

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 09.09.2025 13:27:03  
Уникальный программный ключ:  
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт  
(технический университет)»

**УТВЕРЖДАЮ**  
Проректор по учебной  
и методической работе  
\_\_\_\_\_ Б.В.Пекаревский  
«05» июня 2025 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА**

Направление подготовки  
**19.03.01 Биотехнология**

Направленность программы бакалавриата

**Биотехнология**

Квалификация

**Бакалавр**

Форма обучения

**Заочная**

Факультет **химической и биотехнологии**

Кафедра **технологии микробиологического синтеза**

Санкт-Петербург

2025

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы .....	04
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы.....	06
3. Объем дисциплины .....	06
4. Содержание дисциплины	
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.....	07
4.2. Занятия лекционного типа.....	08
4.3. Занятия семинарского типа.....	09
4.3.1. Семинары, практические занятия .....	09
4.3.2. Лабораторные занятия.....	10
4.4. Самостоятельная работа.....	10
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	11
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	11
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины .....	12
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.....	13
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	13
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	
10.1. Информационные технологии.....	13
10.2. Программное обеспечение.....	14
10.3. Базы данных и информационные справочные системы.....	14
11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы .....	14
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья .....	14

Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.**

В результате освоения образовательной программы бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
ПК-5 Способен разрабатывать системы мероприятий по повышению эффективности технологических процессов производства биотехнологической продукции	ПК-5.3 Способность проводить планирование эксперимента и обработку его результатов по методу крутого восхождения и симплекс - планирования	Знать: Основные статистические методы повышения качества продукции и определения кинетических параметров биологических и химических процессов
		Уметь: Прикладывать общие базовые математические методики к решению задач в различных отраслях знаний
		Владеть: навыками выявления факторов, влияющих на качество продукции, определения сроков хранения биотехнологической продукции
ПК-6 Способен разрабатывать и внедрять технологический процесс для промышленного производства биотехнологической продукции	ПК-6.3 Способность осуществлять оптимизацию технологических параметров методами крутого восхождения и симплекс-планирования	Знать: способы определения интервалов показателей качества, выражения взаимосвязи технологических параметров и качества продукции, определения необходимого объема выборки для достижения требуемой точности
		Уметь: использовать таблиц Excel для обработки массивов данных, получаемых в результате экспериментальных исследований и анализа данных при пассивном эксперименте
		Владеть: навыками определения доверительного интервала, параметров уравнений регрессии
ПК-7 Способен проводить работы по разработке новой биотехнологической продукции	ПК-7.4 Способность осуществлять оптимизацию состава биотехнологических питательных сред/рецептур методами крутого восхождения и симплекс-планирования	Знать: метод крутого восхождения, симплекс-метод, полные и дробные факторные планы
		Уметь: составлять план полного и дробного эксперимента, симплекса
		Владеть: навыками вычленения факторов из условий эксперимента и перевода их фактических значений параметров опыта в безразмерные.

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений (Б1.В.07) и изучается на 4 и 5 курсах.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Математика», «Обработка экспериментальных данных в биотехнологии». Полученные в процессе изучения дисциплины «Планирование эксперимента» знания, умения и навыки могут быть использованы при изучении дисциплин «Технологические регламенты производства биотехнологической продукции», «Метрология, стандартизация, сертификация и управление качеством в биотехнологии», при прохождении преддипломной практики, выполнении научно-исследовательской работы, выпускной квалификационной работы.

## 3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, ЗЕ/академ. часов
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц/ академических часов)	<b>3/ 108</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>12</b>
занятия лекционного типа	4
занятия семинарского типа, в т.ч.	8
семинары, практические занятия (в том числе практическая подготовка)*	8 (6)
лабораторные работы (в том числе практическая подготовка)	-
курсовое проектирование (КР или КП)	-
КСР	-
другие виды контактной работы	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>92</b>
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	Кр (3)
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП, зачет, экзамен)	<b>Зачет (4)</b>

