

Министерство образования и науки Российской Федерации

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

"Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна"  
**ВЫСШАЯ ШКОЛА ТЕХНОЛОГИИ И ЭНЕРГЕТИКИ**



УТВЕРЖДАЮ

Директор ВШТЭ

П.В.Луканин

2018 года

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.ДВ.03.01**  
 (индекс дисциплины)

Тепломассообменные процессы выпарки и выпарные установки  
 (Наименование дисциплины)

Кафедра

**24**

Код

Промышленной теплоэнергетики

(Наименование кафедры)

Направление подготовки:

13.04.01 ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА

Профиль подготовки:

Тепломассообменные процессы и установки

Уровень образования:

Магистратура

План учебного процесса

Составляющие учебного плана		Очное обучение	Очно-заочное обучение	Заочное обучение
Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся (часы)	Всего	72		72
	Аудиторные занятия	28		16
	Лекции	0		8
	Лабораторные занятия	0		0
	Практические занятия	28		8
	Самостоятельная работа	44		52
	Промежуточная аттестация	0		4
Формы контроля по семестрам (номер семестра)	Экзамен			
	Зачёт	2		4
	Контрольная работа			4
	Курсовой проект (работа)			
Общая трудоемкость дисциплины (зачетные единицы)		2		2
Семестр		2		4

Санкт-Петербург  
 2018

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования

по направлению подготовки 13.04.01 ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА

На основании учебных планов № м130401-1, zm 130401

Кафедра-разработчик: Промышленной теплоэнергетики  
(наименование кафедры)

Заведующий кафедрой:  Сморозин С.Н.  
(Ф.И.О. заведующего, подпись)

СОГЛАСОВАНИЕ:

Выпускающая кафедра: Промышленной теплоэнергетики  
(наименование кафедры)

Заведующий кафедрой:  Сморозин С.Н.  
(Ф.И.О. заведующего, подпись)

Методический отдел:

 Смирнова В.Г.  
(Ф.И.О. сотрудника отдела, подпись)



Код компетенции	Формулировка компетенции	Этап формирования компетенции
- навыками определения погрешности результатов эксперимента и определения адекватности модели		

### 1.5. Дисциплины (практики) образовательной программы, в которых было начато формирование компетенций, указанных в п.1.4:

ПК-3 – Основные направления развития теплоэнергетики, Теплообменные процессы сушки и сушильные установки, Тепло и массообменное оборудование в биоэнергетике

ПК-7 - Теплообменные процессы сушки и сушильные установки

## 2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование и содержание учебных модулей, тем и форм контроля	Выделяемое время (часы)		
	очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
<b>Учебный модуль 1 Теоретические основы выпаривания</b>			
Тема 1. Назначение процесса концентрирования растворов. Технологическая и аппаратно - технологическая схема производства целлюлозы сульфатным методом. Роль и место выпаривания в технологии производства целлюлозы.	2		4
Тема 2. Принципы техники выпаривания. Классификация систем и аппаратно-технологические схемы выпаривания.. Физико-химические свойства растворов и основные характеристики процесса выпаривания.	4		4
Тема 3. Температурный режим работы МВУ. Общий и полезный температурный напор в МВУ. Тепловая нагрузка в выпарном аппарате. Распределение полезных температурных напоров по корпусам выпарной установки в зависимости от закона распределения тепловых нагрузок	2		4
Тема 4. Схемы выпаривания в МВУ. Одноступенчатое выпаривание. Многоступенчатые выпарные установки. Эксплуатационные особенности схем МВУ	2		4
<b>Текущий контроль 1. Устный опрос</b>	1		
<b>Учебный модуль 2. Конструкции выпарных аппаратов и вспомогательного оборудования</b>			
Тема 5. Выпарные аппараты пленочного типа. Их преимущества и недостатки. Механизм пленочного течения, кипения и теплоотдачи в пленке. Начальный участок. Режимы течения пленки и связь с теплоотдачей. Практические выводы применительно к АПП.	4		4
Тема 6. Выпарные аппараты с вынесенной зоной кипения. Их преимущества и недостатки. Специфика конструкций аппаратов для различных целей применения.	2		4
Тема 7. Суперконцентраторы. Особенности эксплуатации и области применения. Примеры конструкций	2		4
Тема 8. Теплообменники рекуперативного типа и теплообменники смешения. Тепловые и технологические преимущества. Примеры конструкции аппаратов.	2		4
<b>Текущий контроль 2. Устный опрос</b>	1		
<b>Учебный модуль 3 Тепловые расчеты выпарных установок</b>			
Тема 9. Поверочные тепловые расчеты. Прямоточные, противоточные и смешанные схемы выпаривания. Метод исключения зависимых переменных. Матричные вычисления методом Гаусса - Жордана. Блок схема расчета на ПК.	4		4
Тема 10. Проектные тепловые расчеты. Прямоточные, противоточные и смешанные схемы выпаривания. Движущая сила процесса выпаривания. Конденсационная система. Схема отвода конденсатов. Способы регенерации вторичного тепла. Эффект самоиспарения.	4		4
Тема 11. Тепловые расчеты схем с теплообменниками смешения, связь с технико-экономическими показателями. Вычисление невязки.	4		4
Тема 12. Особенности расчетов при модернизации действующих схем выпаривания. Нагрузочно-энергетическая характеристика работы ВУ, основные	8		6

