

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

УТВЕРЖДАЮ
Первый проректор, проректор
по УР

_____ А.Е. Рудин

Рабочая программа дисциплины

ФТД.02

Энерго- и ресурсосберегающие процессы в защите окружающей среды

Учебный план: 2025-2026 20.04.01 ИПХиЭ ТБ ОЗО №2-2-99.plx

Кафедра: **18** Инженерной химии и промышленной экологии

Направление подготовки:
(специальность) 20.04.01 Техносферная безопасность

Профиль подготовки:
(специализация) Инженерная защита окружающей среды

Уровень образования: магистратура

Форма обучения: очно-заочная

План учебного процесса

Семестр (курс для ЗАО)		Контактная работа обучающихся		Сам. работа	Контроль, час.	Трудоёмкость, ЗЕТ	Форма промежуточной аттестации
		Лекции	Практ. занятия				
3	УП	16	16	39,75	0,25	2	Зачет
	РПД	16	16	39,75	0,25	2	
Итого	УП	16	16	39,75	0,25	2	
	РПД	16	16	39,75	0,25	2	

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 20.04.01 Техносферная безопасность, утвержденным приказом Минобрнауки России от 25.05.2020 г. № 678

Составитель (и):

кандидат технических наук, Доцент

Власов П. П.

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой инженерной химии и
промышленной экологии

Бусыгин Николай Юрьевич

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

Бусыгин Николай Юрьевич

Методический отдел:

1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цель дисциплины: Сформировать компетенции обучающегося в области энерго- и ресурсосбережения и устойчивого развития химической промышленности, создания конкурентоспособных на мировом рынке химических производств, реализации инновационных методов в химико-технологических процессах, минимизации антропогенного воздействия на окружающую среду

1.2 Задачи дисциплины:

- Рассмотреть теоретические и практические достижения в области современных химических технологий неорганических веществ, производства продукции нефтехимии и биотехнологии;
- Раскрыть принципы энерго- и ресурсосбережения и устойчивого развития в химической промышленности;
- Продемонстрировать особенности новых структурных и технологических решений в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии;
- Представить особенности функционирования предприятий химической промышленности и повышения их экономической эффективности в результате инноваций.

1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

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

- Организация научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ
- Современные проблемы науки в области защиты окружающей среды
- Управление рисками, системный анализ и моделирование
- Экспертиза безопасности

2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

ПК-1: Способен проводить экологический анализ проектов расширения, реконструкции, модернизации действующих производств, создаваемых новых технологий и оборудования в организации
Знать: методологию анализа жизненного цикла химических нефтехимических и биотехнологических производств; критерии устойчивости и эффективности энерго- и ресурсосбережения
Уметь: проводить термодинамическое моделирование химических, нефтехимических и биотехнологических производств; производить анализ альтернативных вариантов технологических схем производства продукции; использовать достижения отечественных и зарубежных проектных и научных организаций, работающих в области создания энерго- и ресурсосберегающих наилучших доступных технологий.
Владеть: навыками определения направления и вычисления скорости химических реакций, удельных затрат ресурсов и выхода продукции в многокомпонентных гомогенных и гетерогенных системах и представления их в виде математических моделей при реконструкции, модернизации действующих производств и создания новых технологий