#### 4. Содержание дисциплины.

##### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, академ. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, академ. часы	Формируемые компетенции	Формируемые индикаторы
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы			
1.	Первичная группировка и обработка данных. Методы статистического анализа эксперимента	0,5	1	0	8	ПК-5	ПК-5.3
2.	Статистические методы повышения качества	0,5	1	0	24	ПК-6	ПК-6.3
3.	Полный факторный эксперимент	0,5	1	0	10	ПК-7	ПК-7.4
4.	Дробные реплики	0,5	1	0	8	ПК-7	ПК-7.4
5.	Оптимизация методом крутого восхождения по поверхности отклика	0,5	1	0	8	ПК-7	ПК-7.4
6.	Описание области близкой к экстремуму	0,5	1	0	8	ПК-7	ПК-7.4
7.	Метод последовательного симплекс-планирования	0,5	1	0	8	ПК-7	ПК-7.4
8	Планы Плакетта-Бермана	0,5	1	0	8	ПК-7	ПК-7.4
9	Планы Бокса-Бенкена	0	0	0	10	ПК-7	ПК-7.4
	Итого	4	8	-	92		

#### 4.2. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1.	Первичная группировка и обработка данных. Методы статистического анализа эксперимента.  Методы первичной группировки данных в таблицы и ряды, выборочные показатели и законы распределения, критерии различия, способы объединения показателей разных выборок.	0,5	ЛВ, Ф
2.	Статистические методы повышения качества. Способы первичной регистрации данных, диаграммы Паретто, диаграммы причин и результатов, гистограммы, контрольные карты.	0,5	ЛВ, Ф
3.	Полный факторный эксперимент  Уровни и факторы плана эксперимента, геометрическая интерпретация плана. Двухуровневый план для k факторов. Способы вычисления коэффициентов регрессии линейной модели.	0,5	ЛВ
4.	Дробные реплики.  Дробные реплики плана полного факторного эксперимента. Разрешающая способность дробной реплики. D – оптимальность плана, ротабельность.	0,5	ЛВ
5.	Оптимизация методом крутого восхождения по поверхности отклика.  Стратегия оптимизации методом крутого восхождения. Описание исходной области, крутое восхождение.	0,5	ЛВ
6.	Описание области близкой к экстремуму.  Полные и дробные трехуровневые планы.	0,5	ЛВ
7.	Метод последовательного симплекс-планирования.  Задача симплекса, отражение точки.	0,5	ЛВ
8.	Планы Плакетта-Бермана.  Построение плана для различного количества факторов.	0,5	ЛВ

### 4.3. Занятия семинарского типа.

#### 4.3.1. Семинары, практические занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		всего	В том числе на практическую подготовку	
1.	Первичная группировка и обработка данных. Методы статистического анализа эксперимента. Объединение выборочных средних и показателей вариации. Критерии различия. Регрессия.	1		МК, УИРС
2.	Статистические методы повышения качества  Составление контрольных листков, построение диаграмм Паретто и гистограмм с использованием Excel. Составление контрольных карт.	1		МК, УИРС
3.	Полный факторный эксперимент.  Составление матрицы двухуровневого плана ПФЭ для различных исходных данных.	1	1	МК, УИРС
4.	Дробные реплики. Составление дробных реплик.	1	1	МК, УИРС
5.	Оптимизация методом крутого восхождения по поверхности отклика.  Описание исходной области, вычисление коэффициентов полинома, проверка их достоверности и адекватности полученного уравнения. Движение из центральной точки к почти стационарной области.	1	1	МК, УИРС
6.	Описание области близкой к экстремуму.  Трехуровневый план ПФЭ. Построение регрессионной модели и исследование области оптимума. Канонические поверхности.	1	1	МК, УИРС

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		всего	В том числе на практическую подготовку	
7.	Метод последовательного симплекс-планирования.  Способ задания симплекса с помощью матрицы планирования. Отражение точки, противоположной отбрасываемой.	1	1	МК, УИРС
8.	Планы Плакетта-Бермана.  Составление плана эксперимента для различного числа факторов.	1	1	МК, УИРС

#### 4.3.2. Лабораторные работы

Не предусмотрены

#### 4.4. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Методы первичной группировки и представления экспериментальных данных. Основные статистические методы для анализа результатов эксперимента (например, среднее, дисперсия, стандартное отклонение). Применение и интерпретация параметрических и непараметрических тестов в биологических экспериментах.	8	Контрольная работа №1
2	Контрольные карты. Принципы построения и применения контрольных карт в биологическом эксперименте. Использование контрольных карт для мониторинга стабильности и качества биологических процессов. Интерпретация сигналов, полученных с помощью контрольных карт, и действия, предпринимаемые на основе анализа.	24	Контрольная работа №1
3	Основные принципы полного факторного эксперимента и его применение в биологии. Как планировать полный факторный эксперимент и учитывать все возможные комбинации факторов. Преимущества и недостатки полного факторного эксперимента для исследования многогранных	10	Контрольная работа №2

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
	биологических процессов.		
4	Как организовать дробные реплики в эксперименте для сокращения времени и ресурсов. Преимущества и ограничения использования дробных реплик в биологических исследованиях. Стратегии увеличения точности результатов при использовании дробных реплик.	8	Контрольная работа №2
5	Принципы метода крутого восхождения и его использование в биологических экспериментах. Как построить поверхность отклика и применить метод крутого восхождения для оптимизации параметров процесса. Преимущества и ограничения метода крутого восхождения для поиска экстремумов в биологических экспериментах.	8	Контрольная работа №2
6	Как исследовать и описывать области близкие к экстремуму в экспериментальных данных. Методы анализа чувствительности данных при исследовании экстремумов в биологических системах. Применение методов описания области экстремума для оптимизации условий эксперимента в биологии.	8	Контрольная работа №2
7	Применение метода последовательного симплекс-планирования для поиска оптимальных условий эксперимента. Как планировать эксперименты с использованием симплекс-метода для многокритериальной оптимизации. Преимущества использования метода последовательного симплекс-планирования в биологических исследованиях.	8	Контрольная работа №3
8	Основные принципы и цели использования планов Плакетта-Бермана для оптимизации эксперимента. Как строятся планы Плакетта-Бермана для многомерных экспериментов в биологии. Применение планов Плакетта-Бермана для определения оптимальных условий в биотехнологических процессах.	8	Контрольная работа №3
9	Особенности планирования эксперимента с помощью планов Бокса-Бенкена. Как использовать планы Бокса-Бенкена для оптимизации и анализа взаимодействий факторов в биологических системах. Преимущества и недостатки планов Бокса-Бенкена для сложных биологических экспериментов.	10	Контрольная работа №3

#### **4.4.1 Контрольные работы**

Для проведения контроля самостоятельной работы обучающегося предусмотрено выполнение контрольных работ. Ниже приведены варианты контрольных работ.

##### **Контрольная работа №1. Вариант №1**

1. Какие методы первичной группировки и представления экспериментальных данных применяются для подготовки результатов биологических экспериментов?
2. Как основные статистические методы (среднее, дисперсия, стандартное отклонение) используются для анализа данных биологических экспериментов?
3. Как строятся и интерпретируются контрольные карты в биологическом эксперименте, и как их можно использовать для мониторинга стабильности и качества биологических процессов?

##### **Контрольная работа №2. Вариант №1**

1. Какие принципы лежат в основе полного факторного эксперимента, и как его применяют в биологических исследованиях для изучения влияния множества факторов?
2. Как организуются дробные реплики в эксперименте, и как они помогают экономить время и ресурсы при исследовании биологических процессов?
3. Как метод крутого восхождения применяется для оптимизации параметров процесса в биологии, и какие ограничения у этого метода при поиске экстремумов?

##### **Контрольная работа №3. Вариант №1**

1. Как применяется метод последовательного симплекс-планирования для поиска оптимальных условий эксперимента в биологических исследованиях?
2. Какие особенности планирования эксперимента с помощью планов Плакетта-Бермана и как их можно использовать для оптимизации биотехнологических процессов?
3. Как строятся планы Бокса-Бенкена и какие преимущества и недостатки они имеют при применении для анализа взаимодействий факторов в сложных биологических экспериментах?

#### **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.**

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, формы текущего контроля по дисциплине и требования к их выполнению размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте: <https://media.spbti.ru>

#### **6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации**

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачёта.

Зачёт предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуются вопросами (заданиями) двух видов: теоретический вопрос (для проверки знаний) и комплексная задача (для проверки умений и навыков).

При сдаче зачета, студент получает один вопрос из перечня вопросов и комплексную задачу, время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин.

Пример варианта вопросов на зачёте:

#### Вариант № 1

Вопрос.

Описание исходной области факторного пространства при помощи 2-уровневого плана для  $k$  факторов. Способ расчета коэффициентов регрессионной модели.

Задача.

Температура варьируется от 10 до 30 градусов, давление от 1,2 до 1,5 атмосфер, а pH от 6, до 7,5. Задать исходный симплекс.

