

УТВЕРЖДАЮ  
Первый проректор, проректор по УР  
\_\_\_\_\_ А.Е. Рудин

## Рабочая программа дисциплины

**2.1.8.1(Ф)**

Автоматизированные системы обработки экспериментальных данных

Учебный план:

1.5.15. ИХПЭ 2025 2025-2026 уч.год.plx

Кафедра:

**18**

Инженерной химии и промышленной экологии

Научная специальность:

1.5.15. Экология

Уровень образования:

аспирантура

Форма обучения:

очная

### План учебного процесса

Семестр (курс для ЗАО)		Контактная работа обучающихся		Сам. работа	Контроль, час.	Трудоёмкость, ЗЕТ	Форма промежуточной аттестации
		Лекции	Практ. занятия				
4	УП	12	24	72		3	Зачет
	РПД	12	24	72		3	
Итого	УП	12	24	72		3	
	РПД	12	24	72		3	

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии приказом Минобрнауки России от 20.10.2021 № 951 "Об утверждении федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов)"

Составитель (и):

кандидат технических наук, Заведующий кафедрой

Бусыгин Николай Юрьевич

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой инженерной химии и  
промышленной экологии

Бусыгин Николай Юрьевич

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

Бусыгин Николай Юрьевич

Методический отдел:

## 1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1 Цель дисциплины:** Сформировать у обучающихся углубленные знания о принципах, структуре, математическом, информационном и программном обеспечении современных средств измерений с компьютерным управлением, а также систематизировать и расширить знания, умения и навыки в области обработки экспериментальных данных с построением математических моделей статистическими методами.

### 1.2 Задачи дисциплины:

- сформировать у обучающихся представление о преобразовании сигналов в современных средствах измерения с автоматизированной обработкой данных на компьютерах, включенных в схему управления оборудованием, и их обработке;
- подготовить обучающихся к квалифицированному анализу экспериментальных данных с использованием типовых математических пакетов (регрессионный и корреляционный анализ с применением математических программных пакетов и систем).

### 1.3 Место дисциплины в структуре программы аспирантуры:

Дисциплина относится к Образовательному компоненту «Дисциплины (модули)» Программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

Знания и умения, полученные аспирантами при изучении данной дисциплины, необходимы при подготовке к сдаче кандидатского экзамена и написании диссертационной работы

Правовые основы защиты интеллектуальной собственности

Научная деятельность, направленная на подготовку диссертации к защите

## 3 СОДЕРЖАНИЕ И ПОРЯДОК ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий	Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа		СР (часы)	Форма текущего контроля
		Лек. (часы)	Пр. (часы)		
Раздел 1. Информационные технологии как инструмент научной работы.	4				3
Тема 1. Информационный поиск в компьютерных сетях и представление результатов научного поиска в электронном виде. Практическое занятие "Сетевые информационные ресурсы и их использование".			2	6	
Тема 2. Хранение и систематизация данных в базах данных и электронных таблицах. Практическое занятие "Электронные таблицы как простейшие базы данных: структурирование данных, размещение в таблице, фильтрация".		2	2	6	
Раздел 2. Современные технические средства автоматизации измерений.					3
Тема 3. Структура измерительных комплексов с компьютерным управлением. Практическое занятие "Изучение структуры измерительного комплекса с компьютером в контуре управления на примере спектрометров разного типа".		1	2	6	
Тема 4. Математические и метрологические основы обработки результатов измерений в автоматизированных измерительных комплексах. Практическое занятие "Особенности обработки непрерывных и дискретных сигналов".		3	2	6	
Раздел 3. Математические и программные аспекты обработки экспериментальных данных.					3
Тема 5. Предварительный анализ данных и выбор формы уравнения. Практическое занятие "Подходы к предварительному анализу данных эксперимента".			2	6	

Тема 6. Эмпирические математические модели – назначение, получение, использование. Практическое занятие "Типы математических моделей и подходы к их построению".		2	2	6	
Тема 7. Линейная и нелинейная регрессия. Метод наименьших квадратов. Оценка коэффициентов в нелинейных моделях.		2	2	8	3
Тема 8. Реализация методов обработки данных в математических программах и средах (на примере Mathcad, MATLAB и др.). Практическое занятие "Изучение программных средств построения эмпирических математических моделей"			6	12	
Раздел 4. Планирование эксперимента. Оптимизационный эксперимент.					
Тема 9. Основные этапы планирования эксперимента и обработки данных. Практическое занятие "Постановка планированного эксперимента и обработка его результатов. Работа в среде обучающей программы."		2	2	10	
Тема 10. Планирование и реализация эксперимента, направленного на поиск оптимальных параметров проведения процесса (оптимизационный эксперимент). Практическое занятие "Градиентный метод поиска оптимальных параметров при реализации экспериментального исследования"			2	6	
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)		12	24	72	
Консультации и промежуточная аттестация (Зачет)		0			
<b>Всего контактная работа и СР по дисциплине</b>		36		72	

#### 4. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

##### 4.1.2 Система и критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания	
	Устное собеседование	Письменная работа
Зачтено	Обучающийся принял активное участие в семинарах, представил презентации к своим сообщениям, уверенно ответил на вопросы преподавателя и выполнил практическое задание, возможно допуская несущественные ошибки в ответе.	
Не зачтено	Обучающийся не проявил активности на семинарах, не представил презентации к своим сообщениям, не ответил на вопросы преподавателя и/или не выполнил практическое задание, допускал существенные ошибки в ответе, свидетельствующие о недостаточном понимании предмета.	

##### 4.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

###### 4.2.1 Перечень контрольных вопросов

№ п/п	Формулировки вопросов
Семестр 4	
1	Общие принципы информационного поиска в компьютерных сетях. Автоматизация процессов сбора и хранения данных
2	Построение рациональной системы хранения научных данных. Программные и технические средства хранения данных.

3	Обеспечение безопасных условий хранения данных.
4	Базы данных, системы управления базами данных. Запросы и их обработка.
5	Общие принципы построения измерительных комплексов с компьютерным управлением.
6	Аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи – назначение и использование.
7	Математические основы обработки данных в измерительных комплексах.
8	Шум. Сглаживание данных. Погрешность измерений.
9	Общий принцип построения эмпирических математических моделей статистическими методами.
10	Выбор исследуемых параметров (аргументов) на этапе предварительного анализа объекта исследования.
11	Обоснование выбора формы уравнения.
12	Типовые методы получения эмпирических математических моделей и основные этапы реализации задачи.
13	Понятие линейной и нелинейной регрессии.
14	Принцип наименьших квадратов и его реализация для случая линейной регрессии.
15	Применение метода наименьших квадратов к оценке коэффициентов в нелинейных уравнениях.
16	Реализация некоторых задач регрессионного анализа в MS Excel.
17	Основные функции, реализующие нелинейную и линейную регрессию, в математической среде Mathcad.
18	Основные этапы планирования эксперимента.
19	Воспроизводимость данных. Оценка возможной погрешности измерений.
20	Планы $2^k$ . Построение многоуровневых многофакторных планов. Рандомизация последовательности реализации опытов.
21	Особенности обработки данных планированного эксперимента.
22	Планирование и реализация оптимизационного эксперимента.
23	Выбор направления исследований градиентным методом.

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

Примеры приведены в файле приложения к рабочей программе.

#### 4.3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности)

##### 4.3.1 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»

##### 4.3.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная ☐ + ☒ Письменная ☐ Компьютерное тестирование ☐ Иная ☐

##### 4.3.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

- время на подготовку к устному собеседованию составляет 20 минут;
- выполнение практико-ориентированного задания составляет 40 минут.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1 Учебная литература

Автор	Заглавие	Издательство	Год издания	Ссылка
<b>6.1.1 Основная учебная литература</b>				
Латышенко, К. П., Попов, А. А.	Информационно-измерительные системы для экологического мониторинга	Саратов: Вузовское образование	2019	<a href="http://www.iprbookshop.ru/79627.html">http://www.iprbookshop.ru/79627.html</a>
Шеманаева, Л. И.	Основы технического эксперимента	Москва: Ай Пи Ар Медиа	2022	<a href="https://www.iprbookshop.ru/118460.html">https://www.iprbookshop.ru/118460.html</a>
Бусыгин Н. Ю.	Автоматизированные системы обработки экспериментальных данных	Санкт-Петербург: СПбГУПТД	2025	<a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=202556">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=202556</a>
<b>6.1.2 Дополнительная учебная литература</b>				

Бусыгин Н. Ю.	Методы и средства автоматизированных расчетов в экологии. Решение задач в среде Mathcad	СПб.: СПбГУПТД	2014	<a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2178">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2178</a>
Селиванова, З. М.	Информационно-измерительные системы	Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ	2019	<a href="http://www.iprbookshop.ru/99759.html">http://www.iprbookshop.ru/99759.html</a>
Бахтин, А. В., Ремизова, И. В.	Технологические измерения, приборы и информационно-измерительные системы	Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна	2020	<a href="https://www.iprbookshop.ru/118418.html">https://www.iprbookshop.ru/118418.html</a>
Бусыгин Н. Ю.	Моделирование процессов защиты окружающей среды	СПб.: СПбГУПТД	2019	<a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2019174">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2019174</a>
Емельянов, А. М., Кидяева, Н. П., Подолько, Е. А., Шпилев, Е. М.	Статистические методы обработки, планирования инженерного эксперимента	Благовещенск: Дальневосточный государственный аграрный университет	2015	<a href="http://www.iprbookshop.ru/55912.html">http://www.iprbookshop.ru/55912.html</a>
Гордин, С. А., Соснин, А. А., Зайченко, И. В., Бердоносков, В. Д., Гордина, С. А.	Методы обработки экспериментальных данных	Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет	2022	<a href="https://www.iprbookshop.ru/122763.html">https://www.iprbookshop.ru/122763.html</a>

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

1. ЭБС «IPRbooks», <http://www.iprbookshop.ru>
2. ЭБС «СПбГУПТД», <http://publish.sutd.ru>

## 5.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

Microsoft Windows 10 Pro  
OfficeStd 2016 RUS OLP NL Acdmc  
1С-Битрикс: Внутренний портал учебного заведения  
Mathcad Education – University Edition Term

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

Лабораторное оборудование кафедры инженерной химии и промышленной экологии - аналитические приборы с компьютерным управлением.

Аудитория	Оснащение
Компьютерный класс	Мультимедийное оборудование, компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду

## Приложение

к рабочей программы дисциплины «Автоматизированные системы обработки экспериментальных данных»

по направлению подготовки 1.5.15. Экология

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

№ п/п	Условия типовых задач (задач, кейсов)	Ответ
1.	<p>Проанализируйте уравнение Аррениуса <math>k = k_0 e^{-\frac{E}{RT}}</math> с точки зрения подхода к оценке предэкспоненциального множителя и энергии активации методом линейной регрессии. Определите вид функции отклика и факторов. Предложите программные средства решения задачи.</p>	<p>Уравнение линейно в логарифмических координатах: функция отклика <math>y = \ln(k)</math>, единственный фактор <math>z_1 = -\frac{1}{RT}</math>. Методом линейной регрессии определяются коэффициенты <math>\beta_0 = \ln(k_0)</math>, <math>\beta_1 = E</math>. Способы решения: построение линии тренда в MS Excel или с помощью функции linfit в среде Mathcad.</p>
2	<p>Схема сложного химического взаимодействия описывается как</p> $2A_1 \xrightarrow{k_1} A_2 \xrightarrow{k_2} A_3$ $A_3 + A_4 \xrightleftharpoons[k_4]{k_3} 2A_5$ <p>Известны начальные концентрации всех компонентов, константы скоростей 1, 2 и 4 реакций. В ходе эксперимента снята кинетическая кривая для вещества <math>A_3</math>. Предложите подход к оценке неизвестной константы скорости <math>k^3</math>.</p>	<p>Неизвестную константу скорости можно подобрать, решая задачу минимизации отклонений расчетных и экспериментальных значений концентраций третьего компонента (например, с помощью функции Minimize в Mathcad). Расчетные концентрации определяются из кинетических уравнений. В приведенной схеме реакций 4 стадии, скорости которых по закону действующих масс вычисляются как</p> $r_1 = k_1 C_1^2; \quad r_2 = k_2 C_2;$ $r_3 = k_3 C_3 C_4; \quad r_4 = k_4 C_5^2.$ <p>Уравнения кинетики:</p> $\frac{dC_1}{d\tau} = -2r_1 = -2k_1 C_1^2$ $\frac{dC_2}{d\tau} = r_1 - r_2 = k_1 C_1^2 - k_2 C_2$ $\frac{dC_3}{d\tau} = k_2 C_2 - k_3 C_3 C_4 + k_4 C_5^2$ $\frac{dC_4}{d\tau} = -k_3 C_3 C_4 + k_4 C_5^2$ $\frac{dC_5}{d\tau} = 2k_3 C_3 C_4 - 2k_4 C_5^2$ <p>Система уравнений решается любым численным методом с определением концентраций третьего компонента в те же моменты времени, где снята экспериментальная кривая.</p>