

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.О.06**

Математические методы в химической технологии

Учебный план: ФГОС3++m180401.19-1\_26-12.plx

Кафедра: 4 Высшей математики

Направление подготовки:  
(специальность) 18.04.01 Химическая технология

Профиль подготовки:  
(специализация) Химическая технология переработки древесины

Уровень образования: магистратура

Форма обучения: очная

### План учебного процесса

| Семестр<br>(курс для ЗАО) |     | Контактн<br>ая<br>Прак<br>т. зан<br>ятия | Сам.<br>работа | Контроль,<br>час. | Трудоё<br>мкость,<br>ЗЕТ | Форма<br>промежуточной<br>аттестации |
|---------------------------|-----|------------------------------------------|----------------|-------------------|--------------------------|--------------------------------------|
| 1                         | УП  | 34                                       | 37,75          | 0,25              | 2                        | Зачет                                |
|                           | РПД | 34                                       | 37,75          | 0,25              | 2                        |                                      |
| Итого                     | УП  | 34                                       | 37,75          | 0,25              | 2                        |                                      |
|                           | РПД | 34                                       | 37,75          | 0,25              | 2                        |                                      |

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 18.04.01 Химическая технология, утверждённым приказом Минобрнауки России от 07.08.2020 г. № 910

Составитель (и):

Кандидат физико-математических наук, заведующий  
кафедрой

Иванов Б.Ф.

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой высшей математики

Иванов Б.Ф.

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

Смирнова Е.Г.

Методический отдел:

Фахретдинова А. Р.

## 1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1 Цель дисциплины:** Сформировать компетенции обучающегося в области теории вероятностей математической статистики.

**1.2 Задачи дисциплины:**

привитие и развитие математического мышления,  
освоение обучаемыми методов математической статистики,  
освоения методов планирования эксперимента.

**1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:**

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

Дисциплина базируется на компетенциях, сформированных на предыдущем уровне образования.

## 2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

|                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ОПК-2: Способен использовать современные приборы и методики, организовывать проведение экспериментов и испытаний, проводить их обработку и анализировать их результаты</b> |
| <b>Знать:</b> - основные принципы математического моделирования и способы решения основных математических задач.                                                              |
| <b>Уметь:</b> - применять методы численного моделирования для решения различных задач                                                                                         |
| <b>Владеть:</b> - практическими навыками математической обработки данных, полученных в ходе научно-исследовательской работы                                                   |

### 3 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Семестр<br>(курс для ЗАО) | Контактная работа | СР<br>(часы) | Форма текущего контроля |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-------------------|--------------|-------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                           | Пр.<br>(часы)     |              |                         |
| Раздел 1. Проверка статистических гипотез                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 1                         |                   |              | О                       |
| Тема 1. Случайная выборка, ее характеристики<br>Выборочные характеристики: среднее, дисперсия, стандартное отклонение, медиана, размах, гистограмма. Предельное поведение при                                                                                                                                                                      |                           | 5,5               | 8            |                         |
| Тема 2. Основные распределения, используемые в статистике<br>Основные распределения, используемые в статистике: нормальное, Стьюдента, хи-квадрат, Фишера-Снедекора. Квантили, квартили, процентные точки. Практика на Excel. Сравнение средних, сравнение дисперсий. Проверка гипотезы нормальности с помощью критерия согласия хи-квадрат.       |                           | 5,5               | 8            |                         |
| Раздел 2. Оценка параметров линейной модели                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                           |                   |              | О                       |
| Тема 3. Простейшая линейная модель<br>Оценка параметров методом наименьших квадратов, проверка значимости коэффициентов и адекватности модели. Графическое представление результатов. Анализ остатков. Применимость метода наименьших квадратов при нарушении исходных предположений: независимость испытаний, нормальность, постоянство дисперсии |                           | 5,5               | 8            |                         |
| Тема 4. Более сложные модели<br>Оценка параметров полиномиальной модели. Преобразование нелинейной модели к линейной. Эмпирические уравнения.                                                                                                                                                                                                      |                           | 5,5               | 7            |                         |
| Раздел 3. Дисперсионный анализ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                           |                   |              | О                       |
| Тема 5. Однофакторный анализ<br>Модель с несколькими наблюдениями на каждом уровне фактора. Применимость метода при нарушении исходных предположений: независимость испытаний, нормальность, постоянство дисперсии                                                                                                                                 |                           | 6                 | 3            |                         |

|                                                                                                                                                                                                        |  |       |       |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-------|-------|--|
| Тема 6. Двухфакторный анализ<br>Модель с двумя факторами, с повторными наблюдениями на каждом уровне.<br>Вычисление эффектов и взаимодействий. Основные гипотезы, проверяемые в дисперсионном анализе. |  | 6     | 3,75  |  |
| Итого в семестре (на курсе для ЗАО)                                                                                                                                                                    |  | 34    | 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 БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ОЦЕНИВАНИЯ

Использование балльно-рейтинговой системы не предусмотрено.