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1

Результаты освоения дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций достигнут пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе – оценка «зачтено».

#### **7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины.**

а) печатные издания:

1 Математическая статистика : Учебник для вузов / В. Б. Горяинов, И. В. Павлов, Г. М. Цветкова, О. И. Тескин; под ред. В. С. Зарубина, А. П. Крищенко. - 3-е изд., испр. - М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2008. - 423 с. ISBN 978-5-7038-3191-5

2 Шипачев, В.С. Высшая математика : Учебник для вузов / В. С. Шипачев. - 8-е изд. - М. : Юрайт., 2020. - 447 с. ISBN 978-5-534-12319-7

3 Боровков, А.А. Математическая статистика : учебник / А. А. Боровков. - 4-е изд., стер. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2010. - 703 с. ISBN 978-5-81141013-2

б) электронные издания:

4 Фокичева, Е. А. Планирование эксперимента и обработка результатов исследований : учебное пособие / Е. А. Фокичева, М. И. Алексеев. — Вологда : ВоГУ, 2014. — 72 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/93070> (дата обращения: 21.01.2022). — Режим доступа: по подписке.

5 Колдаев, В. М. Основные приемы статистики в медико-биологических исследованиях : учебное пособие / В. М. Колдаев, А. В. Кропотов. — Владивосток : ТГМУ, 2019. — 104 с. — ISBN 978-5-98301-181-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/309695> (дата обращения: 21.01.2022). — Режим доступа: по подписке.

#### **8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.**

Электронный ресурс – официальный сайт Федеральная служба государственной статистики <https://rosstat.gov.ru/>

учебный план, РПД и учебно-методические материалы: <https://media.spbti.ru>

электронно-библиотечные системы:

«Электронный читальный зал – БиблиоТех» <https://technolog.bibliotech.ru/>;

«Лань» <https://e.lanbook.com/books/>.

Scirus <http://www.scirus.com>

Sciencedirect <http://www.sciencedirect.com>

PubMed, PubMedCentral, Biomedcentral <http://www.ncbi.nlm.nih.gov>

<http://www.pubmedcentral.nih.gov> <http://www.biomedcentral.com>

CAS <http://www.cas.org> <http://www.chemport.org> <http://www.chemistry.org>

<http://www.pubs.acs.org>

CiteXplore <http://www.ebi.ac.uk/citexplore>

CSA <http://www.csa.com>

Сайты международных издательств научной литературы (ACS, RSC, J. Wiley IS, M. Dekker, Elsevier, Taylor & Francis Web site, CRC Press Web site).

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.**

Все виды занятий по дисциплине «Планирование эксперимента» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

СТП СПбГТИ 040-02. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования;

СТО СПбГТИ 018-2014. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Семинары и практические занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 048-2009. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.

Планирование времени, необходимого на изучение данной дисциплины, лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов является:

плановость в организации учебной работы;

серьезное отношение к изучению материала;

постоянный самоконтроль.

На занятия студент должен приходиться, имея знания по уже изученному материалу.

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.**

### **10.1. Информационные технологии.**

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

чтение лекций с использованием слайд-презентаций;

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС.

### **10.2. Программное обеспечение.**

Microsoft Office (Microsoft Excel)

Программа для виртуального вегетационного эксперимента «PyToxicology» (программа разработана на кафедре систем автоматизированного проектирования и управления СПбГТИ(ТУ) в интересах кафедры технологии микробиологического синтеза).

### **10.3. Базы данных и информационные справочные системы.**

Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс»

**11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы.**

Персональные ЭВМ, проектор.

**12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.**

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебные процесс осуществляется в соответствии с Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья СПбГТИ(ТУ), утвержденным ректором 28.08.2014.

