

УТВЕРЖДАЮ
Директор ВШТЭ



Рабочая программа дисциплины

2.1.7 Теоретическая и прикладная теплотехника

Учебный план: ФА246.24-1_23-14.plx

Кафедра: **24** Промышленной теплоэнергетики

Научная специальность: 2.4.6. Теоретическая и прикладная теплотехника

Уровень образования: подготовка научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

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				
6	УП	32	16	96	36	Экзамен
	РПД	32	16	96	36	
Итого	УП	32	16	96	36	
	РПД	32	16	96	36	

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии приказом Минобрнауки России от 20.10.2021 № 951 "Об утверждении федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов)"

Составитель (и):

Доктор технических наук, профессор

Бойков Л.М.

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 теплотехнологических 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 Место дисциплины в структуре программы аспирантуры:

Дисциплина относится к Образовательному компоненту «Дисциплины (модули)» Программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

Знания и умения, полученные аспирантами при изучении данной дисциплины, необходимы при подготовке к сдаче кандидатского экзамена и написании диссертационной работы

Теплотехнический эксперимент

Методология проведения исследования и методика написания диссертации

Компьютерное моделирование и математический анализ в энергетике

Современные информационные технологии в науке

2 ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Знать: - основные фундаментальные законы термодинамики и теплопередачи применительно к основным теплоиспользующим процессам регенерации щелоков: выпаривание черного щелока, сжигание черного щелока в СРК, декарбонизации известняка;

- методики расчетов теплоиспользующих процессов с использованием, как первого, так и второго законов термодинамики;
- современные технологии теплоты и оборудования в процессах ЦБП.

Уметь: - выполнять термодинамический анализ технологического процесса регенерации черных щелоков для чего:

- рассчитывать эксергетический КПД сложного технологического процесса и входящих в него теплоиспользующих элементов с установлением связи между ними;
- на основе полученных результатов эксергетического анализа технологической схемы регенерации щелоков формировать термодинамические и технические требования к ее модернизации.

Владеть: методами расчета эксергетических характеристик теплоиспользующих процессов с целью синтеза тепловой схемы с высокой степенью термодинамического совершенства технологического процесса регенерации щелоков и бумагоделательных машин.

3 СОДЕРЖАНИЕ И ПОРЯДОК ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий	Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа		СР (часы)	Форма текущего контроля
		Лек. (часы)	Пр. (часы)		
Раздел 1. Основы технологии производства целлюлозы и бумаги	6				О
Тема 1. Аппаратурно – технологическая схема производства сульфатной целлюлозы. Технология получения, аппаратурное оформление процесса производства сульфитной целлюлозы. Принципиальная технологическая схема производства бумаги		4	2	8	
Тема 2. Энергопотребляющие процессы и установки ЦБП. Варка технологической щепы, регенерация щелочей, выпаривание, декарбонизация известняка. сушка бумаги, обезвоживание.		4	2	8	
Раздел 2. Термодинамический анализ технологии теплоты в процессе производства целлюлозы и бумаги					О
Тема 3. Основные понятия эксергетического метода анализа. Технология теплоты, математическое выражение эксергии, среднетермодинамическая температура. Эксергетический КПД и эксергетические потери.		4	4	12	
Тема 4. 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.	4	4	12		
Тема 5. Термодинамический анализ технологии теплоты в процессе производства целлюлозы и бумаги. Распределение энергозатрат в процессе сушки бумаги, регенерация теплоты паровоздушных потоков. Основные направления по повышению энергоэффективности в ЦБП.	4	4	12		
Раздел 3. Новые технологии теплоты в процессах производства целлюлозы и бумаги					О,Р

Тема 6. Газификация и гидропиролиз черного щелока в процессе производства целлюлозы Основы технологии и аппаратурного оформления. Преимущества и недостатки процессов, риски при освоении.	4		12	
Тема 7. Кислотно – щелочной способ тепловой переработки черного щелока. Углекислотный способ в процессе тепловой переработки черного щелока Основы технологии и аппаратурного оформления. Преимущества и недостатки процессов, риски при освоении.	4		12	
Тема 8. Повышение энергетической эффективности в процессе производства бумаги Повышение степени регенерации теплоты паровоздушных потоков, механические загрязнения и способы их удаления.	4		20	
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)	32	16	96	
Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен)		0	36	
Всего контактная работа и СР по дисциплине		48	132	

4. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

4.1 Описание показателей, критериев и системы оценивания результатов обучения

4.1.1 Показатели оценивания

Показатели оценивания результатов обучения	Наименование оценочного средства
<p>Демонстрирует знание 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; современных технологий теплоты и оборудования в теплоиспользующих процессах ЦБП.</p> <p>Демонстрирует владение навыками выполнения термодинамического анализа технологических процессов регенерации черных щелоков. Способен рассчитать эксергетический КПД сложного технологического процесса и входящих в него теплоиспользующих элементов с установлением связи между ними; на основе полученных результатов эксергетического анализа технологической схемы регенерации щелоков сформировать термодинамические и технические требования к ее модернизации.</p> <p>Способен выполнять расчеты 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>

4.1.2 Система и критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания	
	Устное собеседование	Письменная работа
5 (отлично)	Полный, исчерпывающий ответ, явно демонстрирующий глубокое понимание предмета. Умение применять теоретические знания для решения	Качество исполнения всех элементов задания полностью соответствует всем предъявляемым требованиям. Оригинальный подход к решению

