

**ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ**



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**СОГЛАСОВАНО**

**УТВЕРЖДАЮ**

\_\_\_\_\_  
Руководитель ОПОП ВО  
профессор Н.К. Кондрашева

\_\_\_\_\_  
Проректор по образовательной  
деятельности доцент  
Д.Г. Петраков

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ТЕОРИЯ ТЕПЛОЙ РАБОТЫ ПЕЧЕЙ И АППАРАТОВ**  
**ПЕРЕРАБОТКИ ПРИРОДНЫХ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ**

<b>Уровень высшего образования:</b>	Магистратура
<b>Направление подготовки:</b>	18.04.01 Химическая технология
<b>Направленность (профиль):</b>	Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов
<b>Квалификация выпускника</b>	магистр
<b>Форма обучения:</b>	очная
<b>Составитель:</b>	доцент С.Н. Салтыкова

Санкт-Петербург

**Рабочая программа дисциплины «Теория тепловой работы печей и аппаратов переработки природных энергоносителей» разработана:**

– в соответствии с требованиями ФГОС ВО – магистратура по направлению подготовки 18.04.01 «Химическая технология», утверждённого приказом Минобрнауки России № 910 от 07 августа 2020 г.;

– на основании учебного плана магистратуры по направлению подготовки 18.04.01 «Химическая технология» направленность (профиль) «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов»

Составитель: \_\_\_\_\_ доцент каф. ХТПЭ Салтыкова С.Н.

**Рабочая программа рассмотрена и одобрена** на заседании кафедры химических технологий и переработки энергоносителей от 15 февраля 2021 г., протокол № 19.

Заведующая кафедрой ХТПЭ \_\_\_\_\_ Н.К. Кондрашева

**Рабочая программа согласована:**

Начальник отдела лицензирования,  
аккредитации и контроля качества  
образования

\_\_\_\_\_

Ю.А. Дубровская

Начальник отдела методического  
обеспечения учебного процесса

\_\_\_\_\_

к.т.н.

А.Ю. Романчиков

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью дисциплины «Теория тепловой работы печей и аппаратов переработки природных энергоносителей» является освоение теоретических основ тепловой работы аппаратов для переработки природных энергоносителей, освоение теоретических основ процессов по переработке природных энергоносителей, знание которых повышает профессиональный уровень выпускника, формирование знаний, умений для профессиональной деятельности, углубление знаний по основам физико-химических процессов при переработке природных энергоносителей.

Задачами дисциплины являются:

- подготовка магистров к творческому применению полученных знаний при создании новых и совершенствованию действующих технологических процессов.
- овладение вопросами теплопереноса в печах и аппаратах переработки природных энергоносителей, формирующими профессиональный уровень магистра данного направления;
- формирование знаний о механизмах и законах термических процессов; методах анализа процессов теплообмена; принципах работы, конструкционных особенностях и методах расчета печей и аппаратов переработки природных энергоносителей.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Теория тепловой работы печей и аппаратов переработки природных энергоносителей» относится к обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 18.04.01 «Химическая технология» и изучается во 1-м, 2-м и 3-ем семестрах.

Дисциплина «Теория тепловой работы печей аппаратов переработки природных энергоносителей» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: «Теплоперенос в гетерогенных системах», «Технология и оборудование коксохимического производства».

Особенностью дисциплины является овладение методами теоретического и экспериментального исследований в профессиональной деятельности.

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Процесс изучения дисциплины «Теория тепловой работы печей и аппаратов переработки природных энергоносителей» направлен на формирование следующих компетенций:

Формируемые компетенции по ФГОС ВО		Основные показатели освоения программы дисциплины
Содержание компетенции	Код компетенции	
Способен разрабатывать нормы выработки на расход материалов, заготовок, топлива и электроэнергии, контролировать параметры технологического процесса, выбирать оборудование и технологическую	ОПК-3	ОПК-3.1. <b>Знает:</b> методы и нормативные документы для разработки технической документации; основные методики технологических расчетов; принцип действия и устройство основных машин и аппаратов химической технологии;
		ОПК-3.2. <b>Умеет:</b> разработать схему мероприятий по комплексному использованию природного сырья; изыскать способы утилизации отходов производства; обосновывать принятие конкретного аппаратурного и технического решения при разработке технологических процессов; рассчитать и оценить