**Фонд оценочных средств  
для проведения промежуточной аттестации по  
дисциплине «Планирование эксперимента»**

**1. Перечень компетенций и этапов их формирования.**

Индекс компетенции	Содержание	Этап формирования
ПК-5	Способен разрабатывать системы мероприятий по повышению эффективности технологических процессов производства биотехнологической продукции	промежуточный
ПК-6	Способен разрабатывать и внедрять технологический процесс для промышленного производства биотехнологической продукции	промежуточный
ПК-7	Способен проводить работы по разработке новой биотехнологической продукции	промежуточный

## 2. Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«Удовлетворительно»	«Хорошо»	«Отлично»
ПК-5.3 Способность проводить планирование эксперимента и обработку его результатов по методу крутого восхождения и симплекс - планирования	Знает: Основные статистические методы повышения качества продукции и определения кинетических параметров биологических и химических процессов	Правильные ответы на вопросы №1-4 и №10-20 к зачету	Студент знаком с базовыми концепциями методов крутого восхождения и симплекс-планирования, но может ошибаться в определении их точных характеристик.	Студент уверенно понимает основные принципы методов, но может допускать небольшие ошибки в интерпретации или применении при более сложных задачах.	Студент имеет глубокие знания методов крутого восхождения и симплекс-планирования, без ошибок объясняет все их аспекты и может легко использовать их в практических примерах.
	Умеет: Прикладывать общие базовые математические методики к решению задач в различных отраслях знаний	Правильные ответы на вопросы № 5-9 и №21-23 к зачету	Студент умеет использовать методы для решения стандартных задач, но может допускать ошибки при обработке сложных данных.	Студент использует методы в большинстве случаев корректно, но может требоваться дополнительная помощь при решении нестандартных задач.	Студент свободно и без ошибок использует методы крутого восхождения и симплекс-планирования для различных типов задач, в том числе сложных.
	Владеет: навыками выявления факторов, влияющих на качество продукции, определения сроков хранения биотехнологической продукции	Правильное решение задач 1-3.	Студент обладает базовыми навыками работы с экспериментами, но требует постоянного контроля и помощи при решении более сложных задач.	Студент уверенно использует полученные навыки для обработки данных и построения оптимизационных моделей, но может допускать мелкие ошибки.	Студент полностью владеет методами крутого восхождения и симплекс-планирования, применяет их на практике без ошибок, решая как типичные, так и сложные задачи.

ПК-6.3 Способность осуществлять оптимизацию технологических параметров методами крутого восхождения и симплекс-планирования	Знает: способы определения интервалов показателей качества, выражения взаимосвязи технологических параметров и качества продукции, определения необходимого объема выборки для достижения требуемой точности	Правильные ответы на вопросы №24-25 к зачету	Студент знает основные принципы оптимизации и может объяснить общие положения метода крутого восхождения и симплекс-планирования, но с некоторыми ошибками.	Студент хорошо понимает и может объяснить применение этих методов в контексте технологических параметров, однако в некоторых случаях нуждается в уточнениях.	Студент демонстрирует глубокие знания в области оптимизации технологических параметров и может точно описать и объяснить работу методов без ошибок.
	Умеет: использовать таблиц Excel для обработки массивов данных, получаемых в результате экспериментальных исследований и анализа данных при пассивном эксперименте	Правильное решение задач 4 - 6.	Студент может применить метод крутого восхождения и симплекс-планирования в простых ситуациях, но имеет трудности при решении более сложных задач.	Студент уверенно применяет методы оптимизации в большинстве случаев, однако иногда нуждается в уточнениях при обработке нестандартных ситуаций.	Студент свободно применяет методы оптимизации в любых ситуациях, включая сложные, с минимальными ошибками.
	Владеет: навыками определения доверительного интервала, параметров уравнений регрессии	Правильные ответы на вопросы №26-27 к зачету	Студент демонстрирует базовые навыки применения методов в реальных задачах, но требует постоянной поддержки и помощи.	Студент уверенно владеет навыками оптимизации технологических параметров и может решать типичные задачи, но иногда допускает мелкие ошибки.	Студент полностью владеет навыками оптимизации технологических параметров и успешно решает любые практические задачи с использованием методов крутого восхождения и симплекс-планирования.

ПК-7.4 Способность осуществлять оптимизацию состава биотехнологических питательных сред/рецептур методами крутого восхождения и симплекс-планирования	Знает: метод крутого восхождения, симплекс-метод, полные и дробные факторные планы	Правильные ответы на вопросы №28-32 к зачету	Студент знает основные теоретические положения методов крутого восхождения и симплекс-планирования в контексте оптимизации питательных сред, но имеет некоторые пробелы в деталях.	Студент знает ключевые аспекты методов оптимизации питательных сред и может применить их на практике с минимальными ошибками.	Студент прекрасно осведомлен о методах оптимизации питательных сред, обладает глубоким знанием и может подробно и без ошибок объяснить их применение.
	Умеет: составлять план полного и дробного эксперимента, симплекса	Правильные ответы на вопросы №33-35 к зачету	Студент умеет применять методы для оптимизации состава питательных сред, но иногда делает ошибки при расчетах или планировании эксперимента.	Студент уверенно применяет методы для оптимизации состава, но в более сложных случаях может понадобиться помощь.	Студент безошибочно применяет методы крутого восхождения и симплекс-планирования для оптимизации состава питательных сред и рецептур, решая любые задачи.
	Владеет: навыками вычленения факторов из условий эксперимента и перевода их фактических значений параметров опыта в безразмерные.	Правильные ответы на вопросы №36-38 к зачету	Студент обладает базовыми навыками, но ему трудно справиться с более сложными ситуациями и требует помощи.	Студент достаточно хорошо владеет необходимыми навыками для оптимизации питательных сред и может справиться с большинством задач.	Студент полностью владеет навыками оптимизации состава питательных сред, успешно применяя эти методы в любых практических ситуациях без ошибок.

### **3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации** **Вопросы**

#### **а) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-5:**

1. Составление вариационных рядов.
2. Задание дисперсионного комплекса таблицей.
3. Корреляционные таблицы.
4. Гистограммы.
5. Условия применимости t-критерия Стьюдента, дисперсионного анализа, критерия Пирсона к обработке данных.
6. Основная задача регрессионного анализа.
7. Основная задача дисперсионного анализа.
8. Условия применимости дисперсионного анализа.
9. Регрессия и ее приложение к задачам биотехнологии.
10. Диаграммы Паретто.
11. Диаграммы причин и результатов.
12. Гистограммы.
13. Контрольные карты.
14. Использование линейной регрессии для определения токсичности по пробит методу.
15. Использование линейной регрессии для определения периода полуинактивации ферментных препаратов.
16. Использование линейной регрессии для определения констант ферментов и культур микроорганизмов.
17. Прогнозирование срока годности препарата при различных условиях хранения.
18. Определение температуры хранения биотехнологического продукта при фиксированном сроке.
19. Определение длительности обработки дезинфицирующим агентам для достижения требуемого результата.
20. Использование линейной регрессии для построения калибровочных графиков.
21. Прогнозирование потери качества при различных условиях хранения.
22. Определение срока хранения продукции.
23. Определение исходных характеристик продукции в момент выпуска/продажи по остаточной активности при хранении.

#### **б) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-6:**

24. Определение необходимого объема выборки для достоверной разности между средними.
25. Влияние закона больших чисел, зависимость выборочных характеристик от объема выборки.
26. Методика построения доверительного интервала, геометрическая интерпретация доверительного интервала.
27. Метод определения коэффициентов регрессии линейной модели 2-уровневого эксперимента для k факторов.

#### **в) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-7:**

28. Стратегия оптимизации методом крутого восхождения по поверхности отклика.
29. Стратегия оптимизации методом симплекс-планирования
30. Планы Плакетта – Бермана
31. Планы Бокса-Бенкена.
32. Правильные выпуклые многогранники в 3, 4 и n-мерных пространствах.
33. Преобразование значений физических величин в уровни факторов и обратно.
34. Составить план полуреплики ПФЭ для 2-уровневого трехфакторного эксперимента.
35. С использованием матрицы симплекс-планирования задать исходный симплекс для 6-факторного эксперимента.
36. В состав питательной среды входит следующий набор солей: хлорид натрия, нитрат калия. Перечислить факторы эксперимента.
37. В состав питательной среды входит следующий набор солей: хлорид натрия, хлорид калия, хлорид аммония, хлорид цинка. Перечислить факторы эксперимента.
38. В составе питательной среды включены HCl и KCl, NaCl. Перечислить факторы.

### Комплексные задачи

г) Задачи для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-5:

#### Задача 1.

Дан рост студентов. Влияет ли год рождения на рост студентов изучить характер распределения, построить гистограмму и оценить влияние закона больших чисел на средний рост.

168	169	156	171	175	159	167	169	170	156
168	169	164	172	171	174	176	170	173	171
169	155	174	176	160	172	172	182	163	187
172	161	176	164	166	163	172	175	156	164
167	177	183	163	172	172	173	163	166	178
169	167	172	171	165	175	171	186	165	164
163	173	173	177	173	156	173	160	176	171
169	163	163	172	178	166	164	171	163	163
172	163	172	163	169	164	164	170	176	163
179	176	202	169	159	169	166	165	167	173
170	170	169	164	177	173	166	161	162	190
160	165	156	157	174	168	176	170	173	168
164	164	172	170	164	173	165	167	173	184
163	179	161	162	158	198	177	164	166	171
174	170	174	164	174	170	164	162	166	168
169	169	163	178	166	168	168	180	163	165
163	158	171	175	170	165	184	169	167	167
179	165	173	161	166	165	159	175	169	172
172	167	160	156	161	174	167	174	167	168
168	167	167	171	168	162	174	173	173	165
167	172	176	174	171	169	161	173	170	176
171	166	171	167	156	167	166	167	173	169
176	168	163	169	164	178	156	190	183	165

Задача 2.

Определили активность партии фермента через определенные промежутки времени

Срок хранения, суток	30	60	90	120	150	180
Активность, ед	60000	35000	15000	8000	3900	2200

Вопрос: через сколько суток активность снизится до 100 единиц?

Задача 3.

Определили активность партии фермента через определенные промежутки времени

Срок хранения, суток	30	60	90	120	150	180
Активность, ед	60000	35000	15000	8000	3900	2200

Вопрос: каков период полуинактивации фермента?

**е) Задачи для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-6:**

Задача 4.

Для определения количества глюкозы в культуральной жидкости необходимо построить «дружественный к пользователю» калибровочный график (линейный). Для этого были приготовлены стандартные растворы и проведено определение содержания глюкозы.

Определение оптической плотности проводили против пустой пробы. Результаты представлены в таблице:

№ п.п.	Концентрация белка в стандартном растворе	Добавление реактива в пробу (+)	Результаты измерений оптической плотности
Контроль	0	+ (пустая проба)	0,000 (раствор используется в качестве стандарта для выставления нуля на шкале прибора – измерения против пустой пробы)
1	0,1	+	0,090
2	0,3	+	0,287
3	0,4	+	0,412
4	0,7	+	0,723
5	0,9	+	0,893
6	1,0	+	1,060

Построить калибровочный график и уравнение калибровочного графика.

Задача 5.

Для определения количества глюкозы в культуральной жидкости необходимо построить калибровочный график (линейный). Для этого были приготовлены стандартные растворы и проведено определение содержания глюкозы. Определение оптической плотности проводили против пустой пробы. Результаты представлены в таблице:

№ п.п.	Концентрация белка в стандартном растворе	Добавление реактива в пробу (+)	Результаты измерений оптической плотности
Контроль	0	+ (пустая проба)	0,000 (раствор используется в качестве стандарта для выставления нуля на шкале прибора – измерения против пустой пробы)
1	0,2	+	0,090
2	0,6	+	0,287
3	0,8	+	0,412
4	1,4	+	0,723
5	1,8	+	0,893
6	2,0	+	1,060
7	2,2	+	1,070

Построить калибровочный график и уравнение калибровочного графика.

#### Задача 6.

Для определения количества белка в растворе (определяем белок при 273 нм без дополнительных реактивов) необходимо построить калибровочный график (линейный). Для этого были приготовлены стандартные растворы и проведено определение оптической плотности в нескольких повторностях на каждую концентрацию. Определение оптической плотности проводили против чистого растворителя (воды). Результаты представлены в таблице:

№ п.п.	Концентрация белка в стандартном Растворе мг/мл	Результаты измерений оптической плотности
1	0,2	0,090; 0,088; 0,092; 0,090; 0,091
2	0,6	0,287; 0,290; 0,288; 0,290; 0,289
3	0,8	0,412; 0,409; 0,415; 0,410
4	1,4	0,723; 0,730; 0,725
5	1,8	0,893; 0,889; 0,900
6	2,0	1,060; 1,050; 1,065
7	2,2	1,070; 1,060

Построить калибровочный график и уравнение калибровочного графика для определения концентрации белка по оптической плотности раствора.

При сдаче зачета, студент получает один вопрос из перечня, приведенного выше и комплексную задачу.

Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 30 мин.

#### **4. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций.**

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СПбГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКДВ Порядок проведения зачетов и экзаменов.

По дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме зачета.

Шкала оценивания на зачете («зачтено», «не зачтено»). При этом «зачтено» соотносится с пороговым уровнем сформированности компетенции.