### 6. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, КРИТЕРИЕВ, СИСТЕМЫ И СРЕДСТВ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

#### 6.1 Показатели оценивания

| Код компетенции | Показатели оценивания результатов обучения                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-2           | Обладает знаниями основных принципов математического моделирования и способы решения основных математических задач.<br>Применяет методы численного моделирования для решения различных задач<br>Обладает практическими навыками математической обработки данных, полученных в ходе научно-исследовательской работы |

#### 6.2 Система и критерии оценивания

| Шкала оценивания | Критерии оценивания сформированности компетенций                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                  | Устное собеседование                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Письменная работа                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Зачтено          | Обучающийся показывает глубокое знание основных понятий и теорем, свободно ориентируется в основных понятиях, терминах и определениях; усвоил основную литературу; проявляет творческие способности в использовании учебного материала.                                                                               | Обучающийся демонстрирует правильное понимание условия задачи, владение навыками его анализа, выбора нужных теорем и формул для ее решения. Умеет применять математический аппарат для реализации плана решения задачи и, если это необходимо, может представить его графически. Получил правильный ответ. |
| Не зачтено       | Обучающийся не имеет достаточного уровня знания дисциплины; не может сформулировать основные вероятностные законы; плохо ориентируется в основных понятиях и определениях; плохо знаком с основной литературой; допускает при ответе существенные ошибки и не может устранить их даже под руководством преподавателя. | Обучающийся не может проанализировать условие задачи, наметить план ее решения, не владеет математическим аппаратом. Представление чужой работы, отказ от выполнения задания.                                                                                                                              |

#### 6.3 Типовые контрольные задания и/или иные материалы, используемые для оценки результатов обучения

##### 6.3.1 Типовые контрольные вопросы

| № п/п     | Формулировки вопросов                                    |
|-----------|----------------------------------------------------------|
| Семестр 1 |                                                          |
| 1         | Коэффициент корреляции, его свойства.                    |
| 2         | Гистограмма.                                             |
| 3         | Доверительные интервалы                                  |
| 4         | Понятие о статистической оценке параметра распределения. |

|    |                                                                                      |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 5  | Случайная выборка, выборочное среднее и среднее квадратичное отклонение.             |
| 6  | Критерий согласия хи-квадрат.                                                        |
| 7  | Сравнение дисперсий.                                                                 |
| 8  | Сравнение средних.                                                                   |
| 9  | Проверка статистических гипотез. Ошибки первого и второго рода.                      |
| 10 | Оценка коэффициента корреляции.                                                      |
| 11 | Оценка медианы и квартилей.                                                          |
| 12 | Распределение хи-квадрат и Фишера-Снедекора.                                         |
| 13 | Распределение Стьюдента                                                              |
| 14 | Нормальное распределение, основные свойства.                                         |
| 15 | Графическое представление результатов                                                |
| 16 | Анализ остатков.                                                                     |
| 17 | Проверка гипотезы об адекватности модели.                                            |
| 18 | Проверка значимости коэффициентов.                                                   |
| 19 | Оценка параметров линейной модели                                                    |
| 20 | Линейная модель с одной независимой переменной, постановка задачи.                   |
| 21 | Эмпирические уравнения.                                                              |
| 22 | Оценка параметров полиномиальной модели.                                             |
| 23 | Сравнение дисперсий.                                                                 |
| 24 | Проверка гипотезы о влиянии фактора.                                                 |
| 25 | Однофакторный дисперсионный анализ, постановка задачи.                               |
| 26 | Двухфакторный дисперсионный анализ с повторными наблюдениями, оценка взаимодействия. |
| 27 | Двухфакторный дисперсионный анализ с однократными наблюдениями, оценка эффектов.     |
| 28 | Двухфакторный дисперсионный анализ с однократными наблюдениями, постановка задачи.   |

#### 6.3.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрено.

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

Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы) находятся в приложении к данной РПД.

### 6.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения

#### 6.4.1 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»

#### 6.4.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная ☐ + Письменная ☐ + Компьютерное тестирование ☐ Иная ☐

#### 6.4.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Возможность пользоваться справочными таблицами;  
Время на подготовку ответа по билету 30 минут.