	практических задач.	поставленной задачи.
4 (хорошо)	Ответ стандартный, в целом качественный, основан на всех обязательных источниках информации. Присутствуют небольшие пробелы в знаниях или несущественные ошибки.	Работа выполнена в соответствии с заданием. Имеются отдельные несущественные ошибки или отступления от правил оформления работы
3 (удовлетворительно)	Ответ неполный. При понимании сущности предмета в целом присутствуют существенные ошибки или пробелы в знаниях сразу по нескольким темам, незнание (путаница) важных терминов	Задание выполнено полностью, но с многочисленными существенными ошибками. При этом нарушены правила оформления или сроки представления работы.
2 (неудовлетворительно)	Неспособность ответить на вопрос без помощи экзаменатора. Незнание значительной части принципиально важных элементов дисциплины. Многочисленные грубые ошибки. Попытка списывания, использования неразрешенных технических устройств или пользования подсказкой другого человека (вне зависимости от успешности такой попытки).	Отсутствие одного или нескольких обязательных элементов задания, либо многочисленные грубые ошибки в работе, либо грубое нарушение правил оформления или сроков представления работы. Представление чужой работы, плагиат, либо отказ от представления работы.

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

4.2.1 Перечень контрольных вопросов

№ п/п	Формулировки вопросов
Семестр 6	
1	Принципиальная технологическая схема получения сульфатной целлюлозы
2	Основные потребители энергии в производстве бумаги
3	Эксергия теплового потока. Определение
4	Математическое выражение для эксергии теплового потока
5	Эксергетические потери и их математическое выражение
6	Эксергетический КПД сложной термодинамической системы
7	Среднетермодинамическая температура (точное и приближенное значение для процессов с фазовым и без фазового перехода)
8	Эксергетический КПД для сложной термодинамической системы через приведенные тепловые потоки
9	Математическое выражение для доли подведенной эксергии в i -ом элементе к общей подведенной эксергии в системе
10	Математическое выражение связи эксергетического КПД сложной термодинамической системы с КПД ее элементов
11	Эксергетические характеристики основных энергопотребляющих процессов
12	Анализ эксергетических функциональных групп производства целлюлозы
13	Эксергетические характеристики функциональных групп сушильной части БДМ
14	Основные направления повышения степени термодинамического совершенства технологического процесса сушильной части БДМ
15	Практическая модернизация сушильной части БДМ
16	Низкотемпературная газификация черного щелока
17	Высокотемпературная (прямая) газификация черного щелока
18	Гидропиролиз черного щелока
19	Основы технологии выделения органики из растворов черного щелока
20	Принципиальная технологическая схема переработки черного щелока
21	Проблемы реализации повышения регенерации теплоты в процессах сушильной части БДМ

4.2.2 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 $t_n = 16$ °С до $t_k = 19$ °С паром при температуре $t_p = 100$ °С. Теплоёмкость воздуха $C_v = 0,92$ кДж / кг·град. $T_x = 245$ К.

Процесс адиабатический (без отвода теплоты в окружающую среду).

2. Определить эксергетические потери через энтропии входящих и выходящих потоков в парожидкостном теплообменнике при исходных данных:

- суммарный поток энтропии на выходе из теплообменника 200 кДж/кг*град;

- суммарный поток энтропии на входе в теплообменник 150 кДж/кг*град-с;

температура окружающей среды 300 К.

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

4.3.1 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»

4.3.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная

+

Письменная

+

Компьютерное тестирование

Иная

4.3.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Время на подготовку 30 мин, в это время входит подготовка ответа на теоретические вопросы и решение задачи. К ответу прилагается письменный конспект.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Учебная литература

Автор	Заглавие	Издательство	Год издания	Ссылка
6.1.1 Основная учебная литература				
Шаров, Ю. И.	Термодинамика и теплопередача	Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет	2019	https://www.iprbooks.hop.ru/98680.html
Степанов, О. А., Меньшикова, А. А., Третьякова, П. А.	Принципы эффективного управления в теплотехнике, теплотехнологии	Тюмень: Тюменский индустриальный университет	2022	https://www.iprbooks.hop.ru/122404.html
Копачев, В. Ф.	Термодинамика, теплопередача и гидравлика	Москва: Ай Пи Ар Медиа	2021	https://www.iprbooks.hop.ru/104892.html
6.1.2 Дополнительная учебная литература				
А.В. Александров, Ю.Д. Алашкевич	Оборудование ЦБП. [Текст]. Часть II. Бумагоделательные машины	М-во образования и науки РФ, ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД	2018	http://nizrp.narod.ru/metod/kafmavsys/2018_10_12_01.pdf
А.В.Александров, А.А. Гаузе, В.Н. Гончаров	Оборудование ЦБП. [Текст]. Ч. I. Основное оборудование для производства целлюлозы : учеб. пособие	М-во образования и науки РФ, СПбГТУРП. – СПб.: СПбГТУРП	2014	http://www.nizrp.narod.ru/metod/kafmavsys/1.pdf
В.Г. Казаков, П.В. Луканин, Смирнова О.С.	Эксергетические методы оценки эффективности теплотехнологических установок [Текст]: учебное пособие	М-во образования и науки РФ, СПбГТУРП. – СПб.: СПбГТУРП	2013	http://www.nizrp.narod.ru/metod/kpte/2.pdf

5.2 Перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем

Научная электронная библиотека Elibrary.ru [Электронный ресурс]. URL: <https://www.elibrary.ru/>
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/>

5.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

MicrosoftOfficeProfessional 2013
PTC Mathcad 15
MicrosoftWindows 8

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

Аудитория	Оснащение
Учебная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска
Лекционная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска