

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.04**

Методы оптимизации и организации энерго- и  
 ресурсосберегающих химико-технологических систем

Учебный план: ФГОС3++m180402-12\_23-12.plx

Кафедра: 17 Процессов и аппаратов химической технологии

Направление подготовки:  
 (специальность) 18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической  
 технологии, нефтехимии и биотехнологии

Профиль подготовки:  
 (специализация) Охрана окружающей среды и рациональное использование  
 природных ресурсов

Уровень образования: магистратура

Форма обучения: очная

### План учебного процесса

| Семестр<br>(курс для ЗАО) |     | Контактная работа обучающихся |                   | Сам.<br>работа | Контроль,<br>час. | Трудоёмкость,<br>ЗЕТ | Форма<br>промежуточной<br>аттестации |
|---------------------------|-----|-------------------------------|-------------------|----------------|-------------------|----------------------|--------------------------------------|
|                           |     | Лекции                        | Практ.<br>занятия |                |                   |                      |                                      |
| 3                         | УП  | 17                            | 34                | 56,75          | 0,25              | 3                    | Зачет                                |
|                           | РПД | 17                            | 34                | 56,75          | 0,25              | 3                    |                                      |
| Итого                     | УП  | 17                            | 34                | 56,75          | 0,25              | 3                    |                                      |
|                           | РПД | 17                            | 34                | 56,75          | 0,25              | 3                    |                                      |

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии, утверждённым приказом Минобрнауки России от 07.08.2020 г. № 909

Составитель (и):

Кандидат технических наук, заведующий кафедрой

Никифоров А.О.

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой процессов и аппаратов химической технологии

Никифоров А.О.

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

Шанова О.А.

Методический отдел:

Смирнова В.Г.

## 1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1 Цель дисциплины:** Сформировать компетенции обучающегося в области:

- ознакомление студентов с современными методами оптимизации химико-технологических процессов, оборудования, технологических систем и комплексов с позиций энерго- и ресурсосбережения;
- формирование навыков самостоятельной постановки задач оптимизации и использования для их решения математических моделей различных типов;
- приобретение навыков применения компьютерных моделирующих систем для оптимизации параметров химико-технологического оборудования на стадиях его исследования, проектирования и эксплуатации.

**1.2 Задачи дисциплины:**

- освоение методов использования пакетов прикладных программ для решения задач энерго- и ресурсосбережения, сравнительный анализ и оценкой эффективности их применения;
- сформировать у студентов системный подход при проектировании энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии;
- научить студентов пользоваться нормативной и методической литературой при анализе и оптимизации технологических процессов.

**1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:**

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

Ресурсосбережение в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

Моделирование технологических и природных систем

## 2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**ПК-3: Способен к проведению экспериментальных работ по освоению новых технологических процессов, средств технологического оснащения, организационно-технических мероприятий**

**Знать:** методы контроля и оценки эффективности технологических и природоохранных сооружений

**Уметь:** использовать современные методы контроля для освоения новых технологических и природоохранных сооружений

**Владеть:** анализом перспективных наилучших доступных технологий, прогрессивных методов и форм организации производственно-экологического контроля

### 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. Основные сведения по оптимизации химико-технологических процессов и систем.   | 3                            |                      |               |              |                              |                               |
| Тема 1. Введение.<br>Основные методы энерго- и ресурсосбережения, используемые в современной химической технологии. Принципы построения и организации безотходных химико-технологических производств. Постановка задачи оптимизации. Классификация задач оптимизации. Выбор целевой функции и управляющих переменных при оптимизации.<br>Методы контроля и оценки эффективности технологических и природоохраных сооружений |                              | 1                    | 4             | 0,75         | ИЛ                           | О                             |
| Тема 2. Понятие о многоцелевой оптимизации.<br>Многомерная оптимизация. Ограничения, которые усложняют поиск оптимума. Выбор метода оптимизации, адекватного решаемой задаче. Понятие локального и глобального оптимума (экстремума). Геометрическая интерпретация задачи оптимизации. Особые точки и овраги целевой функции.   |                              | 2                    | 6             | 8            |                              |                               |
| Раздел 2. Оптимизация при планировании эксперимента.  |                              |                      |               |              |                              |                               |
| Тема 3. Симплексный метод.<br>Исследование области оптимальных условий. Поиск по деформируемому многограннику(метод Нелдера-Мида). Комплекс-метод Бокса. Случайный поиск с постоянным радиусом и случайным направлением. Способы учета ограничений.   |                              | 2                    | 4             | 8            |                              | О                             |

|  |       |    |       |  |   |
|--|-------|----|-------|--|---|
| Тема 4. Оптимизация выхода целевого продукта.<br>Основные понятия. Постановка задачи. Метод ключевых компонентов. Алгоритм решения. Выбор оптимальной последовательности отделения индивидуальных компонентов многокомпонентной смеси. Синтез систем разделения с малым содержанием извлекаемых компонентов  | 2     | 4  | 10    |  |   |
| Раздел 3. Методы оптимизации химико-технологических процессов.   |       |    |       |  |   |
| Тема 5. Методы оптимизации, основанные на классическом математическом анализе.<br>Необходимые условия существования экстремума функции одной переменной. Достаточные условия существования экстремума функции одной переменной. Необходимые условия существования экстремума функции многих переменных. Достаточные условия существования экстремума функции многих переменных. Оптимальные условия проведения химических реакций. | 2     | 4  | 10    |  |   |
| Тема 6. Метод неопределенных множителей Лагранжа.<br>Основные понятия. Оптимальное распределение потоков сырья между параллельно работающими аппаратами. Оптимизация многостадийных процессов. Оптимизация процессов с распределенными параметрами   | 4     | 6  | 10    |  | 0 |
| Тема 7. Декомпозиционные методы оптимизации систем.<br>Динамическая оптимизация химико-технологических процессов. Основные понятия. Алгоритм решения. Метод цен. Метод закрепления промежуточных переменных. Декомпозиционный метод определения градиента критерия оптимизации.  | 4     | 6  | 10    |  |   |
| Итого в семестре (на курсе для ЗАО)  | 17    | 34 | 56,75 |  |   |
| Консультации и промежуточная аттестация (Зачет)  | 0,25  |    |       |  |   |
| <b>Всего контактная работа и СР по дисциплине</b>  | 51,25 |    | 56,75 |  |   |

#### 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-3            | <p>1. Излагает методы контроля и оценки эффективности технологических и природоохранных сооружений.</p> <p>2. Демонстрирует современные методы контроля для освоения новых технологических и природоохранных сооружений.</p> <p>3. Оптимизирует перспективные наилучшие доступные технологии, прогрессивные методы и формы организации производственно-экологического контроля.</p> | <p>1. Вопросы устного собеседования.</p> <p>2. Практико-ориентированные задания.</p> |

### 5.1.2 Система и критерии оценивания

| Шкала оценивания | Критерии оценивания сформированности компетенций  |  |
|------------------|---|--|
|                  | Устное собеседование  | Письменная работа  |
| Зачтено          | Обучающийся демонстрирует высокий уровень эрудиции; хорошо разбирается в основных закономерностях, базовых для процессов и аппаратов; усвоил основную и, частично, дополнительную литературу. Точно отвечает на задаваемые преподавателем дополнительные вопросы. Способен к целеустремленному применению базовых знаний в профессиональной деятельности. | Обучающийся твердо знает программный материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопросы, способен правильно применить основные методы и инструменты при решении практических задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения. |
| Не зачтено       | Обучающийся не может изложить значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неточности в формулировках и доказательствах, нарушая в последовательности изложения программного материала; неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические задания  | Обучающийся не может изложить значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неточности в формулировках и доказательствах, нарушая в последовательности изложения программного материала; неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические задания         |

## 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         | Метод градиента.  |
| 2         | Прямые методы поиска экстремума функции многих переменных, использующие производные (методы первого и второго порядка). |
| 3         | Метод случайного поиска.  |
| 4         | Поиск экстремума по деформируемому многограннику.   |
| 5         | Метод пробных движений  |
| 6         | Метод поочередного изменения переменных (метод Гаусса-Зейделя).   |
| 7         | Прямые методы поиска экстремума функции многих переменных, не использующие производные (методы нулевого порядка).       |
| 8         | Метод Пауэлла.  |
| 9         | Метод Дэвиса, Свенна, Кемпи (ДСК).  |
| 10        | Метод поиска экстремума с использованием чисел Фибоначчи.   |
| 11        | Метод "золотого сечения".   |
| 12        | Метод локализации экстремума.   |
| 13        | Метод сканирования.   |
| 14        | Прямые методы поиска экстремума функции одной переменной.   |
| 15        | Численные методы оптимизации без ограничений.   |
| 16        | Метод неопределенных множителей Лагранжа.   |
| 17        | Методы оптимизации для решения экстремальных задач с ограничениями типа равенств.                                       |