Наименование и содержание учебных модулей, тем и форм контроля	Выделяемое время (часы)		
	очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
технико-экономические показатели.			
<b>Текущий контроль 3. Устный опрос</b>	1		
<b>Учебный модуль 4. Пути повышения эффективности работы выпарных установок</b>			
Тема 13. Накипеобразование на поверхностях нагрева. Способы предупреждения и очистки. Каплеунос и способы очистки пара. Принципы работы сепарационных устройств. Вентиляция греющих камер аппаратов.	4		4
Тема 14. Образование «дурнопахнущих газов». Отвод вторичных паров и неконденсируемых «дурнопахнущих газов». Методы расчета поверхностного и барометрического конденсаторов. Способы отвода конденсатов из вакуумных аппаратов	4		4
Тема 15. Использование вторичных энергоресурсов. Регенерация теплоты отходящих газов технологических установок.	4		4
Тема 16. Основы метода термодинамического анализа МВУ. Определение эксергии теплового потока. Метод разности приращений эксергий тепловых потоков. Эксергетический КПД теплопередачи сложной термодинамической системы и теплоиспользующего элемента в ней	8		6
<b>Текущий контроль 4. Устный опрос</b>	1		
<b>Промежуточная аттестация по дисциплине зачет</b>	8		4
<b>ВСЕГО:</b>	<b>72</b>		<b>72</b>

### 3. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

#### 3.1. Лекции

Номера изучаемых тем	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
1					4	2
5					4	2
9					4	2
16					4	2
<b>ВСЕГО:</b>						<b>8</b>

#### 3.2. Практические и семинарские занятия

Номера изучаемых тем	Наименование и форма занятий	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
2	Принципы техники выпаривания	2	1			2	0,5
3	Температурный режим работы МВУ	2	1			2	0,5
4	Схемы выпаривания в МВУ	2	2			2	0,5
5	Выпарные аппараты пленочного типа	2	1			2	0,5
6	Выпарные аппараты с вынесенной зоной кипения	2	1			2	0,5
7	Суперконцентраторы	2	2			2	0,5
8	Теплообменники рекуперативного типа и теплообменники	2	2			2	0,5

Номера изучаемых тем	Наименование и форма занятий	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
	смещения						
9	Поверочные тепловые расчеты	2	6			2	0,5
10	Проектные тепловые расчеты	2	4			2	0,5
11	Примеры расчетов с теплообменниками смещения. Вычисление невязки.	2	2			2	0,5
12	Особенности расчетов при модернизации действующих схем выпаривания	2	2			2	0,5
16	Анализ термодинамической эффективности выпарных батарей по методу приращений эксергии	2	4			2	1
<b>ВСЕГО:</b>			<b>28</b>				<b>8</b>

### 3.3. Лабораторные занятия

Не предусмотрены

## 4. КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Не предусмотрено

## 5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Номера учебных модулей, по которым проводится контроль	Форма контроля знаний	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Кол-во	Номер семестра	Кол-во	Номер семестра	Кол-во
1,2,3,4	Устный опрос	2	4				