Формируемые компетенции по ФГОС ВО		Основные показатели освоения программы дисциплины
Содержание компетенции	Код компетенции	
оснастку		основные технико-экономические показатели технологического процесса; применять методики технологических и технических расчетов по проектам; проводить технико-экономический и функционально-стоимостный анализ эффективности проекта; выбирать оптимальные технологические режимы и наиболее рациональные типы аппаратов;
		ОПК-3.3. <b>Владеет:</b> навыками опытом разработки и составления отдельных научно-технических, проектных и служебных документов; методиками технологических расчетов с применением современного программного обеспечения; методами для разработки технической документации по разработанным проектам и программам
Способен осуществлять контроль технологического процесса для создания продукции, удовлетворяющей требованиям качества	ПКС-2	ПКС-2.1. <b>Знает:</b> характеристику оборудования, нормативные документы и инструкции по контролю качества нефтепродуктов
		ПКС-2.2. <b>Умеет:</b> осуществлять контроль выполнения технологических операций, контролировать качество продукции
		ПКС-2.3. <b>Владеет:</b> навыками контроля технологических операций, проверки сопроводительной документации и качества поступившего нефтепродукта
Способен действовать в нестандартных ситуациях, нести ответственность за принятые решения, способен к профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов	ПКС-4	ПКС-4.1. <b>Знает:</b> методы измерения, контроля качества нефти и продуктов ее переработки;
		ПКС-4.2. <b>Умеет:</b> вырабатывать и принимать решения в нестандартных ситуациях при испытаниях качества нефти
		ПКС-4.3. <b>Владеет:</b> навыками контроля обеспеченности лаборатории средствами измерений и оборудованием для осуществления контроля качества нефти и продуктов переработки

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость учебной дисциплины составляет 11 зачетных единиц, 396 ак. часов.

Вид учебной работы	Всего ак. часов	Ак. часы по семестрам		
		1	2	3
Аудиторные занятия, в том числе:	196	48	126	22

Лекции	16	16	-	-
Практические занятия (ПЗ)	166	32	112	22
Лабораторные работы (ЛР)	14	-	14	-
<b>Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе</b>	<b>128</b>	<b>42</b>	<b>72</b>	<b>14</b>
Проработка конспекта лекций	8	8	-	-
Выполнение заданий поисково-исследовательского характера	17	8	9	-
Подготовка к практическим занятиям	70	14	48	8
Подготовка к лабораторным занятиям	7	-	7	-
Подготовка к контрольной работе	4	2	2	-
Подготовка к экзамену	16	10	-	6
Подготовка к диф. зачету	6	-	6	-
<b>Промежуточная аттестация – экзамен (Э), дифф. зачет (ДЗ)</b>	<b>72</b>	<b>Э(36)</b>	<b>ДЗ</b>	<b>Э(36)</b>
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>				
<b>ак. час.</b>	<b>396</b>	<b>126</b>	<b>198</b>	<b>72</b>
<b>зач. ед.</b>	<b>11</b>	<b>3,5</b>	<b>5,5</b>	<b>2,0</b>

#### 4.2. Содержание дисциплины

Учебным планом предусмотрены: лекции, практические занятия, лабораторные работы и самостоятельная работа.

##### 4.2.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Наименование разделов	Виды занятий				
	Всего ак. часов	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа студента
Раздел 1 «Теория теплопередачи»	182	4	120	10	48
Раздел 2 «Тепловая энергия от сжигания топлива»	68	6	16	-	46
Раздел 3 «Тепловая энергия от преобразования электроэнергии»	74	6	30	4	34
<b>Итого:</b>	<b>324</b>	<b>16</b>	<b>166</b>	<b>14</b>	<b>128</b>

##### 4.2.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
1	Теория теплопередачи	Теплопроводность при стационарном и нестационарном режимах. Конвективный теплообмен. Тепловое излучение. Суммарная теплопередача. Стационарная теплопроводность твердых тел с внутренним источником тепла. Теплоотдача при свободной	4

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
		<p>конвекции в неограниченном пространстве. Теплоотдача при свободной конвекции в ограниченном пространстве. Теплоотдача при ламинарном режиме течения. Теплоотдача при турбулентном режиме течения. Теплоотдача при гравитационном стекании жидких пленок. Теплоотдача в аппаратах с механическими мешалками. Теплоотдача в дисперсных системах с твердой фазой. Отдельные случаи конвективной теплоотдачи. Коэффициенты теплоотдачи при изменении агрегатного состояния веществ. Теплоотдача при кипении и испарении жидкостей. Теплоотдача при конденсации паров. Теплообмен излучением. Теплообмен между твердыми телами. Тепловое излучение газов и паров. Коэффициент теплоотдачи излучением. Теплопередача через плоские, цилиндрические и сферические стенки при установившемся процессе. Тепловая изоляция. Теплопередача через ребристые стенки. Нестационарные процессы теплопроводности. Регулярный тепловой режим Теплообмен в различных печах. Приложение теории теплопередачи к расчетам и конструированию печей химической аппаратуры. Подвод теплоты. Нагревание водяным паром и парами высокотемпературных теплоносителей. Нагревание горячими жидкостями. Нагревание топочными газами. Нагревание электрических током. Отвод теплоты.</p>	
2	Тепловая энергия от сжигания топлива	<p>Основные свойства топлива. Расчет горения топлива. Твердое топливо. Жидкое топливо. Газообразное топливо Элементы теории горения. Приложение закономерностей горения топлива к расчетам и конструированию печей. Сжигание твердого кускового топлива. Сжигание пылевидного топлива. Сжигание жидкого топлива. Сжигание газообразного топлива. Комбинированное сжигание топлива. Сжигание твердого кускового топлива. Сжигание пылевидного топлива. Сжигание жидкого топлива. Сжигание газообразного топлива. Комбинированное сжигание топлива.</p>	6
3	Тепловая энергия от преобразования электроэнергии	<p>Электронагрев через сопротивление. Дуговой электронагрев. Смешанный электронагрев. Индукционный электронагрев. Диэлектрический нагрев. Новые виды электронагрева. Приложение закономерностей</p>	6

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоёмкость в ак. часах
		преобразования электрической энергии в тепловую. Нагревательные элементы. Электродные устройства. Индукторы и рабочие конденсаторы.	
<b>Итого:</b>			<b>16</b>

#### 4.2.3. Практические занятия

№ п/п	Разделы	Тематика практических занятий	Трудоёмкость в ак. часах
1	Раздел 1	Теплопроводность при нестационарном режиме	30
2	Раздел 2	Теплоотдача при пленочной конденсации чистого пара.	14
3	Раздел 3	Теплоотдача при кипении жидкости.	18
4	Раздел 4	Теплообмен излучением между телами, разделенными прозрачной средой.	24
5	Раздел 5	Теплообменные аппараты	34
6	Раздел 6	Топливо-сжигающие устройства	16
7	Раздел 7	Печи. Расчет тепловой работы	30
<b>Итого:</b>			<b>166</b>

#### 4.2.4. Лабораторные работы

№ п/п	Разделы	Тематика лабораторных занятий	Трудоёмкость в ак. часах
1	Раздел 1	Теплоотдача при естественной конвекции	4
2		Теплоотдача при вынужденной конвекции	6
3	Раздел 3	Моделирование и расчет трубчатого рекуператора	4
<b>Итого:</b>			<b>14</b>

#### 4.2.5. Курсовые работы (проекты)

Курсовые работы (проекты) не предусмотрены

### 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе обучения применяются:

**Лекции**, которые являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки обучающихся. Цели лекционных занятий:

-дать систематизированные научные знания по дисциплине, акцентировать внимание на наиболее сложных вопросах дисциплины;

-стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся, способствовать формированию их творческого мышления.

**Практические занятия.** Цели практических занятий:

-совершенствовать умения и навыки решения практических задач.

Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

**Консультации** (текущая консультация, накануне дифф.зачета) является одной из форм руководства учебной работой обучающихся и оказания им помощи в самостоятельном изучении материала дисциплины, в ликвидации имеющихся пробелов в знаниях, задолженностей по текущим

занятиям, в подготовке письменных работ (проектов).

Текущие консультации проводятся преподавателем, ведущим занятия в учебной группе, научным руководителем и носят как индивидуальный, так и групповой характер.

**Самостоятельная работа обучающихся** направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях и других занятиях, выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим учебным занятиям и промежуточному контролю.

**Темы контрольных работ:**

1. Теплоотдача при пленочной конденсации чистого пара.
2. Теплообмен излучением между телами, разделенными прозрачной средой.
3. Теплоотдача при вынужденной конвекции.
4. Теплопроводность при нестационарном режиме.

**6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

**6.1. Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости**

**Раздел 1. Теория теплопередачи**

1. Теплообмен между твердыми телами.
2. Тепловое излучение газов и паров.
3. Коэффициент теплоотдачи излучением.
4. Теплопередача через плоские стенки при установившемся процессе.
5. Теплопередача через цилиндрические стенки при установившемся процессе.
6. Теплопередача через сферические стенки при установившемся процессе.
7. Тепловая изоляция.
8. Теплопередача через ребристые стенки.
9. Нестационарные процессы теплопроводности.
10. Регулярный тепловой режим.
11. Теплообмен в различных печах.
12. Нагревание горячими жидкостями.
13. Нагревание топочными газами.
14. Нагревание электрическим током.
15. Отвод теплоты.

**Раздел 2. Тепловая энергия от сжигания топлива**

1. Расчет горения топлива.
2. Твердое топливо.
3. Жидкое топливо.
4. Газообразное топливо
5. Теория горения.
6. Сжигание пылевидного топлива.
7. Сжигание жидкого топлива.
8. Сжигание газообразного топлива.
9. Сжигание твердого кускового топлива.
10. Комбинированное сжигание топлива.

**Раздел 3. Тепловая энергия от преобразования электроэнергии**

1. Электронагрев через сопротивление.
2. Дуговой электронагрев.
3. Смешанный электронагрев.
4. Индукционный электронагрев.
5. Диэлектрический нагрев.
6. Закономерности преобразования электрической энергии в тепловую.
7. Нагревательные элементы



