

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
Институт геологии и нефтегазовых технологий

Проректор



Программа дисциплины

Б1.В.ДВ.2 Основы инженерного эксперимента

Направление подготовки: 04.06.04 Химические науки

Профиль подготовки:

02.00.13 Нефтехимия

Квалификация выпускника: «Исследователь. Преподаватель-исследователь»

Форма обучения: очная

Язык обучения: русский

Казань 2015

1. КРАТКАЯ АННОТАЦИЯ

Программа настоящей дисциплины построена как необходимый минимум знаний по планированию, реализации и анализу результатов инженерного эксперимента.

Дисциплина базируется на курсах: «Математический анализ», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Вычислительная математика», является теоретической основой для выполнения лабораторных и исследовательских (экспериментальных) работ, производственной практики, экспериментальной части кандидатской диссертации.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.2 «Основы инженерного эксперимента» относится к циклу дисциплин по выбору образовательной программы аспирантуры по специальности 02.00.13 «Нефтехимия».

Осваивается на 2 курсе (4 семестр).

Для успешного освоения данной дисциплины нужно хорошо знать следующие темы: «Математический анализ», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Вычислительная математика», является теоретической основой для выполнения лабораторных и исследовательских (экспериментальных) работ, производственной практики, экспериментальной части кандидатской диссертации.

Освоение дисциплины «Основы инженерного эксперимента» необходимо для выполнения экспериментальной части диссертационного исследования, написания и защиты кандидатской.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Обучающийся, завершивший изучение дисциплины, должен

знать:

- теоретические аспекты экспериментальных исследований и основные принципы подготовки, планирования, проведения и анализа инженерного эксперимента;
- особенности и этапы активного эксперимента, исходя из целей и задач исследования;
- основные причины и характер экспериментальных ошибок, методы их анализа и снижения;
- основы математической теории планирования многофакторного эксперимента, методы оптимизации и повышения компактности эксперимента;
- основные проблемы и задачи, возникающие в ходе планирования и организации эксперимента,
- терминологию, применяемую в данной дисциплине;
- понимать междисциплинарный характер планирования и организации эксперимента,
- владеть математическим аппаратом для статистической обработки результатов эксперимента, особенности планирования эксперимента при дисперсионном и регрессионном анализе,

уметь:

- проводить предварительную подготовку к исследованию и априорный анализ доступной информации, составлять план и анализировать результаты эксперимента.
- применять результаты и методы планирования для решения практических проблем в своей области исследований,
- выбирать оптимальный план эксперимента,
- применять современные математические программные пакеты для обработки результатов эксперимента.

владеть:

- навыками проведения всех этапов несложного активного (планового) эксперимента.

Демонстрировать способность и готовность:

- применять результаты освоения дисциплины в профессиональной деятельности.

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
УК-1	способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;
УК-2	способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки;
УК-5	способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития.
ОПК-1	способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий;
ОПК-2	готовность организовать работу исследовательского коллектива в области химии и смежных наук;
ПК-7	владение навыками химического эксперимента, основными синтетическими и аналитическими методами получения и исследования нефтяного сырья и нефтепродуктов;
ПК-8	понимание сущности и социальной значимости профессии, основных перспектив и проблем, определяющих конкретную область деятельности, связанную с актуальными проблемами процессов химической переработки нефтяного сырья

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины (в часах) по видам нагрузки обучающегося и по разделам дисциплины

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов, из них: лекции – 18 часов, практические занятия – 18 часов, самостоятельная работа – 72 часа.

Форма промежуточной аттестации по дисциплине: зачет в 4 семестре.

	Раздел дисциплины	Семестр	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа
1.	Эксперимент как предмет исследования. Основные понятия и структура эксперимента. Тема 1. Инженерный эксперимент как составная часть моделирования физических, химических и технических систем и объектов Тема 2. Экспериментальная модель. Классификация экспериментально решаемых задач.	4	2	2		8
2.	Ошибки и неопределенность эксперимента Тема 3. Основные сведения об измерениях Тема 4. Виды и природа экспериментальных ошибок и неопределенностей Тема 5. Ошибка и неопределенность эксперимента в целом	4	2	2		8
3.	Планирование и оптимизация эксперимента Тема 6. Особенности проведения активного эксперимента. Рандомизация. Тема 7. Основные методы планирования многофакторного эксперимента. Полный факторный эксперимент. Тема 8. Дробный факторный эксперимент. Тема 9. Оптимизация эксперимента методом крутого восхождения по поверхности отклика и в случае нескольких критериев (откликов). Тема 10. Формальные методы отбора факторов. Тема 11. Другие методы планирования активного, в т.ч. промышленного эксперимента	4	6	6		20
4.	Обработка и анализ результатов эксперимента Тема 12. Первичный анализ результатов эксперимента. Тема 13. Основные выборочные распределения и их характеристики. Тема 14. Задачи проверки статистических гипотез при обработке результатов измерений (испытаний). Тема 15. Дисперсионный анализ экспериментальных данных. Тема 16. Корреляционный анализ. Тема 17. Регрессионный анализ результатов эксперимента.	4	8	8		36

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Инженерный эксперимент как составная часть моделирования физических, химических и технических систем и объектов.

1. Значение эксперимента в исследовательской работе. Роль системного подхода.
2. Основные понятия и определения.
3. Цель, задачи и этапы исследования.
4. Пассивный и активный эксперимент.
5. План и типичная схема экспериментального исследования.
6. Независимые и зависимые переменные.
7. Управляемые и неуправляемые факторы.
8. Эвристическое моделирование; экспертные оценки.

Тема 2. Экспериментальная модель. Классификация экспериментально решаемых задач.

1. Понятие о кибернетическом подходе (модель «черного ящика»).
2. Область определения и уровни управляемых факторов.
3. Факторное пространство и поверхность (функция) отклика.
4. Виды эмпирических (экспериментальных) моделей процесса, объекта и их особенности.
5. Линейные и квадратичные эффекты, эффекты взаимодействия полиномиальной эмпирической модели.
6. Классификация экспериментально решаемых задач.
7. Понятие о вычислительном эксперименте.

Тема 3. Основные сведения об измерениях

1. Понятие измерения. Уравнение измерения.
2. Прямые, косвенные и совместные измерения.
3. Кратность измерений. Параллельные измерения
4. Классификация измерений по точности результатов. Абсолютные и относительные измерения.
5. Влияние измерительного прибора на объект (процесс) исследования. Проблема «границы раздела».

Тема 4. Виды и природа экспериментальных ошибок и неопределенностей.

1. Понятие ошибки измерения. Виды ошибок (грубые, систематические, случайные).
2. Причины и источники ошибок. Неопределенность результатов измерения.
3. Характеристики случайных ошибок. Понятие выборки. Закон и плотность распределения случайных величин (ошибок).
4. Функция распределения вероятностей. Характеристики генеральной совокупности.
5. Математическое ожидание, дисперсия и стандартное отклонение. Понятие о нормальном распределении.

Тема 5. Ошибка и неопределенность эксперимента в целом.

1. Особенности косвенных измерений. Влияние измерения первичных величин совокупностью приборов на результирующую величину.
2. Показатели точности функций измеряемых величин (разброс при косвенных измерениях).
3. Линеаризация ошибки измерения для нескольких независимых переменных. Общая формула ошибки для произвольной экспериментальной функции (закон сложения ошибок, дисперсий).
4. Практическое использование закона сложения ошибок. Соотношения для среднеквадратических ошибок (дисперсий) основных (типичных) видов экспериментальных зависимостей.
5. Интервал неопределенности (доверительный интервал). Оценка результирующей ошибки и допустимой ошибки для применяемых приборов. Коэффициент вариации.

Тема 6. Особенности проведения активного эксперимента. Рандомизация.

1. Понятие о планировании и целях активного эксперимента. Особенности статистических методов планирования.
2. Объем испытаний. Параллельные опыты. Выборочные оценки рассеивания результатов повторных измерений. Дисперсия воспроизводимости.
3. Формула для необходимого числа параллельных опытов и следствия из нее при проведении большой (малой) серии опытов.
4. Интервалы изменения переменных (факторов) и критерии выбора экспериментальных точек.
5. Понятие воспроизводимого и невоспроизводимого эксперимента. Последовательный план эксперимента и случаи его применения.
6. Причины, обуславливающие применение рандомизации плана эксперимента. Внешние переменные.
7. Рандомизированные блоки опытов. Понятие сбалансированного эксперимента. Латинский квадрат. Факторные эксперименты.
8. Греко-латинские квадраты. Их порядок и применение в случае качественных, дискретных факторов.
9. Традиционное планирование эксперимента. Процедура покоординатного спуска (метод Гаусса-Зайделя) при поиске экстремума на поверхности отклика.