## 6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Виды самостоятельной работы обучающегося	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
Усвоение теоретического материала	2	26			2	28
Подготовка к практическим занятиям	2	10			2	20
Подготовка к зачету	2	8			2	4
<b>ВСЕГО:</b>			<b>44</b>			<b>52</b>

## 7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

### 7.1. Характеристика видов и используемых активных и интерактивных форм занятий

Не предусмотрены

### 7.2. Система оценивания успеваемости и достижений обучающихся для промежуточной аттестации

традиционная

балльно-рейтинговая

## 8. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 8.1. Учебная литература

#### а) основная учебная литература

1. Казаков В.Г., Луканин П.В., Смирнова О.С. Эксергетические методы оценки эффективности теплотехнологических установок: учебное пособие. (Рекомендовано ФГБОУВПО «Национальный исследовательский университет «МЭИ»)/СПб ГТУ РП.- СПб.,2013.-93с.: ил.20. Электронная библиотека методических указаний, учебно-методических пособий ВШТЭ <http://nizrp.narod.ru/metod/kpte/2.pdf>
2. Планирование и организация эксперимента [Электронный ресурс]: методические указания/ — Электрон. текстовые данные.— СПб.: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2014

#### б) дополнительная учебная литература

3. Бегляров А.Э. Основы проектирования тепловых установок [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Бегляров А.Э.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2015.— 207 с IPRbooks - <http://www.iprbookshop.ru/40576>
4. Попов А.А. Оптимальное планирование эксперимента в задачах структурной и параметрической идентификации моделей многофакторных систем [Электронный ресурс]: монография/ Попов А.А.— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2013.— 296 с

### 8.2. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Казаков, В.Г. Термодинамические методы анализа в энергоиспользующих процессах [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В.Г. Казаков, П.В. Луканин, О.С. Смирнова; СПбГТУРП, каф. пром. теплоэнергетики. – СПб, 2011. – 93 с. <http://nizrp.narod.ru/thermodynammetody.htm>
2. Готовский М.А., Суслов В.А. Тепломассообмен в технологических установках ЦБП [Электронный ресурс]: учебное пособие М.А. Готовский, В.А. Суслов / СПб ГТУ РП. СПб, 2013. Часть 3. - 120 с.: ил. 84. <http://nizrp.narod.ru/metod/kpte/3.pdf>

### 8.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет" , необходимых для освоения дисциплины:

1. <http://www.nizrp.narod.ru> электронной библиотеки учебных изданий ВШТЭ
2. <http://www.iprbookshop.ru/26812>.— ЭБС «IPRbooks»
3. <http://lib.sfi.komi.com> Электронная библиотека СЛИ
4. Энергосбережение и энергоэффективность. <http://portal-energo.ru>
5. Энергосберегающая технология в России и за рубежом. <http://rusenergetics.ru>

### 8.3. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем:

1. Microsoft Windows 8.1
2. Microsoft Office Professional 2013

### 8.4. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине:

1. Лекционная аудитория с мультимедийным учебным комплексом
2. Компьютерный класс с мультимедийным комплексом и выходом в Интернет

## 9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Вид учебных занятий	Организация деятельности обучающегося
Практические занятия	Подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы, решение задач по алгоритму и др.

Вид учебных занятий	Организация деятельности обучающегося
Самостоятельная работа	Знакомство с основной и дополнительной литературой, включая справочные издания, зарубежные источники, конспект основных положений, терминов, сведений, требующих для запоминания и являющихся основополагающими.
Подготовка к зачету	При подготовке к зачету необходимо изучить рекомендуемую литературу и материалы практических занятий

## 10. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 10.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

#### 10.1.1. Показатели оценивания компетенций на этапах их формирования

Код компетенции (этап освоения)	Показатели оценивания компетенций	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
ПК-3	Демонстрирует знание конструкций и схем работы установок; характерных производственных затруднений и мер по их устранению. Ориентируется в способах утилизации вторичных энергоресурсов, основах теории теплообмена (в рамках предлагаемого курса), методике расчета выпарных установок (ВУ). Способен осуществлять проектный и поверочный расчеты тепловых и материальных балансов ВУ; обоснованно выбирать величину поверхности выпарного аппарата, их количество и схему выпарной установки, ориентироваться в справочных и нормативных литературных источниках. Обладает навыками расчетов тепломассообменного основного и вспомогательного оборудования МВУ.	Устное собеседование Практическое задание	Перечень вопросов для устного собеседования (51 вопрос) Задачи (20 штук)
ПК-7	Уверенно ориентируется в основных разделах теории планирования эксперимента Способен спланировать эксперимент, обработать результаты эксперимента, измерять основные параметры объекта с помощью типовых измерительных приборов, оценивать погрешности измерений, Обладает навыками применения полученной информации при постановке теплотехнических экспериментов, навыками определения экстремума целевой функции, навыками определения погрешности результатов эксперимента и определения адекватности модели	Устное собеседование Практическое задание	Перечень вопросов для устного собеседования (51 вопрос) Задачи (20 штук)

#### 10.1.2. Описание шкал и критериев оценивания сформированности компетенций

### Критерии оценивания сформированности компетенций

Оценка по традиционной шкале	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Практическое задание
Зачтено	Полный, исчерпывающий ответ, явно демонстрирующий глубокое понимание предмета. Умение применять теоретические знания для решения практических задач	
Не зачтено	Ответ неполный. При понимании сущности предмета в целом присутствуют существенные ошибки или пробелы в знаниях сразу по нескольким темам, незнание (путаница) важных терминов.	

*\* Существенные ошибки – недостаточная глубина и осознанность ответа (например, студент не смог применить теоретические знания для объяснения явлений, для установления причинно-следственных связей, сравнения и классификации явлений и т.д.).*

*\* Несущественные ошибки – неполнота ответа (например, упущение из вида какого-либо нехарактерного факта, дополнения при описании процесса, явления, закономерностей и т.д.); к ним могут быть отнесены оговорки, допущенные при невнимательности студента.*

### 10.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

#### 10.2.1. Перечень вопросов, разработанный в соответствии с установленными этапами формирования компетенций

№ п/п	Формулировка вопросов	№ темы
1	Суть и назначение процесса выпаривания.	1
2	Основы процесса выпаривания. Классификация систем и аппаратурно-технологические схемы выпаривания.	1
3	Основы процесса выпаривания. Материальный баланс выпарных установок.	1
4	Основы процесса выпаривания. Одноступенчатое выпаривание.	1
5	Основы процесса выпаривания. Многоступенчатые выпарные установки (МВУ).	1
6	Основы процесса выпаривания. Эксплуатационные особенности схем МВУ.	2
7	Основы процесса выпаривания. Физико – химические свойства растворов и основные соотношения для выражения концентрации сухих веществ.	2
8	Основы процесса выпаривания. Температурные депрессии. Математическое выражение для полезного температурного напора выпарной батареи.	3
9	Основы процесса выпаривания. Вычисление количества выпаренной воды через концентрации раствора и коэффициент центрирования.	3
10	Основы процесса выпаривания. Определение концентрации в n-ой ступени выпаривания.	3
11	Основные конструкции выпарных аппаратов. Выпарные аппараты с естественной циркуляцией и соосной греющей камерой.	4
12	Основные конструкции выпарных аппаратов. Выпарной аппарат с восходящей пленкой.	5
13	Основные конструкции выпарных аппаратов. Выпарной аппарат с естественной циркуляцией и вынесенной зоной кипения.	6
14	Основные конструкции выпарных аппаратов. Выпарной аппарат с вынесенной греющей камерой.	6
15	Основные конструкции выпарных аппаратов. Выпарной аппарат с естественной циркуляцией и внешней циркуляционной трубой.	6
16	Основные конструкции выпарных аппаратов. Выпарной аппарат с принудительной циркуляцией, сосной греющей камерой и вынесенной зоной кипения.	6
17	Основные конструкции выпарных аппаратов. Выпарной аппарат с падающей пленкой.	5
18	Основные конструкции выпарных аппаратов. Двухходовой выпарной аппарат фирмы «Розенблад».	5
19	Основные конструкции выпарных аппаратов. Выпарной аппарат с гравитационным течением фирмы «Лурги».	8
20	Основные конструкции выпарных аппаратов. Выпарной аппарат фирмы «Альстрем».	8

