

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Химического факультета

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основы теории эксперимента и математической обработки результатов**

Кафедра экологической химии и технологии  
химический факультет

Образовательная программа  
18.04.02 - Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической  
технологии, нефтехимии и биотехнологии

Профиль подготовки  
Охрана окружающей среды и рациональное использование природных  
ресурсов

Уровень высшего образования  
Магистратура

Форма обучения  
Очная

Статус дисциплины: базовая

Махачкала, 2016

Рабочая программа дисциплины «Основы теории эксперимента и математической обработки результатов» составлена в 2016 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 18.04.02 - Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии (уровень магистратуры) от «20» ноября 2014 г. № 1480.

Разработчик: кафедрой экологической химии и технологии, Исаев А.Б. к.х.н., доцент.

Рабочая программа дисциплины одобрена:  
на заседании кафедры экологической химии и технологии  
от «15» 06 2016г., протокол № 10

/ Зав. кафедрой  Алиев З.М.  
(подпись)

на заседании Методической комиссии химического факультета  
от «17» 06 2016г., протокол № 10

Председатель  Бабуев М.А.  
(подпись)

Программа практики согласована с учебно-методическим управлением.

« 20 » 06 2016г.   
(подпись)

## Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Основы теории эксперимента и математической обработки результатов» входит в базовую часть образовательной программы магистратуры по направлению 18.04.02 - Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.

Дисциплина реализуется на химическом факультете кафедрой экологической химии и технологии.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с теорией планирования и осуществления экспериментальных исследований, обработки результатов эксперимента для проведения научно-исследовательских и поисковых работ.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: общепрофессиональных – ОПК-3, профессиональных – ПК-1, 2, 4, 6.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: лекции, лабораторные занятия, самостоятельная работа.

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме – контрольная работа, коллоквиум и промежуточный контроль в форме экзамена.

Объем дисциплины 4 зачетных единиц, в том числе 144 в академических часов по видам учебных занятий

Семес тр	Учебные занятия						СРС, в том числе экза мен	Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцирован ный зачет, экзамен)
	в том числе							
	Контактная работа обучающихся с преподавателем							
	Всего	из них						
		Лекц ии	Лабораторн ые занятия	Практиче ские занятия	КСР	консульта ции		
9	144	12	22				110	экзамен

## 1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Основы теории эксперимента и математической обработки результатов» является получение навыков по постановке, проведению и обработке результатов экспериментальных исследований, а так же ознакомление с математическими методами, применяемыми при планировании эксперимента и обработке результатов эксперимента.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры

Дисциплина «Основы теории эксперимента и математической обработки результатов» входит в базовую часть образовательной программы магистратуры по направлению 18.04.02 - Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.

Дисциплина «Основы теории эксперимента и математической обработки результатов» является основой для осуществления научно-исследовательской работы, учебной практики магистров, выполнения их магистерской диссертации, а также других дисциплин из учебного плана магистров таких как «Методы оптимизации и организации энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем», «Моделирование технологических и природных систем» и т.д.

## 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения) .

Компетенции	Формулировка компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)
<b>ОПК-3</b>	способность к профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов в соответствии с направлением и профилем подготовки	<b>Знать:</b> современные методы и оборудование применяемое в производственной и научно-исследовательской практике <b>Уметь:</b> использовать в практической деятельности методы и средства научных исследований при решении задач профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов <b>Владеть:</b> навыками использования методов и средств научных исследований в области эксплуатации современного оборудования и приборов
<b>ПК-1</b>	способность формулировать научно-исследовательские задачи в области реализации энерго- и ресурсосбережения и решать их	<b>Знать:</b> общие вопросы теории и практики планирования и организации эксперимента при решении задач в области энерго- и ресурсосбережения <b>Уметь:</b> формулировать научно-исследовательские задачи, анализировать результаты экспериментов, делать выводы на основе анализа <b>Владеть:</b> навыками решения научно-

		исследовательских задач, с помощью экспериментальных исследований в области реализации энерго- и ресурсосберегающих процессов
<b>ПК-2</b>	способность организовать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую работу	<p><b>Знать:</b> основные методы планирования и проведения анализа результатов коллективного и самостоятельного научно-исследовательского эксперимента</p> <p><b>Уметь:</b> планировать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую работу</p> <p><b>Владеть:</b> приемами организации коллектива и рабочего места при проведении экспериментальных исследований</p>
<b>ПК-4</b>	способность использовать современные методики и методы, в проведении экспериментов и испытаний, анализировать их результаты и осуществлять их корректную интерпретацию	<p><b>Знать:</b> современные методики и методы, в проведении экспериментов и испытаний</p> <p><b>Уметь:</b> проводить математическую обработку результатов эксперимента</p> <p><b>Владеть:</b> навыком подбора необходимого метода при проведении планирования эксперимента и проведения математической обработки результатов эксперимента с использованием различных методов</p>
<b>ПК-6</b>	готовность разрабатывать математические модели и осуществлять их экспериментальную проверку	<p><b>Знать:</b> способы оценки получения эмпирических математических моделей и оценки их адекватности и основы теории погрешности и статистической обработки экспериментальных данных</p> <p><b>Уметь:</b> выполнять обработку результатов эксперимента с использованием различных математических методов и компьютерной техники и выполнять проверку адекватности разработанных математических моделей</p> <p><b>Владеть:</b> навыками планирования экспериментальных исследований и обработки результатов при построении и экспериментальной проверке математических моделей</p>

#### **4. Объем, структура и содержание дисциплины.**

4.1. Объем дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 академических часов.