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. Интегральные уравнения преобразования потоков вещества и энергии в технологических системах	3					РГР
Тема 1. Уравнение балансов потоков масс. Теоретический и практический материальный баланс. Критерии оценки хода процесса и критерии эффективности использования сырья. Анализ вариантов ресурсосбережения производства экстракционной и термической фосфорной кислоты, азотной кислоты, серной кислоты (ДК-ДА и нитрозным методами) Представление материального баланса в форме потоковой диаграммы. Практические занятия. Расчет материального баланса производства термической фосфорной кислоты. Представление материальных потоков в форме диаграммы		2	1	6,75	ИЛ	
Тема 2. Уравнение баланса потоков энергии. Интегральное уравнение сохранения энергии в технологической системе. Энтальпийный (энергетический) баланс. Роль энергетического баланса системы в решении вопроса энергосбережения. Коэффициент преобразования энергии и эффективность функционирования химико–технологической системы. Некоторые аспекты энергетического баланса в производстве кислот основной химии. Представление энергетического балансов в форме потоковой диаграммы. Практические занятия. Энергетический (тепловой) баланс производства экстракционной фосфорной кислоты. Построение энергетической потоковой диаграммы.		2	2	6	ИЛ	
Тема 3. Физическая и химическая эксергия. Выражение работоспособности системы через функцию эксергии. Определение эксергетической эффективности возможных траекторий любого технологического процесса. Оценка термодинамического совершенства процессов производства аммиака из азото-водородной смеси и глинозема из бокситов по методу Байера. Практические занятия. Расчет эксергетического К.П.Д. подсистем получения глинозема из бокситов методом Байера.		2	1	5	ИЛ	О,РГР
Раздел 2. . Эффективность технологических процессов органического комплекса						

Тема 4. Общая характеристика нефтехимического производства, эксергетический анализ. Процессы первичной перегонки нефти, каталитического риформинга, крекинга и пиролиза с получением топлива, нефтяных масел, нефтяных битумов, нефтяных растворителей, твердых углеводородов и прочих нефтепродуктов. Эксергетическая оценка стадий получения α -стирола из изопропилбензола. Пинч-анализ первичной переработки нефти методом АТ (атмосферной трубчатки) и АВТ (атмосферно-вакуумной трубчатки). Практические занятия. Пинч-анализ первичной переработки нефти методом АТ.		2	2		ИЛ	
Тема 5. Производство и превращение биомассы. Источники биомассы. Общее превращение и технологии переработки биомассы: сжигание, пиролиз, газификация. Промышленные процессы получения биотоплив. Эксергетический баланс сжигания газообразного топлива на примере метана. Практические занятия. Эксергетический анализ сжигания природного газа. Построение диаграммы Гроссмана-Шаргута.		2	2	5	ИЛ	
Раздел 3. Системный подход энерго- и ресурсосбережения в химической технологии.						
Тема 6. Использование вторичных энергоресурсов в химических производствах. Состояние и перспективы использования горючих, тепловых высокопотенциальных и низкопотенциальных ВЭР в химических производствах. Цикл Ренкина, абсорбционно-холодильный цикл, химический тепловой насос. Термoeкономический анализ химико-технологических систем. Практические занятия. Использование ВЭР при получении α -стирола из изопропилбензола. Расчет эксергетического К.П.Д.		2	1	5	ИЛ	3
Тема 7. Использование методов оптимизации при создании энерго- и ресурсосберегающих производств. Структурно - декомпозиционная, структурно – параметрическая оптимизация ХТС в задачах энерго- и ресурсосбережения в химической технологии. Практические занятия. Эксергетический анализ работы теплообменника.		2	1	5	ИЛ	

Тема 8. Взаимосвязь химической отрасли, экологии и термодинамики. Основные положения экотермодинамики. Взаимообусловленность между защитой окружающей природной среды от негативного воздействия химической промышленности и термодинамической и экономической эффективностью технологических процессов. Практические занятия. Термодинамический анализ котла-утилизатора.		2	1	7	ИЛ	
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)		16	11	39,75		
Консультации и промежуточная аттестация (Зачет)		0,25				
Всего контактная работа и СР по дисциплине		32,25		39,75		

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-1	Воспроизводит основные технологические показатели химических, нефтехимических и биотехнологических производств, формулирует ОВОС модернизируемых техногенных систем производств химического цикла. Осуществляет построение математической модели для минимизации затрат химического синтеза и биотехнологических производств, проводит системный анализ между экологическими интегральными показателями и производственным потенциалом при расширении и реконструкции технологических комплексов. Выполняет термодинамическое моделирование технологических процессов для оптимизации основных стадий действующих производств и анализа химико-технологических показателей	Вопросы для устного собеседования Практические работы Практико-ориентированное задание

5.1.2 Система и критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Письменная работа
Зачтено	Обучающийся твердо знает материал дисциплины, грамотно и по существу излагает его, владеет профессиональной терминологией, показывает умение работать с основной и дополнительной литературой, применяет основные методы при решении практико-ориентированных заданий, своевременно выполнил практические работы. Учитываются баллы, накопленные в течение семестра.	Не предусмотрено
Не зачтено	Обучающийся не владеет материалом дисциплины, профессиональной терминологией, допускает принципиальные ошибки при ответе на вопросы, не решил практико-ориентированное задание и(или) не выполнил в полном объеме практические работы,	Не предусмотрено

	предусмотренные рабочей программой. Не учитываются баллы, накопленные в течение семестра.	
--	--	--

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 3	
1	Основные параметры устойчивости использования ресурсов в технологии неорганических веществ;
2	Основные параметры устойчивости использования ресурсов в технологии переработки нефти;
3	Основные параметры устойчивости биотехнологических процессов;
4	Назовите основные тенденции развития энергетической промышленности;
5	Назовите основные тенденции развития промышленности неорганического синтеза;
6	Назовите основные тенденции развития нефтехимической промышленности;
7	Назовите основные тенденции развития биотехнологии;
8	Энергетические и тепловые потери в сырьевой промышленности;
9	Представление энтальпийного и энергетического балансов в форме потоковой диаграммы;
10	Ранжирование источников теплоты и стоков теплоты с помощью идеальной машины Карно;
11	Выражение работоспособности системы через функцию эксергии. Эксергия потоков энергии;
12	Термодинамическая эффективность производства аммиака;
13	Назовите основные способы получения серной кислоты и оценить их энерго- и ресурсоэффективность;
14	Анализ вариантов энерго- и ресурсосбережения при получении экстракционной фосфорной кислоты;
15	Анализ вариантов энерго- и ресурсосбережения при получения термической фосфорной кислоты;
16	Варианты технологических схем производства азотной кислоты из аммиака;
17	Основные направления повышения эффективности производства метанола;
18	Перспективы использования высоко- и низкопотенциальных ВЭР в химических производствах;
19	Структурно-декомпозиционная оптимизация ХТС в задачах энерго- и ресурсосбережения;
20	Структурно – параметрическая оптимизация ХТС в задачах энерго- и ресурсосбережения;
21	Процессы первичной переработки нефти. Пинч - анализ установки АТ;
22	Процессы первичной переработки нефти. Пинч - анализ установки АВТ;
23	Пути повышения эффективности установок гидроочистки при переработке нефтепродуктов;
24	Газофракционирование. Анализ возможности снижения потребления энергоресурсов;
25	Выделение парафинов методом адсорбции;
26	Сопоставление установок каталитического риформинга и платформинга;
27	Процессы глубокой переработки нефти. Каталитический крекинг, гидрокрекинг, коксование, пиролиз;
28	Использование высококачественных ресурсов для достижения устойчивого развития;
29	Охарактеризуйте замкнутый цикл круговорота элементов и техногенный ресурсный цикл;
30	Назовите источники биомассы и охарактеризуйте их энергетические потенциальные возможности;
31	Основные технологии превращения биомассы в энергетические ресурсы;
32	Промышленные процессы получения биотоплив;
33	Биохимическая очистка сточных вод на промышленных предприятиях;
34	Воздействие ионов токсичных тяжелых металлов на технотерриториальные и агротерриториальные комплексы;
35	Что такое утилизация и чем она отличается от повторного использования? Рассмотреть на конкретных объектах химической и нефтехимической промышленности;
36	Материалы и сырье, необходимые для ресурсо- и энергосберегающей экономики;
37	Как влияет развитие нефтехимической отрасли на экологию территориальных комплексов;
38	Как влияет развитие химической промышленности на экологию территориальных комплексов.

5.2.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрено.