21	Основные конструкции выпарных аппаратов. Концентратор фирмы «Гортон».	7
22	Основные конструкции выпарных аппаратов. Двухходовой концентратор фирмы «Розенлев-Свенсон».	7
23	Основные конструкции выпарных аппаратов. Суперконцентратор фирмы «Розенлев» с гравитационным течением выпариваемого раствора.	7
24	Температурный режим работы в МВУ. Полезный температурный напор в единичном выпарном аппарате и выпарной батарее. Связь между общим и полезным температурным напором в батарее.	3
25	Температурный режим работы в МВУ. Распределение полезных температурных напоров по корпусам МВУ в зависимости от требований к величине теплообменной поверхности кипятильников выпарных аппаратов.	3
26	Тепловые расчеты МВУ. Основы поверочного теплового расчета на примере трехступенчатой прямоточной выпарной установки.	9
27	Тепловые расчеты МВУ. Алгоритм проектного теплового расчета.	9
28	Расчеты коэффициентов теплопередачи при выпаривании. Обобщенное уравнение. Вынужденный поток по полному сечению, турбулентный.	10
29	Расчеты коэффициентов теплопередачи при выпаривании. Обобщенное уравнение. Вынужденный поток по полному сечению, ламинарный.	10
30	Расчеты коэффициентов теплопередачи при выпаривании. Обобщенное уравнение. Свободное стекание жидкости по стенке, турбулентное.	10
31	Расчеты коэффициентов теплопередачи при выпаривании. Обобщенное уравнение. Свободное стекание жидкости по стенке, ламинарное.	10
32	Расчеты коэффициентов теплопередачи при выпаривании. Обобщенное уравнение. Свободное стекание конденсата по стенке (конденсация).	10
33	Расчеты коэффициентов теплопередачи при выпаривании. Обобщенное уравнение. Свободный поток (естественная конвекция).	10
34	Расчеты коэффициентов теплопередачи при выпаривании. Коэффициент теплоотдачи в критериальном виде для выпарных аппаратов с естественной циркуляцией.	10
35	Расчеты коэффициентов теплопередачи при выпаривании. Коэффициент теплоотдачи для выпарных аппаратов с естественной циркуляцией (упрощенная формула).	10
36	Расчеты коэффициентов теплопередачи при выпаривании. Коэффициент теплоотдачи от насыщенной парогазовой смеси.	10
37	Вычисление невязки при расчетах с теплообменниками смешения	11
38	Вспомогательное оборудование. Чистота вторичного пара в выпарных аппаратах.	12
39	Вспомогательное оборудование. Регенеративные подогреватели раствора. Типы применяемых регенеративных подогревателей раствора.	12
40	Вспомогательное оборудование. Регенеративные подогреватели раствора. и конденсаторы выпарных установок.. Расчет поверхности теплообмена рекуперативного теплообменника.	12
41	Вспомогательное оборудование. Конденсаторы выпарных установок. Назначение. Типы конденсаторов.	12
42	Вспомогательное оборудование. Прямоточные конденсаторы.	12
43	Вспомогательное оборудование. Противоточные конденсаторы.	12
44	Вспомогательное оборудование. Расчет расхода воды на конденсацию пара в поверхностных конденсаторах.	12
45	Вспомогательное оборудование. Расчет расхода воды на конденсацию пара в конденсаторах смешения.	12
46	Тепловые схемы и особенности эксплуатации выпарных установок сульфатного производства. Подготовка черного щелока к выпариванию.	13
47	Тепловые схемы и особенности эксплуатации выпарных установок сульфатного производства. Особенности эксплуатации МВУ.	13
48	«Дурнопахнущие газы». Образование и пути устранения	14
49	Использование вторичных энергоресурсов при выпаривании щелоков	15
50	Термодинамический анализ выпарных батарей	16
51	Метод приращения эксергий	16

### 10.2.2. Перечень тем рефератов, разработанных в соответствии с установленными этапами формирования компетенций

1. Гидрохимические способы регенерации химикатов в процессе производства сульфатной целлюлозы как энергосберегающие технологии.

2. Основные направления интенсификации выпаривания и сушки в процессе получения лигносульфонатов.
3. Методы оптимизации параметров выпарной установки.
4. Проблемы экологического обеспечения при эксплуатации выпарных установок и способы их решения.
5. Способы скорости снижения или предотвращения образования накипеобразующих компонентов на теплообменных поверхностях выпарных установок.
6. Метод приращения эксергий для определения эксергетического КПД выпарной установки.
7. Диаграмма приращений эксергетических тепловых потоков для анализа многоступенчатых выпарных установок.