## 6.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации (экзамена, дифференцированного зачета)

### 6.2.1. Примерный перечень вопросов/заданий к экзамену, дифференцированному зачету (по дисциплине):

1. Суммарная теплопередача.
2. Стационарная теплопроводность твердых тел с внутренним источником тепла.
3. Теплоотдача при свободной конвекции в неограниченном пространстве.
4. Теплоотдача при свободной конвекции в ограниченном пространстве.
5. Теплоотдача при ламинарном режиме течения.
6. Теплоотдача при турбулентном режиме течения.
7. Теплоотдача при гравитационном стекании жидких пленок.
8. Теплоотдача в аппаратах с механическими мешалками.
9. Теплоотдача в дисперсных системах с твердой фазой.
10. Коэффициенты теплоотдачи при изменении агрегатного состояния веществ.
11. Теплоотдача при кипении и испарении жидкостей.
12. Теплоотдача при конденсации паров.
13. Теплообмен излучением.
14. Теплообмен между твердыми телами.
15. Тепловое излучение газов и паров.
16. Коэффициент теплоотдачи излучением.
17. Теплопередача через плоские, цилиндрические и сферические стенки при установившемся процессе.
18. Тепловая изоляция.
19. Теплопередача через ребристые стенки.
20. Нестационарные процессы теплопроводности.
21. Регулярный тепловой режим
22. Теплообмен в различных печах.
23. Приложение теории теплопередачи к расчетам и конструированию печей химической аппаратуры
24. Теплоотдача при гравитационном стекании жидких пленок.
25. Нагревание водяным паром и парами высокотемпературных теплоносителей.
26. Нагревание горячими жидкостями.
27. Нагревание топочными газами.
28. Нагревание электрических током.
29. Отвод теплоты.
30. Приложение закономерностей горения топлива к расчетам и конструированию печей.
31. Сжигание твердого кускового топлива.

### 6.2.2. Примерные тестовые задания к экзамену, дифференцированному зачету

#### Вариант № 1

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
1.	Продукты полного горения топлива состоят из	1. $\text{CO}_2$ , $\text{N}_2$ , $\text{SO}_2$ 2. $\text{CO}_2$ , $\text{H}_2\text{O}$ , $\text{O}_2$ , $\text{N}_2$ , $\text{SO}_2$ 3. $\text{H}_2\text{O}$ , $\text{O}_2$ , $\text{N}_2$ , $\text{SO}_2$ 4. $\text{CO}_2$ , $\text{H}_2\text{O}$ , $\text{O}_2$ ,
2.	Коэффициент полезного действия трубчатой печи зависит от	1. коэффициента избытка воздуха 2. коэффициента избытка воздуха и температуры отходящих газов 3. температуры отходящих газов 4. состава сырья

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
3.	По технологическому признаку трубчатые печи подразделяются на	1. нагревательные, плавильные и нагревательно-реакционные 2. обжиговые, плавильные и нагревательно-реакционные 3. нагревательные, испарительные и нагревательно-реакционные 4. нагревательные, плавильные
4.	На радиантную камеру трубчатой печи приходится ... полезной тепловой нагрузки	1.75 2.25 1.35 4. 45 %
5.	На конвекционную камеру трубчатой печи приходится ... полезной тепловой нагрузки	1. 75 %; 2. 25 % 3. 15 % 4. 20 %
6.	Теплонапряженность поверхностей нагрева труб определяется в	1. кВт/ м <sup>2</sup> 2. кВт 3. кВт · м <sup>2</sup> 4. кВт/ м <sup>3</sup>
7.	В трубчатых печах НПЗ змеевики расположены в	1. только в радиантной камере 2. в конвекционной камере 3. радиантной и конвекционной камерах 4. на поду печи
8.	Коэффициент теплопередачи имеет размерность	1. Вт/(м <sup>2</sup> · град) 2. Вт/м <sup>2</sup> 3. Дж/ м <sup>2</sup> 4. ккал
9.	При непрерывных процессах	1. количество передаваемого тепла выражается в ккал 2. количество передаваемого тепла выражается в ккал/град 3. количество передаваемого тепла выражается в Вт 4. количество передаваемого тепла выражается через массовую долю
10.	Выражение $q = Q/F$ называется	1. массовой долей 2. водяным эквивалентом 3. плотностью теплового потока 4. плотностью массового потока
11.	Выражение $r = 1/\alpha$ называется	1. термическим сопротивлением 2. количеством жидкости, протекающей в единицу времени 3. количеством жидкости, протекающей за весь период процесса 4. водяным эквивалентом
12.	С увеличением скорости теплоносителя	1. толщина ламинарного пограничного слоя уменьшается 2. толщина ламинарного пограничного

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
		<p>слоя увеличивается</p> <p>3. толщина ламинарного пограничного слоя остается без изменения</p> <p>4. появляется застойная зон</p>
13.	Теплоноситель, оказывающий коррозионное действие на аппаратуру,	<p>1. пропускают через диафрагму</p> <p>2. пропускают через решетки</p> <p>3. пропускают в межтрубном пространстве</p> <p>4. пропускают по трубам</p>
14.	Регулирование температурного режима в теплообменных аппаратах	<p>1. осуществляется путем изменения количества подаваемого агента</p> <p>2. осуществляется путем регулирования скорости</p> <p>3. осуществляется путем регулирования давления</p> <p>4. осуществляется путем изменения подаваемого топлива</p>
15.	Перед расчетом сечений для прохода теплоносителей	<p>1. определяются с расходом подаваемой жидкости</p> <p>2. выбирают скорости их движения и диаметры труб</p> <p>3. выбирают тип материала труб</p> <p>4. определяют шероховатость труб</p>
16.	Поверхность теплообмена связана	<p>1. с конструктивными размерами аппарата</p> <p>2. с пористостью слоя</p> <p>3. с коэффициентом расширения</p> <p>4. с коэффициентом пропорциональности</p>
17.	Необходимую поверхность теплообмена определяют как Q- количество теплоты K- коэффициент теплопередачи $\Delta t_{ср}$ - средняя величина температуры	<p>1. <math>F=Q/(\Delta t_{ср})</math></p> <p>2. <math>F=Q/(K)</math></p> <p>3. <math>F=Q/(K \cdot \Delta t_{ср})</math></p> <p>4. <math>F= K \cdot \Delta t_{ср}</math></p>
18.	Выбор теплоносителя определяется	<p>1. величиной температуры нагревания</p> <p>2. разностью давлений</p> <p>3. разностью потенциалов</p> <p>4. разностью концентраций</p>
19.	Теплоноситель, используемый в промышленности, должен обеспечивать	<p>1. низкую интенсивность теплопередачи</p> <p>2. среднюю интенсивность теплопередачи</p> <p>3. низкую концентрацию</p> <p>4. высокую интенсивность теплопередачи</p>
20.	Расход топочных газов определяют	<p>1. из уравнения материального баланса</p> <p>2. из уравнения сплошности</p> <p>3. из уравнения легучести</p>