5.2.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

1. В камеру смешения подается шихта в количестве 5200 кг/ч. Давление на входе в камеру смешения $P_1=0,1815$ МПа (1,85 ата), на выходе $P_2=0,167$ МПа (1,7 ата). Количество водяного пара, поступающего в камеру смешения - 10800 кг/ч. Температура водяного пара на входе в камеру смешения $T_1=978$ К (705°C), на выходе из камеры $T_2=903$ К (630°C). Энтальпия водяного пара $i_1=3941,47$ кДж/кг (на входе); $i_2=3770,39$ кДж/кг (на выходе). Температура шихты на входе в камеру смешения $T_3=763$ К (490°C), на выходе $T_4=903$ К (630°C). Энтальпия шихты $i_4=2068,12$ кДж/кг (T_4); $i_3=1713,07$ (T_3). Энтропия шихты 6,112 кДж/(кг К) при T_3 , 6,502 кДж/(кг К) при T_4 . Зависимость теплоемкости H_2O от температуры $C_p=1,667 + 0,5957 \cdot 10^{-3}T$

Определить эксергетический КПД камеры смешения.

2. Исходные данные. Температура питательной воды (3633,0 кг/ч) на входе $T_1=333$ К (60°C). Водяной пар на выходе из аппарата имеет температуру $T_2=393$ К (120°C). Энтальпия водного конденсата на входе $i_1=251,2$ кДж/кг. Энтальпия водяного пара $i_2=2711$ кДж/кг; удельная теплота парообразования $r=2207$ кДж/кг. Генерация водяного пара осуществляется за счет тепла контактного газа (16000 кг/ч). Температура контактного газа на входе $T_3 = 698$ К (425°C), на выходе - $T_4=473$ К (200°C). Энтальпия контактного газа на входе $i_3=2753,04$ кДж/кг, на выходе - $i_4=2236,82$ кДж/кг. Средняя теплоемкость контактного газа $C_p=2,43$ кДж/(кг К). Средняя теплоемкость воды $C_p=4,19$ кДж/(кг К).

Рассчитать эксергетический КПД парогенератора.

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»

К зачету допускаются студенты, полностью выполнившие плановые практические задания.

5.3.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная

+

Письменная

Компьютерное тестирование

Иная

5.3.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Магистрант устно отвечает на один теоретический вопрос и выполняет одно практико-ориентированное задание. Время на подготовку к устному собеседованию составляет 40 минут

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1 Учебная литература

Автор	Заглавие	Издательство	Год издания	Ссылка
6.1.1 Основная учебная литература				
Губин, В. Е., Матвеева, А. А., Гвоздяков, Д. В., Янковский, С. А., Ларионов, К. Б., Слюсарский, К. В., Марышева, Я. В., Цибульский, С. А., Зенков, А. В., Лавриненко, С. В.	Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии	Томск: Томский политехнический университет	2019	http://www.iprbookshop.ru/96109.html
Чуенкова, И. Ю.	Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии	Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет	2015	http://www.iprbookshop.ru/63104.html
Власов, П. П.	Энерго- и ресурсосберегающие процессы в защите окружающей среды	Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна	2017	http://www.iprbookshop.ru/102598.html

6.1.2 Дополнительная учебная литература				
Бережная, А. Г.	Электрохимические технологии и материалы	Ростов-на-Дону, Таганрог: Издательство Южного федерального университета	2017	http://www.iprbookshop.ru/87528.html
Климов, Г. М., Климов, А. М.	Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии для получения теплоты в системах теплоснабжения (газогидраты естественного газа)	Нижний Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ	2016	http://www.iprbookshop.ru/80911.html

6.2 Перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем

1. ЭБС «IPRbooks», <http://www.iprbookshop.ru>
2. ЭБС «СПбГУПТД», <http://publish.sutd.ru>
3. Информационно-образовательная среда СПбГУПТД <https://portal.sutd.ru/> с образовательными ресурсами по дисциплине, в том числе видеоматериалами для практических занятий.

6.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

MicrosoftOfficeProfessional

Microsoft Windows

AutoCAD

Mathcad Education – University Edition Term

Лицензия на право использования Учебного комплекта программного обеспечения Пакет обновления КОМПАС-3D

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

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