|    |  |
|----|--|
| 18 | Необходимые и достаточные условия существования экстремума функции многих переменных.                    |
| 19 | Необходимые и достаточные условия существования экстремума функции одной переменной.                     |
| 20 | Методы оптимизации, основанные на классическом математическом анализе.                                   |
| 21 | Геометрическая интерпретация задачи оптимизации. Особые точки и овраги целевой функции.                  |
| 22 | Понятие локального и глобального оптимума (экстремума).  |
| 23 | Выбор метода оптимизации, адекватного решаемой задаче  |
| 24 | Многомерная оптимизация. Ограничения, которые усложняют поиск оптимума                                   |
| 25 | Классификация задач оптимизации. Выбор целевой функции и управляющих переменных при оптимизации          |
| 26 | Постановка задачи оптимизации химико-технологических процессов и систем                                  |
| 27 | Принципы построения и организации безотходных химико-технологических производств.                        |
| 28 | Основные методы энерго- и ресурсосбережения, используемые в современной химической технологии            |
| 29 | Основные понятия и определения теории рационального использования энергетических и материальных ресурсов |

### 5.2.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрено

### 5.2.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

Решение задач, связанных с нахождением оптимальных условий проведения химических реакций, выбор эксплуатационных параметров химических реакторов. Оптимальные условия: оптимальное время пребывания реагентов в реакторе, оптимальная температура в реакторе, обеспечивают максимальное или минимальное значение заданного критерия. Для оценки оптимума необходимо выбрать критерии оптимизации (выходной параметр). На основании выбранного критерия оптимизации составить целевую функцию (функция выгоды), представляющая собой зависимость критерия оптимизации от параметров, влияющих на его значение. Задача оптимизации сводится к нахождению экстремума целевой функции.

Найти максимальную концентрацию вещества на выходе из реактора, момент времени, минимальная температура. Решение задачи проводится поэтапно:

1. Постановка оптимальной задачи для каскада идеального перемешивания.
2. Аналитический метод нахождения оптимального времени пребывания частиц
3. Метод Лагранжа

## 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

Возможность пользоваться справочными таблицами, компьютером;  
Время на подготовку ответа на зачете 45 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>       |  |   |             |   |
| 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> |
| Романков П. Г., Фролов В. Ф., Флисюк О. М.     | Массообменные процессы химической технологии                                       | Санкт-Петербург: ХИМИЗДАТ                               | 2017        | <a href="http://www.iprbooks.hop.ru/67361.html">http://www.iprbooks.hop.ru/67361.html</a>               |
| <b>6.1.2 Дополнительная учебная литература</b> |  |   |             |   |

|  |  |   |      |   |
|--|--|---|------|---|
| Закгейм А. Ю.                            | Общая химическая технология: введение в моделирование химико-технологических процессов: учеб. Пособие          | Москва: Логос   | 2012 | <a href="https://ibooks.ru/reading.php?short=1&amp;productid=28124">https://ibooks.ru/reading.php?short=1&amp;productid=28124</a> |
| Н.П. Мидуков, В.С. Куров, А.О. Никифоров | Сборник кейсов по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии» [Текст ] :учебно-практическое пособие | М-во образования и науки РФ, ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД | 2018 | <a href="http://nizrp.narod.ru/metod/kafpriapxt/2018_10_03_01.pdf">http://nizrp.narod.ru/metod/kafpriapxt/2018_10_03_01.pdf</a>   |

## 6.2 Перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем

Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» [Электронный ресурс]. URL: <http://window.edu.ru/>

Электронно-библиотечная система IPRbooks [Электронный ресурс]. URL: <http://www.iprbookshop.ru/>

Электронная библиотека ВШТЭ СПб ГУПТД [Электронный ресурс]. URL: <http://nizrp.narod.ru>

Электронно-библиотечная система «Айбукс» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ibooks.ru/>

## 6.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

MicrosoftWindows 8

MicrosoftOfficeProfessional 2013

PTC Mathcad 15

Microsoft: Windows Professional 10 Russian Upgrade OLPNL AcademicEdition

AutoCADDDesign

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

1. Лекционная аудитория с мультимедийным учебным комплексом.
2. Компьютерный класс с мультимедийным комплексом и выходом в Интернет.

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