

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 ОО №2-1-99.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: очная

### 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

<b>ПК-1: Способен проводить экологический анализ проектов расширения, реконструкции, модернизации действующих производств, создаваемых новых технологий и оборудования в организации</b>
<b>Знать:</b> методологию анализа жизненного цикла химических нефтехимических и биотехнологических производств; критерии устойчивости и эффективности энерго- и ресурсосбережения
<b>Уметь:</b> 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.
<b>Владеть:</b> 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	
Раздел 2. Эффективность технологических процессов органического комплекса						О,РГР

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 $\alpha$ -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 $\alpha$ -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				
<b>Всего контактная работа и СР по дисциплине</b>		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/(кгК) 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
<b>6.1.1 Основная учебная литература</b>				
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	<a href="http://www.iprbookshop.ru/96109.html">http://www.iprbookshop.ru/96109.html</a>
Чуенкова, И. Ю.	Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии	Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет	2015	<a href="http://www.iprbookshop.ru/63104.html">http://www.iprbookshop.ru/63104.html</a>
Власов, П. П.	Энерго- и ресурсосберегающие процессы в защите окружающей среды	Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна	2017	<a href="http://www.iprbookshop.ru/102598.html">http://www.iprbookshop.ru/102598.html</a>



<b>6.1.2 Дополнительная учебная литература</b>				
Бережная, А. Г.	Электрохимические технологии и материалы	Ростов-на-Дону, Таганрог: Издательство Южного федерального университета	2017	<a href="http://www.iprbookshop.ru/87528.html">http://www.iprbookshop.ru/87528.html</a>
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	<a href="http://www.iprbookshop.ru/80911.html">http://www.iprbookshop.ru/80911.html</a>

## **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