

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.01.01** Теплотехнологические процессы в целлюлозно-бумажном производстве

Учебный план: \_\_\_\_\_ ФГОС3++b130301-3\_22-14.plx

Кафедра:  Промышленной теплоэнергетики

Направление подготовки:  
 (специальность) 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль подготовки:  
 (специализация) Энергетика теплотехнологий

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

### План учебного процесса

| Семестр<br>(курс для ЗАО) | Контактная работа обучающихся |                   | Сам.<br>работа | Контроль,<br>час. | Трудоё<br>мкость,<br>ЗЕТ | Форма<br>промежуточной<br>аттестации |
|---------------------------|-------------------------------|-------------------|----------------|-------------------|--------------------------|--------------------------------------|
|                           | Лекции                        | Практ.<br>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 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 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<br>(курс для<br>ЗАО) | Контактная<br>работа |               | СР<br>(часы) | Инновац.<br>формы<br>занятий | Форма<br>текущего<br>контроля |
|---|------------------------------|----------------------|---------------|--------------|------------------------------|-------------------------------|
|   |                              | Лек.<br>(часы)       | Пр.<br>(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.<br>Способен оценивать состояние работы технологического оборудования; обосновывать выбор технологического оборудования целлюлозно-бумажного производства для конкретного процесса; работать с каталогами оборудования ЦБП<br>Демонстрирует навыки разработки мероприятий по повышению энергетической эффективности работы теплотехнологического оборудования | Вопросы устного собеседования<br>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, 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/termodynammetody.htm">http://www.nizrp.narod.ru/termodynammetody.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/kpте/2.pdf">http://www.nizrp.narod.ru/metod/kpте/2.pdf</a>         |
| <b>6.1.2 Дополнительная учебная литература</b> |   |   |             |   |
| 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>     |

|                       |  |                                    |   |      |  |
|-----------------------|--|------------------------------------|---|------|--|
| О.Б. Григорай [и др.] | Газификация<br>щелока<br>производства<br>учебное пособие | черного<br>сульфатного<br>[Текст]: | М-во образования и<br>науки РФ, СПбГТУРП. –<br>СПб.: СПбГТУРП | 2011 | <a href="http://nizrp.narod.ru/gazifikaciyach.htm">http://nizrp.narod.ru/<br/>gazifikaciyach.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 |