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
		4. из уравнения теплового баланса

Вариант № 2

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
1.	$GH_n + G_{H_2O}H_{нв} = GH_k + G_{H_2O}H_{кв} + Q_n,$ <p>где  G - расход охлаждаемого теплоносителя, кг/ч; Hн и Hк- начальная и конечная энтальпии охлаждаемого теплоносителя, кДж/кг (H = ct, где c-теплоемкость, кДж/(кг·К), t- температура теплоносителя, К; ) Hнв и Hкв— начальная и конечная энтальпии охлаждающей воды, кДж/кг; Qn- потери теплоты в окружающую среду, кДж/ч.</p>	1. уравнение материального баланса 2. уравнение сплошности 3. уравнение Ньютона 4. уравнение теплового баланса
2.	Процесс переноса теплоты от горячего теплоносителя к холодному разделяется во времени на два периода и происходит при попеременном нагревании и охлаждении насадки...	1. в рекуператорах 2. в конвертерах 3. в регенеративных теплообменниках 4. в шахтных печах
3.	Возможностью развивать большую поверхность теплообмена в одном аппарате отличаются	1. кожухотрубчатые теплообменники 2. пленочные теплообменники 3. спиральные теплообменники 4. рекуперативные теплообменники
4.	Если оба теплоносителя, не изменяют направления движения, то это... теплообменник	1. многоходовой 2. спиральный 3. трубчатый 4. одноходовой
5.	Увеличение скорости движения теплоносителей в трубном и межтрубном пространствах теплообменника влечет за собой	1. уменьшения его гидравлического сопротивления 2. выравнивания его гидравлического сопротивления 3. увеличение его гидравлического сопротивления 4. уменьшения его размеров
6.	Для увеличения скорости в межтрубном пространстве в теплообменнике устанавливают	1. ряд сегментных перегородок 2. мешалку 3. вентиль 4. задвижку
7.	При разностях температур труб и кожуха более 50 °С и значительной длине труб применяют теплообменники	1. жесткой конструкции 2. трубчатые 3. пластинчатые 4. нежесткой конструкции

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
8.	Теплообменник, представляющий собой набор последовательно соединенных элементов, состоящих из двух концентрически расположенных труб, называется	1. «труба в трубе» 2. пластинчатым 3. спиральным 4. жесткой конструкции
9.	Смесительные теплообменники являются высокоинтенсивными аппаратами, так как в них теплообмен происходит при непосредственном соприкосновении теплоносителей, т.е. в смесительных теплообменниках отсутствует	1. термическое сопротивление стенки растёт 2. термическое сопротивление стенки 3. термическое сопротивление стенки меняется 4. воздушный поток
10.	Смесительные теплообменники применяют в тех случаях, когда допустимо	1. изменение температур 2. смешение теплоносителей 3. изменение давления 4. изменение концентрации
11.	Наиболее существенная форма передачи тепла от газового факела, несущего сажистые частицы, к потолочным и подовым экранам в радиантных топочных камерах трубчатых печей ...	1. теплопроводность 2. естественная конвекция 3. тепловое излучение 4. принудительная конвекция
12.	Отношение реально получаемого количества продукта к максимальному теоретически возможному количеству называется	1. мощностью процесса 2. интенсивностью процесса 3. расходом 4. выходом продукта
13.	Количество продукта, получаемого с единицы объема аппарата в течение единицы времени называется	1. интенсивностью процесса 2. мощностью процесса 3. производительностью 4. выходом продукта
14.	Технической атмосфере отвечает размерность	1. Н/м <sup>2</sup> 2. кгс/см <sup>2</sup> 3. кг/см <sup>2</sup> 4. Н/см <sup>2</sup>
15.	Производительность определяется как ..., где G-количество продукта за время t	1. $P=G/t$ 2. $P=G \cdot t$ 3. $P=G-t$ 4. $P=G+t$
16.	Отношение реально получаемого количества продукта к максимальному теоретически возможному количеству называется	1. мощностью 2. напряженностью 3. характеристикой продукта 4. выходом продукта
17.	Коэффициент, показывающий количество затраченного сырья на производство единицы продукта, называется	1. обогащательным 2. расходуемым 3. периодическим 4. теплообменным
18.	Количество перерабатываемого сырья в единицы объема аппарата	1. интенсивностью процесса 2. мощностью процесса

