

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
 высшего образования  
 «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и  
 дизайна»  
 (СПбГУПТД)

УТВЕРЖДАЮ  
 Директор ВШТЭ



## Рабочая программа дисциплины

**Б1.В.ДВ.03.02** Основы термодинамического анализа теплотехнологических систем

Учебный план: ФГОС3++b130301Ц-1\_22-14.plx

Кафедра: 24 Промышленной теплоэнергетики

Направление подготовки: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника  
 (специальность)

Профиль подготовки: Цифровые энергосистемы и комплексы  
 (специализация)

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

### План учебного процесса

Семестр (курс для ЗАО)		Контактная работа обучающихся		Сам. работа	Контроль, час.	Трудоёмкость, ЗЕТ	Форма промежуточной аттестации
		Лекции	Практ. занятия				
7	УП	34	17	56,75	0,25	3	Зачет
	РПД	34	17	56,75	0,25	3	
Итого	УП	34	17	56,75	0,25	3	
	РПД	34	17	56,75	0,25	3	

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, утверждённым приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 28.02.2018 г. № 143

Составитель (и):

Доктор технических наук, профессор

Казаков В.Г.

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой промышленной  
теплоэнергетики

Сморозин С.Н.

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

Сморозин С.Н.

Методический отдел:

Смирнова В.Г.

## 1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1 Цель дисциплины:** - ознакомить обучающихся с основными проблемами в развитии теплотехники ЦБП;

- расширить представление о процессах и установках теплотехнологического назначения на основе имеющегося отечественного и зарубежного теоретического и практического опыта;
- ознакомить обучающихся методиками расчёта теплоотехнологических установок.

### 1.2 Задачи дисциплины:

- продемонстрировать особенности развития теплотехнологий в ЦБП.
- продемонстрировать особенности процессов теплотехнологического назначения на основе имеющегося отечественного и зарубежного теоретического и практического опыта;
- рассмотреть принципы методик расчёта теплоотехнологических установок.

### 1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Предварительная подготовка предполагает создание основы для формирования компетенций, указанных в п. 2, при изучении дисциплин:

- Энергосбережение и энергоэффективность теплоэнергетических установок и систем
- Тепломассообмен

## 2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

<b>ПК-5.2: Способен выполнять специальные расчеты теплотехнологических процессов по типовым методикам</b>
<b>Знать:</b> основные фундаментальные законы термодинамики и теплопередачи применительно к основным теплоиспользующим процессам регенерации щелоков; методики расчетов теплоиспользующих процессов; современные технологии использования оборудования в технологических процессах ЦБП.
<b>Уметь:</b> выполнить термодинамический анализ технологического процесса регенерации черных щелоков
<b>Владеть:</b> методами расчета эксергетических характеристик теплоиспользующих процессов

### 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий	Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа		СР (часы)	Инновац. формы занятий	Форма текущего контроля	
		Лек. (часы)	Пр. (часы)				
Раздел 1. Эксергетический метод анализа в приращениях эксергии	7					0,3	
Тема 1. Основные понятия эксергетического метода анализа. Технология теплоты, математическое выражение эксергии, среднетермодинамическая температура. Эксергетический КПД и эксергетические потери.		4	2	10	НИ		
Тема 2. Связь эксергетического КПД теплоиспользующего элемента и сложной термодинамической системы. Доля затраченной эксергии в элементарном теплопроцессе к затраченной эксергии в термодинамической системе, математическое выражение для связи КПД элементарного процесса с КПД термодинамической системы		6	4	10	АС		
Тема 3. Эксергетический КПД тепловых процессов, осложненных массообменом Теплообменник смешения, самоиспаритель, выпарной аппарат		6	4	12			
Раздел 2. Термодинамический анализ технологии теплоты в процессе производства целлюлозы и бумаги							0,3
Тема 4. Эксергетический анализ процесса производства сульфатной целлюлозы. Варка технологической щепы, регенерация щелочи, выпаривание, декарбонизация известняка.		6	2	10	НИ		
Тема 5. Эксергетический анализ процесса сушильной части производства бумаги. Распределение энергозатрат, сушка бумаги, регенерация теплоты паровоздушных потоков		6	3	8	АС		