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1 Учебная литература

| Автор                                    | Заглавие                                                                                                                                                                             | Издательство                                                      | Год издания | Ссылка                                                                                                                                |
|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>7.1.1 Основная учебная литература</b> |                                                                                                                                                                                      |                                                                   |             |                                                                                                                                       |
| М.Э. Юдовин [и др.]                      | Дополнительные главы теории вероятностей и математической статистики. Дисперсионный анализ [Текст]: методические указания и индивидуальные задания для магистрантов всех направлений | М-во образования и науки РФ, ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД | 2018        | <a href="http://www.nizrp.narod.ru/metod/kafvysmat/2018_09_30_01.pdf">http://www.nizrp.narod.ru/metod/kafvysmat/2018_09_30_01.pdf</a> |

| <b>7.1.2 Дополнительная учебная литература</b> |                             |        |                                                         |                                                                                                 |
|------------------------------------------------|-----------------------------|--------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Огнева, Э. Н.                                  | Математические исследования | методы | Кемерово: Кемеровский государственный институт культуры | 2012<br><a href="http://www.iprbookshop.ru/22021.html">http://www.iprbookshop.ru/22021.html</a> |

## **7.2 Перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем**

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/>

## **7.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения**

MicrosoftWindows 8  
 MicrosoftOfficeProfessional 2013  
 PTC Mathcad 15

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

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

## Приложение

рабочей программы дисциплины Математические методы в химической технологии  
наименование дисциплины

по направлению подготовки 18.04.01 Химическая технология  
наименование ОП (профиля): Химическая технология переработки древесины

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

| № п/п     | Условия типовых практико-ориентированных заданий (задач, кейсов)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |     |     |     |     |     |     |     |     |   |   |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|---|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Семестр 1 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |     |     |     |     |     |     |     |     |   |   |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 1         | <p>Дана выборка <math>(x_i; y_i), i = 1, \dots, n</math> . Например, при <math>n=9</math> .</p> <table><tr><td>x</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td></tr><tr><td>y</td><td>1,2</td><td>1,4</td><td>2,5</td><td>3,7</td><td>4,1</td><td>5,3</td><td>5,9</td><td>7,5</td><td>8,2</td></tr></table> <p>Предполагается, что верна модель <math>y_i = ax_i + b + \varepsilon_i, i = 1, \dots, n</math> , где параметры <math>a</math> и <math>b</math> неизвестны, а случайные ошибки <math>\varepsilon_i</math> удовлетворяют условиям :</p> <p>1.независимы;    2.нормально распределены ;    3. <math>M(\varepsilon_i) = 0, D(\varepsilon_i) = \sigma^2</math></p> <p>Метод наименьших квадратов дает следующие оценки параметров <math>a</math> и <math>b</math></p> $\tilde{a} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - n \cdot \bar{x} \cdot \bar{y}}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}; \quad \tilde{b} = \bar{y} - \tilde{a} \cdot \bar{x}, \quad \text{где } \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad \bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$ <p><u>Вычислить</u></p> <p>1) <math>\tilde{a}</math> и <math>\tilde{b}</math></p> <p>2) остатки <math>e_i = y_i - (\tilde{a} x_i + \tilde{b})</math></p> <p>3) оценку среднего квадратичного отклонения случайной ошибки <math>\varepsilon_i</math></p> $s_0 = \sqrt{\frac{1}{n-2} \sum_{i=1}^n e_i^2}$ <p>4) оценку среднего квадратичного отклонения коэффициента <math>\tilde{a}</math></p> $s_a = \frac{s_0}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}}$ <p>5) оценку среднего квадратичного отклонения величины <math>\tilde{y}(x) = \tilde{a} x + \tilde{b}</math> , т.е. ошибки прогноза, как функции от <math>x</math> .</p> $s_1(x) = s_0 \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{(x - \bar{x})^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}}$ | x   | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8 | 9 | y | 1,2 | 1,4 | 2,5 | 3,7 | 4,1 | 5,3 | 5,9 | 7,5 | 8,2 |
| x         | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   |   |   |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| y         | 1,2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 1,4 | 2,5 | 3,7 | 4,1 | 5,3 | 5,9 | 7,5 | 8,2 |   |   |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |

6) 95%-е доверительные интервалы для  $a$  и  $y = ax + b$

$\tilde{a} - ts_a < a < \tilde{a} + ts_a$ ,  $t = 0,975$  – квантиль t-распределения с  $(n-2)$  степенями свободы

$y_i < y < y_{\hat{a}}$ ,  $y_i = \tilde{y}(x) - ts_1(x)$ ,  $y_{\hat{a}} = \tilde{y}(x) + ts_1(x)$

Построить графики

1) остатков  $e_i$  как функций от  $x_i$

2) функций  $\tilde{y}(x)$ ,  $y_i(x)$ ,  $y_{\hat{a}}(x)$  - три графика в одной системе координат