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
	называется	3. производительностью 4. напряженностью процесса
19.	Передача тепла конвекцией происходит	1. при непосредственном соприкосновении отдельных частиц твердого тела 2. в состоянии покоя 3. в жидкостях и газах путем перемещения их частиц 4. через теплопроводность
20.	Тепловой поток это	1. количество тепла, передаваемого в единицу времени от одного тела к другому 2. напорная характеристика газа 3. сумма геометрического и скоростного напоров 4. количество тепла, теряемого жидкостью

#### Вариант № 3

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
1.	Теплообменные аппараты, служащие для передачи теплоты от горячего теплоносителя к холодному через разделяющую их стенку, называются:	1. смесительные; 2. регенеративные; 3. рекуперативные 4. смешанные
2.	Расчет форсунок заключается в определении	1. диаметров воздушного и мазутного сопел 2. скорости прохождения жидкого топлива 3. массы оборудования 4. габаритных размеров форсунки
3.	Для улучшения смешения в сопле горелки используют	1. рассекатель 2. уплотнитель 3. насадки 4. вентилятор
4.	Передача тепла нагреваемым изделиям в печах при высокой температуре происходит главным образом	1. равномерно 2. теплопроводностью 3. излучением 4. смешанным теплообменом
5.	При нагреве и охлаждении в среде с переменной температурой все физические величины для расчета $\lambda$ , $c$ и $a$ , а также коэффициенты теплопередачи берутся	1. для значений, соответствующим начальным температурам 2. для средней температуры каждого участка 3. для значений, соответствующих конечным температурам 4. для средней температуры одного любого участка

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
6.	Жидкое топливо перед сжиганием подвергается	1. обогащению 2. распыливанию 3. смешению 4. агломерации
7.	Плотность воздуха при нормальных условиях равна	1. 1, 293 кг/м <sup>3</sup> 2. 1, 393 кг/м <sup>3</sup> 3. 1, 298 кг/м <sup>3</sup> 4. 1, 283 кг/м <sup>3</sup>
8.	При увеличении расхода топлива и уменьшении количество воздуха достигается атмосфера...	1. окислительная 2. восстановительная 3. нейтральная 4. промежуточная
9.	Лучеиспускательная способность тем выше, чем ... его поглощательная способность	1. меньше 2. меньше в 2 раза 3. больше 4. больше в 2 раза
10.	Наивысшая лучеиспускательная способность	1. серого тела 2. абсолютно прозрачного тела 3. абсолютно белого тела 4. абсолютно черного тела
11.	Для абсолютно прозрачного тела лучеиспускательная способность	1. больше единицы 2. меньше единицы 3. равна единице 4. равна нулю
12.	Неустановившиеся процессы протекают в аппаратах	1. периодического действия 2. непрерывного действия 3. смешанного действия 4. вертикальных
13.	Установившиеся процессы соответствуют	1. дискретной работе аппаратов 2. периодической работе аппаратов 3. непрерывной работе аппаратов 4. смешанной работе аппаратов
14.	При выпаривании под вакуумом жидкость кипит	1. при более низкой температуре, чем при атмосферном давлении 2. при более высокой температуре, чем при атмосферном давлении 3. при температуре 50 °С 4. при постоянной температуре
15.	При выпаривании под вакуумом разность температур между греющим паром и кипящим раствором	1. приблизительно равна 20 °С 2. как при атмосферном выпаривании 3. выше, чем при атмосферном выпаривании 4. не превышает 100 °С
16.	Отношение парциального давления компонента к полному давлению равно	1. массовой доле компонента в смеси 2. удельному объему компонента в смеси 3. летучести смеси

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
		4. объемной доле компонента в смеси
17.	Обогрев выпарного аппарата чаще всего осуществляют	1. через регенератор 2. через рекуператор 3. через рубашку 4. с помощью жидкости
18.	Сумма объемных концентраций всех компонентов смеси равна	1. плотности смеси 2. весу смеси 3. объему смеси 4. мольной доли смеси
19.	Наибольшей лучеиспускательной способностью обладают газы:	1. H <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> ; 2. H <sub>2</sub> , CO; 3. H <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> ; 4. H <sub>2</sub> O, CO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> ;
20.	$Q=C \cdot F(T/100)^4$	1. закон Прандтля 2. закон Стефана-Больцмана 3. закон Ньютона 4. закон Кирхгофа

### 6.3. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

#### 6.3.1. Критерии оценок промежуточной аттестации (дифференцированный зачет)

Оценка			
«2» (неудовлетворительно)	Пороговый уровень освоения «3» (удовлетворительно)	Углубленный уровень освоения «4» (хорошо)	Продвинутый уровень освоения «5» (отлично)
Посещение менее 50 % лекционных, лабораторных и практических занятий	Посещение не менее 60 % лекционных, лабораторных и практических занятий	Посещение не менее 70 % лекционных, лабораторных и практических занятий	Посещение не менее 85 % лекционных, лабораторных и практических занятий
Студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы	Студент поверхностно знает материал основных разделов и тем учебной дисциплины, допускает неточности в ответе на вопрос	Студент хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос.	Студент в полном объеме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
Не умеет находить решения большинства предусмотренных программой обучения заданий	Иногда находит решения предусмотренных программой обучения заданий	Уверенно находит решения предусмотренных программой обучения заданий	Безошибочно находит решения предусмотренных программой обучения заданий



<b>Оценка</b>			
<b>«2» (неудовлетворительно)</b>	<b>Пороговый уровень освоения</b>	<b>Углубленный уровень освоения</b>	<b>Продвинутый уровень освоения</b>
	<b>«3» (удовлетворительно)</b>	<b>«4» (хорошо)</b>	<b>«5» (отлично)</b>
Посещение менее 50 % лекционных, лабораторных и практических занятий	Посещение не менее 60 % лекционных, лабораторных и практических занятий	Посещение не менее 70 % лекционных, лабораторных и практических занятий	Посещение не менее 85 % лекционных, лабораторных и практических занятий
Большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено	Предусмотренные программой обучения задания выполнены удовлетворительно	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены

### 6.3.2. Критерии оценок промежуточной аттестации (экзамен)

<b>Оценка</b>			
<b>«2» (неудовлетворительно)</b>	<b>Пороговый уровень освоения</b>	<b>Углубленный уровень освоения</b>	<b>Продвинутый уровень освоения</b>
	<b>«3» (удовлетворительно)</b>	<b>«4» (хорошо)</b>	<b>«5» (отлично)</b>
Студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы	Студент поверхностно знает материал основных разделов и тем учебной дисциплины, допускает неточности в ответе на вопрос	Студент хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос	Студент в полном объеме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
Не умеет находить решения большинства предусмотренных программой обучения заданий	Иногда находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Уверенно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Безошибочно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий
Большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено	Предусмотренные программой обучения задания выполнены удовлетворительно	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены

#### *Примерная шкала оценивания знаний в тестовой форме:*

<b>Количество правильных ответов, %</b>	<b>Оценка</b>
0-49	Неудовлетворительно
50-65	Удовлетворительно
66-85	Хорошо
86-100	Отлично

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1. Рекомендуемая литература

#### 7.1.1. Основная литература

1. Коршиков В.Д. Моделирование процессов тепло- и массопереноса [Электронный ресурс]/ Коршиков В.Д., Бянкин И.Г.— Электрон. текстовые данные.— Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2014.— 84 с.— Режим доступа: <http://www.bibliocomplectator.ru/book/?id=55643>

2. Бакланова, В.Г. Теплообменные аппараты низкотемпературных установок и систем термостатирования. Часть 1. «Аппараты трубчатого и пластинчато-ребристого типов» [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Г. Бакланова, Ю.А. Шевич. — Электрон. дан. — Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. — 68 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/52215>

3. Таранова, Л.В. Теплообменные аппараты и методы их расчета [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л.В. Таранова. — Электрон. дан. — Тюмень : ТюмГНГУ, 2009. — 152 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/28331>

4. Лобода, Е.Л. Лабораторный практикум по теплообмену [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие / Е.Л. Лобода. — Электрон. дан. — Томск : ТГУ, 2016. — 32 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/92001>

### **7.1.2. Дополнительная литература**

1. Гумеров, А.М. Математическое моделирование химико-технологических процессов [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.М. Гумеров. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2014. — 176 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/41014>

2. Макаров, А.Н. Теплообмен в электродуговых и факельных металлургических печах и энергетических установках [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.Н. Макаров. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2014. — 384 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/50681>.

3. Арутюнов, В.А. Теплофизика, теплотехника, теплообмен. Механика жидкостей и газов. Лабораторный практикум [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.А. Арутюнов, В.А. Капитанов, И.А. Левицкий, С.Н. Шибалов. — Электрон. дан. — Москва : МИСИС, 2007. — 85 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/1813>

4. Арутюнов, В.А. Теплофизика, теплотехника, теплообмен. Теплообмен. Топливо и огнеупоры. Тепловая работа печей. Лабораторный практикум [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.А. Арутюнов, В.А. Капитанов, И.А. Левицкий, С.Н. Шибалов. — Электрон. дан. — Москва: МИСИС, 2007. — 136 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/1814>

### **7.1.3. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента**

1. Иванова, И.В. Сборник задач по теплообмену [Электронный ресурс] : учебное пособие / И.В. Иванова. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: СПбГЛТУ, 2012. — 72 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/45359>

## **7.2. Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы**

1. Европейская цифровая библиотека European: <http://www.europeana.eu/portal/>

2. Мировая цифровая библиотека: <http://www.wdl.org/ru/>

3. Свободная энциклопедия «Википедия»: <http://ru.wikipedia.org/>

4. Словари и энциклопедии на «Академик»: <http://dic.academic.ru/>

5. Электронная библиотека учебников: <http://student.net/>

6. Электронная библиотека IQlib: <http://www.iqlib.ru/>

7. Электронная библиотека Российской Государственной Библиотеки (РГБ): <http://www.rsl.ru/>

8. Электронно-библиотечная система издательского центра «Лань»

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **8.1. Материально-техническое оснащение аудиторий:**

Специализированные аудитории, используемые при проведении занятий лекционного типа, оснащены мультимедийными проекторами и комплектом аппаратуры, позволяющей демонстрировать текстовые и графические материалы.

Лаборатории оснащены химическим оборудованием, реактивами и лабораторными установками, необходимыми для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Теория тепловой работы печей и аппаратов переработки природных энергоносителей».

#### **Аудитории для проведения лекционных занятий.**

Оснащенность: стол- 19 шт., стул-38 шт., доска белая маркерная Magnetoplan C 2000x1000 мм.

Компьютерная техника: интерактивный сенсорный LCD – экран iiyama ProLite PL8603U.

#### **Аудитории для проведения практических занятий.**

Оснащенность: стол- 8 шт., стул-16 шт., доска белая маркерная Magnetoplan C 2000x1000 мм.

Компьютерная техника: Моноблок Dell OptiPlex 7470 All-in-One CTO 23.8” FHD DDR4 16 ГБ – 16 шт.

#### **Аудитории для проведения лабораторных занятий.**

Оснащенность: стол- 8 шт., стул-16 шт., доска белая маркерная Magnetoplan C 2000x1000 мм.

Лаборатории оснащены химическим оборудованием, реактивами и лабораторными установками, необходимыми для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Теория тепловой работы печей и аппаратов переработки природных энергоносителей».

### **8.2. Помещения для самостоятельной работы:**

1. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 13 посадочных мест. Стул – 25 шт., стол – 2 шт., стол компьютерный – 13 шт., шкаф – 2 шт., доска аудиторная маркерная – 1 шт., АРМ учебное ПК (монитор + системный блок) – 14 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

2. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 17 посадочных мест. Доска для письма маркером – 1 шт., рабочие места студентов, оборудованные ПК с доступом в сеть университета – 17 шт., мультимедийный проектор – 1 шт., АРМ преподавателя для работы с мультимедиа – 1 шт. (системный блок, мониторы – 2 шт.), стол – 18 шт., стул – 18 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

3. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 16 посадочных мест. Стол компьютерный для студентов (тип 4) - 3 шт., стол компьютерный для студентов (тип 6) – 2 шт., стол компьютерный для студентов (тип 7) – 1 шт., кресло преподавателя (сетка, цвет черный) – 17 шт., доска напольная мобильная белая магнитно-маркерная «Magnetoplan» 1800мм×1200мм - 1 шт., моноблок Lenovo M93Z Intel Q87 – 17 шт., плакат – 5 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

### **8.3. Помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования:**

#### **1. Центр новых информационных технологий и средств обучения:**

Оснащенность: персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 4 шт., сетевой накопитель – 1 шт., источник бесперебойного питания – 2 шт., телевизор плазменный Panasonic – 1 шт., точка Wi-Fi – 1 шт., паяльная станция – 2 шт., дрель – 5 шт., перфоратор – 3 шт., набор инструмента – 4 шт., тестер компьютерной сети – 3 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., паста теплопроводная – 1 шт., пылесос – 1 шт., радиостанция – 2 шт., стол – 4 шт., тумба на колесиках – 1 шт., подставка на колесиках – 1 шт., шкаф – 5 шт., кресло – 2 шт., лестница Alve – 1 шт.

#### **2. Центр новых информационных технологий и средств обучения:**

Оснащенность: стол – 5 шт., стул – 2 шт., кресло – 2 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 2 шт., МФУ – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., балон со сжатым газом – 1 шт., шуруповерт – 1 шт.

#### **3. Центр новых информационных технологий и средств обучения:**

Оснащенность: стол – 2 шт., стул – 4 шт., кресло – 1 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 1 шт. (доступ к сети «Интернет»), веб-камера Logitech HD C510 – 1 шт., колонки Logitech – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., дрель – 1 шт., телефон – 1 шт., набор ручных инструментов – 1 шт.

#### **8.4. Лицензионное программное обеспечение:**

1. Microsoft Windows 8 Professional (договор бессрочный ГК № 875-09/13 от 30.09.2013 « На поставку компьютерной техники»)
2. Microsoft Office 2007 Standard (договор бессрочный Microsoft Open License 42620959 от 20.08.2007)
3. Microsoft Office 2007 Professional Plus (договор бессрочный Microsoft Open License 46082032 от 30.10.2009, договор бессрочный Microsoft Open License 46822807 от 22.12.2009, договор бессрочный Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010, договор бессрочный Microsoft Open License 45207312 от 03.03.2009)
4. MySQL Workbench v. 6.3.9 (лицензия свободная GNU GPL).
5. PHP 7.1.7 ( лицензия на свободное программное обеспечение, под которой выпущен язык программирования PHP, одобрена OSI)
6. Apache 2.4.27 (свободный кроссплатформенный Web-сервер, лицензия на свободное программное обеспечение Apache Software Foundation).
7. Python (свободное распространяемое ПО)