Тема 6. Основные направления по повышению энергоэффективности в ЦБП. Повышение энергетической эффективности в процессе производства бумаги. Повышение регенерации теплоты паровоздушных потоков, механические загрязнения и способы их удаления.	6	2	6,75		
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)	34	17	56,75		
Консультации и промежуточная аттестация (Зачет)	0,25				
<b>Всего контактная работа и СР по дисциплине</b>	51,25		56,75		

#### 4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Курсовое проектирование учебным планом не предусмотрено

#### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

##### 5.1 Описание показателей, критериев и системы оценивания результатов обучения

##### 5.1.1 Показатели оценивания

Код компетенции	Показатели оценивания результатов обучения	Наименование оценочного средства
ПК-5.2	<p>Обладает знаниями основных фундаментальных законов термодинамики и теплопередачи применительно к основным теплоиспользующим процессам регенерации щелоков: выпаривание черного щелока, сжигание черного щелока в СРК, декарбонизации известняка; методик расчетов теплоиспользующих процессов с использованием, как первого, так и второго законов термодинамики;</p> <p>современных технологий теплоты и оборудования в процессах ЦБП.</p> <p>Способен выполнить термодинамический анализ технологического процесса регенерации черных щелоков для чего: рассчитать эксергетический КПД сложного технологического процесса и входящих в него теплоиспользующих элементов с установлением связи между ними;</p> <p>на основе полученных результатов эксергетического анализа технологической схемы регенерации щелоков сформировать термодинамические и технические требования к ее модернизации</p> <p>Демонстрирует владение методами расчета эксергетических характеристик теплоиспользующих процессов с целью синтеза тепловой схемы с высокой степенью термодинамического совершенства технологического процесса регенерации щелоков и бумагоделательных машин.</p>	<p>Вопросы устного собеседования</p> <p>Практико-ориентированные задания</p>

##### 5.1.2 Система и критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Письменная работа
Зачтено	Полный, исчерпывающий ответ, явно демонстрирующий глубокое понимание предмета. Умение применять теоретические знания для решения практических задач	Выполненное задание полностью соответствует всем предъявляемым требованиям. Оригинальный подход к решению поставленной задачи.
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.	Отсутствие одного или нескольких обязательных элементов задания, многочисленные грубые ошибки в работе, либо грубое нарушение правил оформления.

## 5.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

### 5.2.1 Перечень контрольных вопросов

№ п/п	Формулировки вопросов
Семестр 7	
1	Математическое выражение связи эксергетического КПД сложной термодинамической системы с КПД ее элементов
2	Теплообменник смешения
3	Адиабатический самоиспаритель
4	Выпарной аппарат
5	Эксергетические характеристики основных энергопотребляющих процессов
6	Анализ эксергетических функциональных групп производства целлюлозы
7	Эксергетические характеристики функциональных групп сушильной части БДМ
8	Тепловая обработка черного щелока в СРК
9	Декарбонизация известняка
10	Выпаривание черного щелока
11	Варка технологической щепы
12	Анализ эксергетических коэффициентов полезного действия функциональных групп сушильной части БДМ
13	Основные направления повышения степени термодинамического совершенства технологического процесса сушильной части БДМ
14	Практическая модернизация сушильной части БДМ
15	Проблемы реализации повышения регенерации теплоты в процессах сушильной части БДМ
16	Основы технологии переработки черного щелока
17	Технологическая схема переработки черного щелока
18	Принципиальная технологическая схема получения сульфатной целлюлозы
19	Принципиальная аппаратно – технологическая схема получения сульфатной целлюлозы.
20	Аппаратно – технологическая схема теплорекуперационной установки.
21	Варка технологической щепы
22	Процесс сжигания раствора в ЦБП
23	Выпаривание черного щелока
24	Процесс декарбонизации известняка
25	Основные потребители энергии в производстве бумаги
26	Эксергия теплового потока. Определение
27	Математическое выражение для эксергии теплового потока
28	Эксергетические потери и их математическое выражение
29	Эксергетический КПД теплообменного аппарата
30	Эксергетический КПД сложной термодинамической системы
31	Удельный тепловой поток, переданный (воспринятый) в i-ом теплообменнике
32	Приведенный тепловой поток для i-ого теплообменного аппарата
33	Среднетермодинамическая температура (точное и приближенное значение для процессов с фазовым и без фазового перехода)
34	Эксергетический КПД для сложной термодинамической системы через приведенные тепловые потоки
35	Математическое выражение для доли подведенной эксергии в i-ом теплообменнике к общей подведенной эксергии в системе