**Вариант типовых заданий (задач, кейсов), разработанных в соответствии с установленными этапами формирования компетенций**

№ п/п	Условия типовых задач (задач, кейсов)	Ответ
1	<p>Определить эксергетический КПД, построить диаграмму распределения эксергетических потерь.</p> <p>Исходные данные: производительность аппарата по воде - <math>G_2 = 180</math> т/ч; температура воды на входе - <math>t_2' = 343</math> К; температура воды на выходе - <math>t_2'' = 423</math> К; абсолютное давление греющего пара - <math>P_n = 7 \text{ бар}</math> (438 К).</p>	<p>Тепловой поток, воспринимаемый водой в пароводяном подогревателе:</p> $Q_i = G_2 \cdot c_{p2} (t_2'' - t_2')$ $Q_i = \frac{180000}{3600} \cdot 4,24 \cdot (423 - 343) = 16960 \text{ кВт}$ <p>Тепловой поток, переданный воде в пароводяном подогревателе</p> $Q_i = D \cdot (i'' - i')$ $Q_i = 8,38 \cdot (2762,9 - 697,1) = 17311,6 \text{ кВт}$ <p>Эксергетический баланс</p> <p>Приращение эксергии нагреваемой воды в подогревателе</p> $e_n = Q_n \cdot \left(1 - \frac{T_x}{T_n}\right),$ $e_n = 16960 \cdot \left(1 - \frac{300}{383}\right) = 3675 \text{ кВт}$ <p>Приращение эксергии в процессе конденсации пара в подогревателе</p> $e_o = Q_o \cdot \left(1 - \frac{T_x}{T_o}\right),$ $e_o = 17311 \cdot \left(1 - \frac{300}{438}\right) \cdot 0,98 = 5345 \text{ кВт}$ <p>Эксергетические потери в подогревателе</p> $\Pi = 5345 - 3675 = 1670 \text{ кВт}$
2	<p>Определить эксергетический КПД, построить диаграмму распределения эксергетических потерь.</p> <p>Исходные данные: производительность аппарата по воде - <math>G_2 = 180</math> т/ч; температура воды на входе - <math>t_2' = 343</math> К; температура воды на выходе - <math>t_2'' = 423</math> К; абсолютное давление греющего пара - <math>P_n = 7 \text{ бар}</math> (438 К).</p>	<p>Тепловой поток, воспринимаемый водой в пароводяном подогревателе:</p> $Q_i = G_2 \cdot c_{p2} (t_2'' - t_2')$ $Q_n = \frac{180000}{3600} \cdot 4,24 \cdot (423 - 343) = 16960 \text{ кВт}$ <p>Тепловой поток, переданный воде в пароводяном подогревателе</p> $Q_i = D \cdot (i'' - i')$ $Q_o = 8,38 \cdot (2762,9 - 697,1) = 17311,6 \text{ кВт}$ <p>Эксергетический баланс</p> <p>Приращение эксергии нагреваемой воды в подогревателе</p>

		$e_n = Q_n \cdot \left(1 - \frac{T_x}{T_n}\right),$ $e_n = 16960 \cdot \left(1 - \frac{300}{383}\right) = 3675 \text{кВт}$ <p>Приращение эксергии в процессе конденсации пара в подогревателе</p> $e_o = Q_o \cdot \left(1 - \frac{T_x}{T_o}\right),$ $e_o = 17311 \cdot \left(1 - \frac{300}{438}\right) \cdot 0,98 = 5345 \text{кВт}$ <p>Эксергетические потери в подогревателе</p> $П = 5345 - 3675 = 1670 \text{кВт}$
--	--	---

**10.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности), характеризующих этапы формирования компетенций**

**10.3.1. Условия допуска обучающегося к сдаче зачета и порядок ликвидации академической задолженности**

Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

**10.3.2. Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине**

устная  письменная  компьютерное тестирование  иная\*

**10.3.3. Особенности проведения зачета**

Время на подготовку 25 мин, в это время входит решение задачи. При решении задачи разрешается использование калькулятора и справочной литературы. Студенты, верно решившие задачу, допускаются к сдаче зачета в виде устного собеседования с преподавателем.