4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Разделы и темы дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Контроль самост. раб.		
Модуль 1. Обработка и анализ результатов эксперимента									
1	Основные понятия, термины и определения	9	1-2	1				8	Устный опрос, решение задач, домашняя работа
2	Теория эксперимента.	9	3-4	1		3		8	Устный опрос, решение задач, домашняя работа
3	Обработка и анализ результатов эксперимента	9	5-6	2		3		10	Устный опрос, решение задач, домашняя работа
	<i>Итого по модулю 1:</i>			<b>4</b>		<b>6</b>		<b>26</b>	Коллоквиум
Модуль 2. Планирование эксперимента									
1	Основы теории планирования эксперимента	9	7-8	1				8	Устный опрос, решение задач, домашняя работа
2	Пассивный и активный эксперимент	9	9-10	1		4		8	Устный опрос, решение задач, домашняя работа
3	Планы первого порядка и второго порядка	9	11-12	2		4		8	Устный опрос, решение задач, домашняя работа
	<i>Итого по модулю 2:</i>			<b>4</b>		<b>8</b>		<b>24</b>	Коллоквиум
Модуль 3. Экспериментальная оптимизация объекта исследования									
1	Экспериментальные методы решения оптимизационных задач	9	13-15	2		4		8	Устный опрос, решение задач, домашняя работа
2	Построение математической модели	9	16-18	2		4		8	Устный опрос, решение задач, домашняя работа
	<i>Итого по модулю 3:</i>			<b>4</b>		<b>8</b>		<b>24</b>	Коллоквиум
Модуль 4. Подготовка к экзамену									
1	Подготовка к экзамену	9						36	экзамен
	<i>Итого по модулю 4:</i>							<b>36</b>	экзамен
	<b>ИТОГО:</b>			<b>12</b>		<b>22</b>		<b>110</b>	<b>экзамен</b>

#### 4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).

##### *Модуль 1. Обработка и анализ результатов эксперимента*

**Тема 1. Основные понятия, термины и определения.** Введение. Основные понятия и определения. Эксперимент как предмет исследования. Понятие эксперимента. Структура и основные виды эксперимента.

**Тема 2. Теория эксперимента.** Случайные величины. Классификация ошибок измерений. Абсолютная и относительная погрешность. Прямые и косвенные измерения. Оценка погрешностей функций приближенных аргументов. Распределение случайных величин. Функция распределения и плотность распределения. Доверительные интервалы и доверительная вероятность, уровень значимости. Числовые характеристики случайной величины. Свойства математического ожидания и дисперсии. Нормированная случайная величина. Квантили. Нормальное и стандартное распределения случайной величины. Функция Лапласа. Задача об абсолютном отклонении. Генеральная совокупность и случайная выборка. Выборочная функция распределения. Гистограммы. Понятие об оценках параметров генерального распределения. Метод максимального правдоподобия. Оценка математического ожидания и дисперсии нормально распределенной случайной величины. Дисперсия среднего серии измерений. Проверка статистических гипотез, критерии значимости, ошибки первого и второго рода. Построение доверительного интервала для математического ожидания непосредственно измеряемой величины. Распределение Стьюдента.

**Тема 3. Обработка и анализ результатов эксперимента.** Основы теории случайных ошибок и методов оценки случайных погрешностей в измерениях. Нормальное распределение и его свойства. Суммарная погрешность измерений. Оценка точности измерений. Критерии обработки грубых ошибок эксперимента. Методы подбора эмпирических формул. Обработка результатов эксперимента при неравномерном дублировании опытов. Обработка результатов эксперимента при отсутствии дублирования опытов.

### **Модуль 2. Планирование эксперимента**

**Тема 4. Основы теории планирования эксперимента.** Основные понятия и принципы теории планирования эксперимента. Место планирования эксперимента при идентификации технических систем. Функция отклика, факторы, требования к ним. Последовательность планирования и обработки результатов эксперимента. Факторное пространство, выбор плана эксперимента. Проверка воспроизводимости эксперимента, дисперсия воспроизводимости, критерий Кохрена. Статическая оценка значимости коэффициентов уравнения регрессии, ко Коэффициент Стьюдента. Проверка гипотезы адекватности математической модели, критерий Фишера.

**Тема 5. Пассивный и активный эксперимент.** Методы планирования эксперимента. Метод наименьших квадратов Матрица планирования. Критерии оптимальности планов. Элементы теории вероятности и математической статистики. Стадии планирования эксперимента. Установление цели эксперимента. Уточнение условий

проведения эксперимента. Сбор и анализ предварительной (априорной) информации. Входные параметры и выходные параметры эксперимента. Систематическая или случайная погрешность. Точность результатов измерений. Количество и порядок испытаний, способ сбора, хранения и документирования данных. Статистическая обработка результатов эксперимента. Методы регрессионного и корреляционного анализа. Методы линейной и нелинейной (полиномиальной) интерполяции и экстраполяции. Объяснение полученных результатов и формулирование рекомендаций по их использованию.

**Тема 6. Планы первого порядка и второго порядка.** Полный факторный эксперимент. Матрица и свойства планов полного факторного эксперимента. Оценка значимости коэффициентов линейной однофакторной модели. Оценка адекватности модели. Дробный факторный эксперимент. Построение планов дробного факторного эксперимента. Свойства планов дробного факторного эксперимента. Планы второго порядка. Основные понятия о планах второго порядка, ортогональные и рототабельные планы

### **Модуль 3. Экспериментальная оптимизация объекта исследования**

**Тема 7. Экспериментальные методы решения оптимизационных задач.** Формализация и содержательная постановка оптимизационной задачи. Анализ решаемых оптимизационных задач: вариантный анализ и решение по заказу. Математическая запись общего случая задач оптимизации. Классы задач оптимизации: задачи линейного, нелинейного, целочисленного, дискретного, стохастического и динамического программирования, задачи многопараметрической оптимизации. Пример выбора целевой функции, ограничений и граничных условий. Получение исходных данных и адекватной математической модели объекта. Детерминированная и экспериментально-статистическая модели объекта. Решение оптимизационных задач. Исследование поверхности функции отклика объекта. Аналитические методы решения задач оптимизации. Анализ решения и принятие оптимального (рационального) решения. Анализ отсутствия решения. Анализ множественных решений. Анализ найденного решения. Планирование эксперимента для решения оптимизационных задач методом крутого восхождения или наискорейшего спуска. Алгоритмы расчётов и действий с результатами экспериментов, полученных по составленным планам. Метод последовательного симплекс-планирования эксперимента для решения задач оптимизации. Основные положения. Алгоритмы расчётов и действий с результатами экспериментов, полученных по составленным планам. Применение табличного процессора Excel (Microsoft) для решения оптимизационных задач. Определение необходимых зависимостей с помощью программы Excel: линейных и нелинейных зависимостей, зависимостей в форме пользователя. Процедура «Поиск решения». Алгоритмы поиска оптимальных решений, используемые в данной процедуре. Анализ решения.

**Тема 8. Построение математической модели.** Основные этапы построения математической модели. Формулировка проблемы.

Формализация задачи. Постановка целей и задач моделирования. Выбор численного аппарата и проведение вычислений/решение уравнений. Отладка и корректировка модели. Оценка точности и интерпритация результатов. Комплексирование (встраивание решений в старые системы). Требования к математической модели. Метод экспертных оценок. Моделирование процессов и систем методами статистических испытаний. Основы физического моделирования. Оценка точности и достоверности результатов исследований.

### **Темы лабораторный работ**

1. Корреляционный и регрессионный анализ экспериментальных данных.
2. Определение систематических и случайных ошибок эксперимента
3. Проверка воспроизводимости эксперимента, дисперсия воспроизводимости.
4. Планирование и осуществление полного факторного эксперимента.
5. Планирование и осуществление дробного факторного эксперимента.
6. Использование компьютерных программ для обработки экспериментальных данных

### **5. Образовательные технологии**

Рекомендуемые образовательные технологии:

- ✓ на лекциях по всем разделам используется демонстративный материал в виде презентаций;
- ✓ лабораторные работы выполняются студентами самостоятельно под контролем лаборанта и преподавателя.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах (лекция-беседа, лекция-дискуссия, лекция-консультация, проблемная лекция, лекция-визуализация, лекция с запланированными ошибками), определяется главной целью (миссией) программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием конкретных дисциплин, и в целом в учебном процессе по данной дисциплине они должны составлять не менее 12 часов аудиторных занятий. При чтении данного курса применяются такие виды лекций, как вводная, лекция-информация, обзорная, проблемная, лекция-визуализация. Занятия лекционного типа составляют 30% аудиторных занятий.

Для аттестации студентов по каждому модулю должны проводиться контрольные работы. В качестве итогового контроля проводится экзамен.

### **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.**

#### **6.1. Виды и порядок выполнения самостоятельной работы**

1. Изучение рекомендованной литературы.
2. Поиск в интернете дополнительного материала
3. Подготовка к отчетам по лабораторным работам.
4. Решение экспериментальных и расчетных задач.
5. Подготовка к коллоквиуму.
6. Подготовка к экзамену.

№	Вид самостоятельной работы	Вид контроля	Учебно-методич. обеспечение
1.	Подготовка к отчетам по лабораторным работам	Проверка выполнения расчетов, оформления работы в лабораторном журнале и проработки вопросов к текущей теме по рекомендованной литературе.	См. разделы 7.3, 8, 9 данного документа.
2.	Решение экспериментальных и расчетных задач	Проверка домашних заданий.	См. разделы 7.3, 8, 9 данного документа.
3.	Подготовка к коллоквиуму	Промежуточная аттестация в форме контрольной работы.	См. разделы 7.3, 8, 9 данного документа.
4.	Подготовка к экзамену.	Опрос по экзаменационным билетам	См. разделы 7.3, 8, 9 данного документа.

1. Текущий контроль: подготовка к отчетам по лабораторным работам.
2. Текущий контроль: решение экспериментальных и расчетных задач.
3. Промежуточная аттестация в форме контрольной работы.

*Текущий контроль* успеваемости осуществляется непрерывно, на протяжении всего курса. Прежде всего, это устный опрос по ходу лабораторных занятий, выполняемый для оперативной активизации внимания студентов и оценки их уровня восприятия. Результаты устного опроса учитываются при выборе индивидуальных задач для решения. Каждую неделю осуществляется проверка выполнения расчетов, оформления работы в лабораторном журнале.

*Промежуточный контроль* проводится в форме контрольной работы, в которой содержатся теоретические вопросы и задачи.

*Итоговый контроль* проводится в виде устного экзамена.

Оценка «отлично» ставится за уверенное владение материалом курса.

Оценка «хорошо» ставится при полном выполнении требований к прохождению курса и умении ориентироваться в изученном материале.

Оценка «удовлетворительно» ставится при достаточном выполнении требований к прохождению курса и владении конкретными знаниями по программе курса.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если требования к прохождению курса не выполнены и студент не может показать владение материалом.

## **7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.**

7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования приведен в описании образовательной программы.

Компетенция	Знания, умения, навыки	Процедура освоения
-------------	------------------------	--------------------

ОПК-3	Знать: современные методы и оборудование применяемое в производственной и научно-исследовательской практике	Устный опрос, письменный опрос
	Уметь: использовать в практической деятельности методы и средства научных исследований при решении задач профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов	Письменный опрос
	Владеть: навыками использования методов и средств научных исследований в области эксплуатации современного оборудования и приборов	Мини-конференция
ПК-1	Знать: общие вопросы теории и практики планирования и организации эксперимента при решении задач в области энерго- и ресурсосбережения	Устный опрос, письменный опрос
	Уметь: формулировать научно-исследовательские задачи, анализировать результаты экспериментов, делать выводы на основе анализа	Письменный опрос
	Владеть: навыками решения научно-исследовательских задач, с помощью экспериментальных исследований в области реализации энерго- и ресурсосберегающих процессов	Мини-конференция
ПК-2	Знать: основные методы планирования и проведения анализа результатов коллективного и самостоятельного научно-исследовательского эксперимента	Устный опрос, письменный опрос
	Уметь: планировать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую работу	Письменный опрос
	Владеть: приемами организации коллектива и рабочего места при проведении экспериментальных исследований	Мини-конференция
ПК-4	Знать: современные методики и методы, в проведении экспериментов и испытаний	Устный опрос, письменный опрос
	Уметь: проводить математическую обработку результатов эксперимента	Письменный опрос
	Владеть: навыком подбора необходимого метода при проведении планирования эксперимента и проведения математической обработки результатов эксперимента с использованием различных методов	Мини-конференция
ПК-6	Знать: способы оценки получения эмпирических математических моделей и оценки их адекватности и основы теории погрешности и статистической обработки экспериментальных данных	Устный опрос, письменный опрос

	Уметь: выполнять обработку результатов эксперимента с использованием различных математических методов и компьютерной техники и выполнять проверку адекватности разработанных математических моделей	Письменный опрос
	Владеть: навыками планирования экспериментальных исследований и обработки результатов при построении и экспериментальной проверке математических моделей	Мини-конференция

7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания.

### ОПК-3

Схема оценки уровня формирования компетенции «способность к профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов в соответствии с направлением и профилем подготовки» (приводится содержание компетенции из ФГОС ВО)

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый, продвинутый	Знать: современные методы и оборудование, применяемое в производственной и научно-исследовательской практике	Неполные знания современных методов и оборудования, применяемых в производственной и научно-исследовательской практике	Сформированные, но содержащие пробелы знания современных методов и оборудования, применяемых в производственной и научно-исследовательской практике	Сформированные и систематические знания современных методов и оборудования, применяемых в производственной и научно-исследовательской практике
	Уметь: использовать в практической деятельности методы и средства научных исследований при решении задач профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов	В целом успешное, но не систематическое умение использовать в практической деятельности методы и средства научных исследований при решении задач профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение использовать в практической деятельности методы и средства научных исследований при решении задач профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов	Успешное и систематическое умение использовать в практической деятельности методы и средства научных исследований при решении задач профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов
	Владеть: навыками использования методов и средств	В целом успешное, но не систематическое владение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение навыками	Успешное и систематическое владение навыками

	научных исследований в области эксплуатации современного оборудования и приборов	навыками использования методов и средств научных исследований в области эксплуатации современного оборудования и приборов	использования методов и средств научных исследований в области эксплуатации современного оборудования и приборов	использования методов и средств научных исследований в области эксплуатации современного оборудования и приборов
--	--	---	--	--

## ПК-1

Схема оценки уровня формирования компетенции «способность формулировать научно-исследовательские задачи в области реализации энерго- и ресурсосбережения и решать их» (приводится содержание компетенции из ФГОС ВО)

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый, продвинутый	Знать: общие вопросы теории и практики планирования и организации эксперимента при решении задач в области энерго- и ресурсосбережения	Неполные знания общих вопросов теории и практики планирования и организации эксперимента при решении задач в области энерго- и ресурсосбережения	Сформированные, но содержащие пробелы знания общих вопросов теории и практики планирования и организации эксперимента при решении задач в области энерго- и ресурсосбережения	Сформированные и систематические знания общих вопросов теории и практики планирования и организации эксперимента при решении задач в области энерго- и ресурсосбережения
	Уметь: формулировать научно-исследовательские задачи, анализировать результаты экспериментов, делать выводы на основе анализа	В целом успешное, но не систематическое умение формулировать научно-исследовательские задачи, анализировать результаты экспериментов, делать выводы на основе анализа	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение формулировать научно-исследовательские задачи, анализировать результаты экспериментов, делать выводы на основе анализа	Успешное и систематическое умение формулировать научно-исследовательские задачи, анализировать результаты экспериментов, делать выводы на основе анализа
	Владеть: навыками решения научно-исследовательских задач, с помощью экспериментальных исследований в области реализации энерго- и ресурсосберегающих процессов	В целом успешное, но не систематическое владение навыками решения научно-исследовательских задач, с помощью экспериментальных исследований в области	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение навыками решения научно-исследовательских задач, с помощью экспериментальных исследований в области реализации энерго- и ресурсосберегающих	Успешное и систематическое владение навыками решения научно-исследовательских задач, с помощью экспериментальных исследований в области реализации

		реализации энерго- и ресурсосберегающих процессов	их процессов	энерго- и ресурсосберегающих процессов
--	--	---	--------------	--

## ПК-2

Схема оценки уровня формирования компетенции «способность организовать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую работу» (приводится содержание компетенции из ФГОС ВО)

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый, продвинутой	Знать: основные методы планирования и проведения анализа результатов коллективного и самостоятельного научно-исследовательского эксперимента	Неполные знания основных методов планирования и проведения анализа результатов коллективного и самостоятельного научно-исследовательского эксперимента	Сформированные, но содержащие пробелы знания основных методов планирования и проведения анализа результатов коллективного и самостоятельного научно-исследовательского эксперимента	Сформированные и систематические знания основных методов планирования и проведения анализа результатов коллективного и самостоятельного научно-исследовательского эксперимента
	Уметь: планировать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую работу	В целом успешное, но не систематическое умение планировать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую работу	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение планировать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую работу	Успешное и систематическое умение планировать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую работу
	Владеть: приемами организации коллектива и рабочего места при проведении экспериментальных исследований	В целом успешное, но не систематическое владение приемами организации коллектива и рабочего места при проведении экспериментальных исследований	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение приемами организации коллектива и рабочего места при проведении экспериментальных исследований	Успешное и систематическое владение приемами организации коллектива и рабочего места при проведении экспериментальных исследований

## ПК-4

Схема оценки уровня формирования компетенции «способность использовать современные методики и методы, в проведении экспериментов и испытаний, анализировать их результаты и осуществлять их корректную интерпретацию» (приводится содержание компетенции из ФГОС ВО)

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично

	продемонстрировать)	льно		
Пороговый, продвинутый	Знать: современные методики и методы, в проведении экспериментов и испытаний	Неполные знания современных методик и методов, в проведении экспериментов и испытаний	Сформированные, но содержащие пробелы знания современных методик и методов, в проведении экспериментов и испытаний	Сформированные и систематические знания современных методик и методов, в проведении экспериментов и испытаний
	Уметь: проводить математическую обработку результатов эксперимента	В целом успешное, но не систематическое умение проводить математическую обработку результатов эксперимента	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение проводить математическую обработку результатов эксперимента	Успешное и систематическое умение проводить математическую обработку результатов эксперимента
	Владеть: навыком подбора необходимого метода при проведении планирования эксперимента и проведения математической обработки результатов эксперимента с использованием различных методов	В целом успешное, но не систематическое владение навыком подбора необходимого метода при проведении планирования эксперимента и проведения математической обработки результатов эксперимента с использованием различных методов	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение навыком подбора необходимого метода при проведении планирования эксперимента и проведения математической обработки результатов эксперимента с использованием различных методов	Успешное и систематическое владение навыком подбора необходимого метода при проведении планирования эксперимента и проведения математической обработки результатов эксперимента с использованием различных методов

## ПК-6

Схема оценки уровня формирования компетенции «готовность разрабатывать математические модели и осуществлять их экспериментальную проверку» (приводится содержание компетенции из ФГОС ВО)

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый, продвинутый	Знать: способы оценки получения эмпирических математических моделей и оценки их адекватности и основы теории погрешности и статистической обработки экспери-	Неполные знания о способах оценки получения эмпирических математических моделей и оценки их адекватности и основы теории погрешности и статистической	Сформированные, но содержащие пробелы знания о способах оценки получения эмпирических математических моделей и оценки их адекватности и основы теории погрешности и	Сформированные и систематические знания о способах оценки получения эмпирических математических моделей и оценки их адекватности и основы теории погрешности и статистической

ментальных данных	обработки экспериментальных данных	статистической обработки экспериментальных данных	обработки экспериментальных данных
Уметь: выполнять обработку результатов эксперимента с использованием различных математических методов и компьютерной техники и выполнять проверку адекватности разработанных математических моделей	В целом успешное, но не систематическое умение выполнять обработку результатов эксперимента с использованием различных математических методов и компьютерной техники и выполнять проверку адекватности разработанных математических моделей	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение выполнять обработку результатов эксперимента с использованием различных математических методов и компьютерной техники и выполнять проверку адекватности разработанных математических моделей	Успешное и систематическое умение выполнять обработку результатов эксперимента с использованием различных математических методов и компьютерной техники и выполнять проверку адекватности разработанных математических моделей
Владеть: навыками планирования экспериментальных исследований и обработки результатов при построении и экспериментальной проверке математических моделей	В целом успешное, но не систематическое владение навыками планирования экспериментальных исследований и обработки результатов при построении и экспериментальной проверке математических моделей	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение навыками планирования экспериментальных исследований и обработки результатов при построении и экспериментальной проверке математических моделей	Успешное и систематическое владение навыками планирования экспериментальных исследований и обработки результатов при построении и экспериментальной проверке математических моделей

Если хотя бы одна из компетенций не сформирована, то положительная оценки по дисциплине быть не может.

### 7.3. Типовые контрольные задания

#### Контрольные вопросы

1. Эксперимент как предмет исследования. Понятие эксперимента.
2. Структура и основные виды эксперимента.
3. Случайные величины. Классификация ошибок измерений.
4. Абсолютная и относительная погрешность.
5. Прямые и косвенные измерения.
6. Оценка погрешностей функций приближенных аргументов.

7. Распределение случайных величин. Функция распределения и плотность распределения.
8. Доверительные интервалы и доверительная вероятность, уровень значимости.
9. Числовые характеристики случайной величины.
10. Свойства математического ожидания и дисперсии.
11. Функция Лапласа.
12. Дисперсия среднего серии измерений.
13. Проверка статистических гипотез, критерии значимости, ошибки первого и второго рода.
14. Построение доверительного интервала для математического ожидания непосредственно измеряемой величины.
15. Распределение Стьюдента.
16. Основы теории случайных ошибок и методов оценки случайных погрешностей в измерениях.
17. Нормальное распределение и его свойства.
18. Суммарная погрешность измерений.
19. Оценка точности измерений.
20. Критерии обработки грубых ошибок эксперимента.
21. Обработка результатов эксперимента при неравномерном дублировании опытов. Обработка результатов эксперимента при отсутствии дублирования опытов.
22. Основные понятия и принципы теории планирования эксперимента.
23. Последовательность планирования и обработки результатов эксперимента.
24. Факторное пространство, выбор плана эксперимента. Проверка воспроизводимости эксперимента, дисперсия воспроизводимости.
25. Метод наименьших квадратов.
26. Матрица планирования. Критерии оптимальности планов.
27. Элементы теории вероятности и математической статистики.
28. Стадии планирования эксперимента.
29. Методы регрессионного и корреляционного анализа.
30. Методы линейной и нелинейной (полиномиальной) интерполяции и экстраполяции.
31. Полный факторный эксперимент. Матрица и свойства планов полного факторного эксперимента.
32. Оценка значимости коэффициентов линейной однофакторной модели.
33. Оценка адекватности модели.
34. Дробный факторный эксперимент. Построение планов дробного факторного эксперимента.
35. Формализация и содержательная постановка оптимизационной задачи. Анализ решаемых оптимизационных задач: вариантный анализ и решение по заказу.
36. Аналитические методы решения задач оптимизации.

37. Метод последовательного симплекс-планирования эксперимента для решения задач оптимизации. Основные положения.
38. Основные этапы построения математической модели.
39. Требования к математической модели.
40. Основы физического моделирования.

7.4. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля - 70% и промежуточного контроля - 30%.

Текущий контроль по дисциплине включает:

- посещение занятий - 15 баллов,
- выполнение лабораторных заданий - 20 баллов,
- выполнение домашних (аудиторных) контрольных работ - 20 баллов.
- тестирование – 15 баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- письменная контрольная работа - 30 баллов.

## **8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.**

а) основная литература:

1. Фаталиев Н.А. Отдельные вопросы математической обработки результатов эксперимента: пособие для слушателей курсов повыш. квалификации / Фаталиев Н.А., Загиров Н.Ш. - Минобрнауки России, Дагест. гос. ун-т. - Махачкала: Изд-во ДГУ, 2012. - 30 с.
2. Зайдель А.Н. Ошибки измерений физических величин: учеб. пособие / Зайдель А.Н. - 2-е изд., стер. - СПб.: Лань, 2005. - 108 с.
3. Гутер Р.С. Элементы численного анализа и математической обработки результатов опыта: Учеб. пособие для втузов / Гутер Р.С., Овчинский Б.В. - Изд. 2-е, перераб. - М.: Наука, 1970. - 432 с.
4. [Воскресенский П.И. Техника лабораторных работ - Москва, Ленинград: Гос. научно-техническое изд-во хим. лит., 1947](#)
5. [Прокофьев Г.Ф., Микловцик Н.Ю. Основы прикладных научных исследований при создании новой техники: монография - Архангельск: ИД САФУ, 2014](#)

б) дополнительная литература:

1. Налимов В.В. Теория эксперимента / Налимов В.В. - М.: Наука, 1971. - 207 с.
2. Сидняев Н.И. Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных: учеб. пособие для магистров / Сидняев Н.И. - М.: Юрайт, 2012. - 399 с.
3. Лукс Герман. Экспериментальные методы в неорганической химии / Лукс, Герман; пер. с нем. Н.С. Афонского и Л.М. Михеевой; под ред. В.И. Спицына и Л.Н. Комиссаровой. - М.: Мир, 1965. - 653 с.

4. Маркова Е.В. Математическое планирование химического эксперимента / Е.В. Маркова, А.Е. Рохваргер. - М.: Знание, 1971. - 32 с.
5. Пергамент М.И. Методы исследований в экспериментальной физике: учеб. пособие для студентов вузов по напр. "Прикл. мат. и физ." / Пергамент М.И. - Долгопрудный: Интеллект, 2010. - 300 с.
6. Обработка экспериментальных данных в лабораторном практикуме: метод. указания / Калинингр. ун-т. Каф. эксперимент. физики. - Калининград 1977. - 30 с.
7. Семенов Б.А. Инженерный эксперимент в промышленной теплотехнике, теплоэнергетике и теплотехнологиях: учеб. пособие для студентов вузов / Семенов Б.А. - Изд. 2-е, доп. - СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2013. - 393 с.
8. Асатурян В.И. Теория планирования эксперименты: [Учеб. пособие для вузов по спец. "Приклад. математика"] / Асатурян В.И. - М.: Радио и связь, 1983. - 248 с.
9. Джонсон Н. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке: Пер. с англ. и под ред. Э.К. Лецкого / Н. Джонсон. - М.: Мир, 1980. - 610с.
10. Дронов В.С. Планирование эксперимента: Учебное пособие / Дронов В.С. - Барнаул, 1980. - 100 с.
11. Быков В.В. Научный эксперимент / Быков В.В. отв. ред. В.С. Тюхтин; АН СССР, Ин-т философии. - М.: Наука, 1989. - 174 с.
12. Сивоконь П.Е. Методологические проблемы естественнонаучного эксперимента / П.Е. Сивоконь. - М.: Изд. Моск. ун-та, 1968. - 368 с.
13. Математические методы планирования эксперимента: сб. ст. / под ред. В.В. Пененко; АН СССР. Сиб. отд-ние, ВЦ.-Новосибирск: Наука, 1981.-256 с.
14. Козлов А.Ю. Статистический анализ данных в MS Excel: учеб. пособие для студентов вузов / А.Ю. Козлов, В.С. Мхитарян. - М.: ИНФРА-М, 2014. - 320 с.
15. [Гуггенгейм Э., Пру Д. Физико-химические расчеты - М.: Изд-во иностр. лит., 1958](#)
16. [Воскресенский П.И. Техника лабораторных работ - Москва, Ленинград: Гос. научно-техническое изд-во хим. лит., 1947](#)
17. [Работа над диссертацией по техническим наукам, 2 изд.](#) Авторы: Рыжиков Ю. Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2010 г. 512
18. [Вейганд К. Методы эксперимента в органической химии, Ч. 3. Методы анализа - М.: Изд-во иностр. лит., 1950](#)
19. [Берлин А.Я. Техника лабораторной работы в органической химии - М., Л.: Гос. научно-техническое изд-во хим. лит., 1952](#)
20. [Работа в лаборатории и техника эксперимента. Очистка веществ: Методические указания к лабораторной работе по химии для студентов не-химических инженерных специальностей и специальности "Инженерная экология" Калюкова Е.Н.](#)

**9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.**

1. <http://elib.dgu.ru> Электронная библиотека ДГУ

2. [http://window.edu.ru/window/catalogp\\_rid=59576](http://window.edu.ru/window/catalogp_rid=59576).
3. <http://www.fptl.ru/biblioteka/paht.html>
4. <http://window.edu.ru/resource/369/76369>
5. Морозов В. В., Сobotковский Б. Е., Шейнман И. Л. Методы обработки результатов физического эксперимента  
<http://www.eltech.ru/assets/files/Faculty-FEL/Fisika/MethodExperiment.pdf>
6. Теория ошибок и обработка результатов эксперимента  
[http://agym.spbu.ru/docs/phys\\_oshib\\_4.pdf](http://agym.spbu.ru/docs/phys_oshib_4.pdf)
7. Статистическая обработка результатов измерений в лабораторном практикуме Попов Е.А., Успенская Г.И.  
<http://www.nntu.ru/sites/default/files/file/ietf/fitos/posob/posob1.pdf>
8. Третьяк Л.Н. Обработка результатов наблюдений  
<http://window.edu.ru/resource/574/19574/files/metod474.pdf>
9. Бойко Н.Г., Устименко Т.А. Теория и методы инженерного эксперимента  
<http://asu30.ru/book/inj/%D0%B1%D0%BE%D0%B9%D0%BA%D0%BE.pdf>

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

**Лекционный курс.** В ходе лекционного курса проводится систематическое изложение современных научных материалов, с целью формирования у студентов знаний и умений в области процессов и аппаратов в химической технологии. В тетради для конспектирования лекций записи должны быть избирательными, полностью следует записывать только определения. В конспекте рекомендуется применять сокращения слов, что ускоряет запись. Вопросы, возникшие у студентов в ходе лекции, рекомендуется записывать на полях, и после окончания лекции обратиться за разъяснением к преподавателю.

Студенту необходимо активно работать с конспектом лекций: после окончания лекции рекомендуется перечитать свои записи, внести поправки и дополнения на полях. Конспекты лекций следует использовать при подготовке к практическим занятиям экзамену, модульным контрольным, при выполнении самостоятельных заданий.

**Лабораторные занятия.** Перед началом лабораторных занятий, студент должен самостоятельно изучить методику выполнения и получить допуск у преподавателя. В ходе лабораторных занятий студент под руководством преподавателя выполняет лабораторные задания, позволяющие закрепить лекционный материал по изучаемой теме, научиться выполнять статистическую обработку полученных данных, научиться работать с методиками, руководящими документами, информацией различного уровня.

Студент должен вести активную познавательную работу. Целесообразно строить ее в форме наблюдения, эксперимента и конспектирования. Важно научиться включать вновь получаемую информацию в систему уже имеющихся знаний. Необходимо также анализировать материал для выделения общего в частном и, наоборот, частного в общем.

**Самостоятельная работа** выполняется студентом в виде конспектирования первоисточника, закрепления материала при выполнении практических работ по теме. Результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем и учитываются при аттестации студента (зачет, экзамен). При этом проводится: тестирование, экспресс-опрос на семинарских и практических занятиях, заслушивание докладов, проверка письменных работ и т.д.

Разделы и темы для самостоятельного изучения	Виды и содержание самостоятельной работы
Сущность подобия. Теоремы подобия	-конспектирование первоисточников и другой учебной литературы; -проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе), подготовка докладов на практические занятия, к участию в тематических дискуссиях; -поиск и обзор научных публикаций и электронных источников информации, подготовка; - работа с вопросами для самопроверки;
Метод покоординатной оптимизации	
Метод крутого восхождения	
Моделирование и подобие	
Сущность подобия. Теоремы подобия	
Критерии подобия, $\pi$ – теорема	
Планирование экспериментов при построении квадратичной модели	
Элементы теории вероятностей	
Числовые характеристики случайной величины	

**11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.**

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине «Основы теории эксперимента и математической обработки результатов» используются следующие информационные технологии:

- Занятия компьютерного тестирования.
- Демонстрационный материал применением проектора и интерактивной доски.
- Компьютерные программы для статистической обработки результатов анализа.
- Программы пакета Microsoft Office
- Программа Mathcad

**12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.**

В соответствии с требованиями ФГОСЗ+ кафедра имеет специально оборудованную учебную аудиторию для проведения лекционных занятий по потокам студентов, помещения для лабораторных работ на группу студентов из 12-14 человек и вспомогательное помещение для хранения химических

реактивов и профилактического обслуживания учебного и учебно-научного оборудования.

Помещение для лекционных занятий укомплектовано комплектом электропитания, специализированной мебелью и оргсредствами (доска аудиторная для написания мелом и фломастером, стойка-кафедра, стол лектора, стул-кресло, столы аудиторные двухместные (1 на каждого двух студентов), стул аудиторный (1 на каждого студента), а также техническими средствами обучения (экран настенный с электроприводом и дистанционным управлением, мультимедиа проектор с ноутбуком). Имеется компьютерный класс для проведения некоторых лабораторных занятий.

Лабораторные занятия проводятся в специально оборудованных лабораториях с применением необходимых средств обучения (лабораторного оборудования, образцов, нормативных и технических документов и т.п.). Помещения лабораторных практикумов укомплектованы специальной учебно-лабораторной мебелью (в том числе столами с химически стойкими покрытиями), учебно-научным лабораторным оборудованием, измерительными приборами и химической посудой, в полной мере обеспечивающими выполнение требований программы.

1. Весы аналитические Leki B1604, Pioneer.
2. Весы технохимические Leki B5002.
3. Дистиллятор А-10.
4. Вытяжной шкаф
5. Сушильный шкаф
6. Муфельная печь
7. Набор лабораторной посуды.
8. Необходимые реактивы.