## 5.2.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрено

## 5.2.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

1. Определить эксергетический КПД и эксергетические потери для парового калорифера вторичного подогрева воздуха в кондиционере для холодного периода года. Пусть воздух с расходом  $G = 20000$  кг / час нагревается в калорифере от  $t_n = 16$  0С до  $t_k = 19$  0С паром при температуре  $t_p = 100$  0С. Теплоёмкость воздуха  $C_v = 0,92$  кДж / кг·град.  $T_x = 245$  К. Процесс адиабатический (без отвода теплоты в окружающую среду).

2. 2. Определить эксергетический КПД парожидкостного подогревателя сетевой воды с прямыми трубами

Исходные данные: производительность аппарата по воде - 1400 т/ч; температура воды на входе - 343 К; температура воды на выходе - 393 ; абсолютное давление греющего пара - 3 бар; расход пара - 38,9 кг/с

## 5.3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности)

### 5.3.1 Условия допуска обучающегося к промежуточной аттестации и порядок ликвидации академической задолженности

Проведение промежуточной аттестации регламентировано локальным нормативным актом СПбГУПТД «Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся»

### 5.3.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная  + Письменная  + Компьютерное тестирование  Иная

### 5.3.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

На решение задачи и подготовку устного ответа отводится 30 минут

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1 Учебная литература

Автор	Заглавие	Издательство	Год издания	Ссылка
<b>6.1.1 Основная учебная литература</b>				
В.Г. Казаков, П.В. Луканин, Смирнова	Термодинамические методы анализа в энергоиспользующих процессах [Текст]: учебное пособие	М-во образования и науки РФ, СПбГТУРП. – СПб.: СПбГТУРП	2011	<a href="http://www.nizrp.narod.ru/thermodynammetody.htm">http://www.nizrp.narod.ru/thermodynammetody.htm</a>
В.Г. Казаков, П.В. Луканин, Смирнова	Эксергетические методы оценки эффективности теплотехнологических установок [Текст]: учебное пособие	М-во образования и науки РФ, СПбГТУРП. – СПб.: СПбГТУРП	2013	<a href="http://www.nizrp.narod.ru/metod/kpte/2.pdf">http://www.nizrp.narod.ru/metod/kpte/2.pdf</a>
<b>6.1.2 Дополнительная учебная литература</b>				
Баранов, А. В., Ж. А.	Энергосбережение и энергоэффективность	Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ	2017	<a href="http://www.iprbookshop.ru/85987.html">http://www.iprbookshop.ru/85987.html</a>

### 6.2 Перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем

Электронно-библиотечная система IPRbooks [Электронный ресурс]. URL: <http://www.iprbookshop.ru/>

Электронная библиотека ВШТЭ СПб ГУПТД [Электронный ресурс]. URL: <http://nizrp.narod.ru>

База ГОСТов [Электронный ресурс]. URL: <https://allgosts.ru/>

### 6.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

MicrosoftWindows 8

MicrosoftOfficeProfessional 2013

**6.4 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Аудитория	Оснащение
Лекционная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска
Компьютерный класс	Мультимедийное оборудование, компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду
Учебная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска