

УТВЕРЖДАЮ  
Первый проректор, проректор по  
УР

\_\_\_\_\_ А.Е. Рудин

«28» июня 2022 года

## Рабочая программа дисциплины

**ФТД.02**

Энерго- и ресурсосберегающие процессы в защите окружающей среды

Учебный план: 2022-2023 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: Инженерная защита окружающей среды  
(специализация)

Уровень образования: магистратура

Форма обучения: очная

### План учебного процесса

| Семестр<br>(курс для ЗАО) | Контактная работа<br>обучающихся |                   | Сам.<br>работа | Контроль,<br>час. | Трудоёмкость,<br>ЗЕТ | Форма<br>промежуточной<br>аттестации |
|---------------------------|----------------------------------|-------------------|----------------|-------------------|----------------------|--------------------------------------|
|                           | Лекции                           | Практ.<br>занятия |                |                   |                      |                                      |
| 3                         | 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 20.04.01 Техносферная безопасность, утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации 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: Макаренко С. В.

---

## 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

Экспертиза безопасности

Управление рисками, системный анализ и моделирование

## 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<br>(курс для ЗАО) | Контактная работа |               | СР<br>(часы) | Инновац.<br>формы<br>занятий | Форма<br>текущего<br>контроля |
|--|---------------------------|-------------------|---------------|--------------|------------------------------|-------------------------------|
|  |                           | Лек.<br>(часы)    | Пр.<br>(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                         |

|  |   |   |   |    |   |
|--|---|---|---|----|---|
| <p>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 <math>\alpha</math>-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 .</p> | 2 | 2 |   | ИЛ |   |
| <p>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.</p>  | 2 | 2 | 5 | ИЛ |   |
| <p>Раздел 3. Системный подход энерго- и ресурсосбережения в химической технологии.</p>   |   |   |   |    |   |
| <p>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. Термозкономический анализ химико-технологических систем. Практические занятия. Использование ВЭР при получении <math>\alpha</math>-стирола из изопропилбензола. Расчет эксергетического К.П.Д.</p>  | 2 | 1 | 5 | ИЛ | 3 |
| <p>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.</p>   | 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.<br>Практические занятия. Термодинамический анализ котла-утилизатора. |  | 3     | 2  | 5     | ИЛ |  |
| Итого в семестре (на курсе для ЗАО)   |  | 17    | 12 | 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-1            | Воспроизводит основные технологические показатели химических, нефтехимических и биотехнологических производств, формулирует ОВОС модернизируемых техногенных систем производств химического цикла.<br>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.<br>Выполняет термодинамическое моделирование технологических процессов для оптимизации основных стадий действующих производств и анализа химико-технологических показателей | Вопросы для устного собеседования<br>Практические работы<br>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.<br>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.<br>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?<br>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  $T_3$ , 6,502кДж/(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  $g=2207$  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>   |  |  |             |   |
| 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>   |
| Губин, В. Е.,<br>Матвеева, А. А.,<br>Гвоздяков, Д. В.,<br>Янковский, С. А.,<br>Ларионов, К. Б.,<br>Слюсарский, К. В.,<br>Марышева, Я. В.,<br>Цибульский, С. А.,<br>Зенков, А. В.,<br>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>   |
| Власов, П. П.  | Энерго-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.,<br>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  |