

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ВШТЭ



## Рабочая программа дисциплины

**Б1.В.ДВ.01.01** Теплотехнологические процессы в целлюлозно-бумажном  
производстве

Учебный план: \_\_\_\_\_ ФГОС3++b130301ЭТ-3\_23-14.plx

Кафедра:  Промышленной теплоэнергетики

Направление подготовки:  
(специальность) 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль подготовки: Энергетика теплотехнологий  
(специализация)

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

### План учебного процесса

Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа обучающихся		Сам. работа	Контроль, час.	Трудоё мкость, ЗЕТ	Форма промежуточной аттестации
	Лекции	Практ. занятия				
5	УП	17	17	37,75	0,25	Зачет
	РПД	17	17	37,75	0,25	
Итого	УП	17	17	37,75	0,25	
	РПД	17	17	37,75	0,25	

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, утверждённым приказом Минобрнауки России 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 с методиками расчёта теплотехнологических установок.

### 1.2 Задачи дисциплины:

- Изучить особенности развития теплотехнологий в ЦБП.
- Изучить 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:

Тепломассообмен

Тепломассообменное оборудование теплоэнергетических предприятий

Теплотехнологические комплексы и безотходные системы

## 2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**ПК-6.2: Готовность к выполнению работ по организационному и техническому обеспечению полного цикла или отдельных стадий эксплуатации теплотехнологического оборудования различных производств**

**Знать:** знать теоретические основы технологических процессов производства целлюлозы, бумаги, картона; особенности эксплуатации и режимов работы теплотехнологического оборудования ЦБП.

**Уметь:** оценивать состояние работы технологического оборудования; обосновывать выбор технологического оборудования целлюлозно-бумажного производства для конкретного процесса; работать с каталогами оборудования ЦБП

**Владеть:** навыками разработки мероприятий по повышению энергетической эффективности работы теплотехнологического оборудования

### 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. Основы технологии производства целлюлозы и бумаги	5					0
Тема 1. Технологическая схема производства сульфатной целлюлозы. Принципиальная технологическая схема производства бумаги. Технология получения, аппаратное оформление процесса		2	1	7,75	ИЛ	
Тема 2. Основные потребители тепловой и электрической энергии. Варка технологической щепы, регенерация щелочей, выпаривание, декарбонизация известняка, сушка бумаги, обезвоживание		3	1	6	ИЛ	
Раздел 2. Термодинамический анализ технологии теплоты в процессе производства целлюлозы и бумаги						3,0
Тема 3. Основные понятия эксергетического метода анализа. Технология теплоты, математическое выражение эксергии, среднетермодинамическая температура. Эксергетический КПД и эксергетические потери.		4	4	6	ИЛ	
Тема 4. Эксергетический анализ процесса производства сульфатной целлюлозы. Распределение энергозатрат, сушка бумаги, регенерация теплоты паровоздушных потоков. Эксергетический анализ процесса сушильной части производства бумаги		2	4	8	ИЛ	
Тема 5. Основные направления по повышению энергоэффективности в ЦБП. Процессы в СРК, выпаривания, декарбонизации, варке технологической щепы.		2	4	4	ИЛ	
Раздел 3. Новые технологии теплоты в процессах производства целлюлозы и бумаги						

Тема 6. Газификация и гидропиролиз черного щелока в процессе производства целлюлозы. Основы технологии и аппаратурного оформления. Преимущества и недостатки процессов, риски при освоении.	2	2	2	ИЛ
Тема 7. Углекислотный способ в процессе тепловой переработки черного щелока. Кислотно – щелочной способ тепловой переработки черного щелока. Основы технологии и аппаратурного оформления. Преимущества и недостатки процессов, риски при освоении.	2	1	4	ИЛ
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)	17	17	37,75	
Консультации и промежуточная аттестация (Зачет)	0,25			
<b>Всего контактная работа и СР по дисциплине</b>	34,25		37,75	

#### 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-6.2	Имеет представление о теоретических основах технологических процессов производства целлюлозы, бумаги, картона; особенностях эксплуатации и режимах работы теплотехнологического оборудования ЦБП. Способен оценивать состояние работы технологического оборудования; обосновывать выбор технологического оборудования целлюлозно-бумажного производства для конкретного процесса; работать с каталогами оборудования ЦБП Демонстрирует навыки разработки мероприятий по повышению энергетической эффективности работы теплотехнологического оборудования	Вопросы устного собеседования Практико-ориентированные задания

##### 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 и широкую эрудицию в оцениваемой области. Критический подход к материалу.	Выполненное задание полностью соответствует всем предъявляемым требованиям. Оригинальный подход к решению поставленной задачи.
Не зачтено	Обучающийся не имеет достаточного уровня знания дисциплины, плохо ориентируется в основных понятиях и определениях, плохо знаком с основной литературой, допускает при ответе на зачете существенные ошибки и не может устранить их даже под руководством преподавателя.	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 5	
1	Эксергетические потери и их математическое выражение
2	Эксергетический КПД теплообменного аппарата
3	Эксергетический КПД сложной термодинамической системы
4	Анализ эксергетических коэффициентов полезного действия функциональных групп сушильной части БДМ
5	Основные направления повышения степени термодинамического совершенства технологического процесса сушильной части БДМ
6	Практическая модернизация сушильной части БДМ
7	Кислотно – щелочной метод тепловой переработки черного щелока
8	Углекислотный способ процесса тепловой переработки черного щелока
9	Гидропиролиз черного щелока
10	Низкотемпературная газификация черного щелока
11	Высокотемпературная (прямая) газификация черного щелока
12	Принципиальная технологическая схема получения сульфатной целлюлозы
13	Принципиальная аппаратно – технологическая схема получения сульфатной целлюлозы
14	Аппаратно – технологическая схема теплорекуперационной установки
15	Варка технологической щепы
16	Процесс сжигания раствора в ЦБП
17	Выпаривание черного щелока
18	Процесс декарбонизации известняка
19	Основные потребители энергии в производстве бумаги
20	Основы технологии переработки черного щелока
21	Технологическая схема переработки черного щелока
22	Тепловая обработка черного щелока в СРК
23	Классификация бумагоделательных машин. Контроль производства бумаги
24	Контроль производства бумаги
25	Факторы сульфатной варки – температура, начальная концентрация и расход активной щелочи
26	Режимы сульфатной варки
27	Эксергия теплового потока. Определение
28	Математическое выражение для эксергии теплового потока

## 5.2.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрено

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

1. Процесс в водоотделителе 3-ей ступени сушильной части БДМ

Исходные данные:

Расходы

- пароконденсатной смеси на входе в водоотделитель: 8480 кг час;

- конденсата на выходе из водоотделителя: 8338 кг/час;

- сухого насыщенного пара : 142 кг/час.

Температуры

- пароконденсатной смеси на входе в водоотделитель: 404 К;

- пара на выходе из водоотделителя 395 К;

- окружающая среда: 300 К.

Энтальпия пара на выходе из водоотделителя: 2758 кДж/кг.

Вычислить эксергетический КПД водоотделителя, эксергетические потери и оценить термодинамическое совершенство процесса.

2. Энерготехнологическая установка выпаривания черного щелока с использованием в качестве источника теплоты уходящие газы СРК

Концентрация сухих веществ в щелоке: 60%.

Количество образующихся газов : 6 кг/кг сухого остатка.

Коэффициент избытка воздуха за электрофильтром: 1,5.

Начальное влагосодержание: 74г/кг.

Температура уходящих газов с СРК: 230 0С.

Содержание сухого остатка на т целлюлозы: 1250 кг.

Количество греющего пара на тонну целлюлозы с учетом расхода пара на стрипинг и пара среднего давления: 2,4 т./т. целлюлозы

Вычислить производительность выпарной газо-растворной установки по выпаренной воде.

## 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 практико-ориентированного задания и подготовку устного ответа отводится 25 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, О.С. 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>				
О.Б. Григорай [и др.]	Газификация черного щелока сульфатного производства [Текст]: учебное пособие	М-во образования и науки РФ, СПбГТУРП. – СПб.: СПбГТУРП	2011	<a href="http://nizrp.narod.ru/gazifikacyach.htm">http://nizrp.narod.ru/gazifikacyach.htm</a>
Н.П. Мидуков, В.С. Куров, А.О. Никифоров	Массообменные процессы в целлюлозно-бумажной промышленности [Текст] : учеб. пособие	М-во образования и науки РФ, СПбГТУРП. – СПб.: СПбГТУРП	2015	<a href="http://nizrp.narod.ru/metod/kafpriapxt/2.pdf">http://nizrp.narod.ru/metod/kafpriapxt/2.pdf</a>

В.Г. Казаков, П.В. Луканин, Смирнова	П.В. О.С. 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/termodynammetody.htm">http://www.nizrp.narod.ru/termodynammetody.htm</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
Учебная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска