Петербург : СПбГАУ, 2016. — 36 с. : ил., схем. — Режим доступа: по подписке. — URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=445956> (дата обращения: 10.02.2019). — Библиогр. в кн. — Текст : электронный.
6. Теплообменное оборудование ТЭС и АЭС: учебное пособие/ В.А. Суслов, В.Н. Белоусов, С.В. Антуфьев, Е.Н. Громова, А.Н. Кузнецов, В.А. Кучмин, С.Н. Смородин. — СПб.: СПбГТУРП, 2015. — 83 с: ил. 66.
7. Лакомкин В.Ю., Смородин С.Н., Громова Е.Н. Теплообменное оборудование предприятий (Сушильные установки): учебное пособие / ВШТЭ СПбГУПТД. СПб., 2016. -142 с.: ил. 68.
8. Голубков Б.Н., Данилов О.Л. и др. Теплотехническое оборудование и теплоснабжение промышленных предприятий. Учебник. — М.: Энергоатомиздат, 1993. — 416 с.: ил.
9. Промышленные теплообменные процессы и установки. Учебник для вузов / Под ред. А. М. Бакластова. — М.: Энергоатомиздат, 1986.
10. Морозова, Н.Н. Расчет теплообменных аппаратов. Индивидуальные задания и методические указания для самостоятельной работы студентов[Текст]/ Н.Н. Морозова, С.А. Тужилина.- Саратов: Изд-во «КУБиК», 2012.-33с.-ISBN978-5-91818-187-4.
11. Выпарные и кристаллизационные установки: Учеб. пособие / Конахин А.М., Конахина И.А. и др. - Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2006.

### **Перечень ресурсов информационно - телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» <http://biblioclub.ru/>, договор № 530-10/2018 от 01.11.2018 г.

2. Электронно-библиотечная система «IPRbooks» <http://iprbookshop.ru>, лицензионный договор № 3768/18 от 15.03.2018 г.
  3. Электронный каталог библиотеки МГТУ <http://lib.mstu.edu.ru/MegaPro/Web/>  
Периодические издания (профессиональные журналы)
    1. «Энергетик»;
    2. «Промышленная энергетика»;
    3. «Энергохозяйство за рубежом»;
    4. «Энергетика». Реферативный журнал.
-