Тема 7. Основные методы планирования многофакторного эксперимента. Полный факторный эксперимент.

1. Недостатки традиционных планов эксперимента. Суть и достоинства статистических методов планирования (активный эксперимент). Оптимизация (минимизация) числа опытов.
2. Полный факторный эксперимент (ПФЭ). Планы первого порядка (линейная модель).
3. Кодирование факторов. Интервал варьирования. Центр плана. Полиномиальная модель эксперимента.
4. Матрица планирования (рабочая матрица), ее свойства и построение для ПФЭ типа 2к
5. План-матрицы ПФЭ типа 22 и 23. Расчет коэффициентов (эффектов) в уравнении регрессии (модели).
6. Расположение экспериментальных точек в факторном пространстве для ПФЭ рассмотренного типа.
7. Число степеней свободы для статистических оценок. Расширенный и насыщенный планы эксперимента. Оценка адекватности эмпирической модели.

Тема 8. Дробный факторный эксперимент

1. Дальнейшее сокращение числа опытов в многофакторном эксперименте. Увеличение числа линейных эффектов с помощью дробных реплик.
2. Дробный факторный эксперимент (ДФЭ) типа 2к-г. План-матрица ДФЭ.
3. Смешанные оценки (совместных эффектов) для генеральных коэффициентов модели.
4. Условия смешивания эффектов в матрице ДФЭ. Генерирующее соотношение. Определяющий контраст. Несмешанные оценки.
5. Дробность и разрешающая способность реплик. Насыщенный линейный ортогональный план. Достоинства (свойства) оптимальных двухуровневых планов 2к и 2к-г

Тема 9. Оптимизация эксперимента методом крутого восхождения по поверхности отклика и в случае нескольких критериев (откликов).

1. Поиск оптимальных условий градиентными методами. Метод Бокса-Уилсона (крутого восхождения).
2. Схема последовательного движения в направлении градиента. Выбор интервалов варьирования факторов и шагов при движении по градиенту.

3. Сравнительный анализ оптимизации методами Гаусса-Зейделя и крутого восхождения в случае двух факторов.
4. План и пример эксперимента при использовании метода Бокса-Уилсона. «Мысленные опыты».
5. Многокритериальная оптимизация факторного эксперимента. Обобщенная функция желательности (полезности).
6. Безразмерная шкала желательности, частные функции желательности. Спецификация критерия качества (желательности) и ее разновидности.
7. Интерпретация количественных и качественных (лингвистических) оценок для шкалы желательности.
8. Экспоненциальная форма преобразования частного критерия (свойства) в частную функцию желательности. Выбор коэффициентов преобразования.
9. Обобщенный показатель желательности (Харингтона) и его применение при оптимизации процессов и материалов.

Тема 10. Формальные методы отбора факторов.

1. Необходимость оценки относительной степени влияния (важности) отдельных факторов и экономичность экспериментальной работы.
2. Методы отсеивающего активного эксперимента. Ранжирование факторов.
3. Метод случайного баланса. Сверхнасыщенное планирование. Ранжировочный ряд экспоненциального типа.
4. Шумовое поле. Значимые эффекты. Расщепление исходной эмпирической модели. Диаграмма ранжирования.
5. Использование случайного механизма при распределении уровней по столбцам план-матрицы для исключения «ложных» эффектов.
6. Методы ранговой корреляции – разновидность методов экспертных оценок для отсеивания несущественных факторов.
7. Анкеты экспертов для ранжирования факторов.
8. Матрица рангов. Обработка результатов ранжирования.
9. Оценка согласованности мнений экспертов. Коэффициент конкордации.
10. Оценка значимости коэффициента конкордации (согласованности). Средняя априорная диаграмма рангов и принятие решения об отсеивании факторов.

Тема 11. Другие методы планирования активного, в том числе промышленного эксперимента.

1. Планы второго порядка. Использование ортогональных двухуровневых планов в качестве ядра.
2. Композиционные планы второго порядка. Звездные точки. Плечо плана.
3. Построение ортогонального композиционного плана второго порядка.
4. Симплекс-решетчатое планирование эксперимента при оптимизации многокомпонентной смеси.
5. Правильные симплексы различной мерности. Симплексная решетка. Необходимое число опытов для выбранной экспериментальной модели.
6. Построение диаграммы «состав-свойство». Концентрационный треугольник Гиббса и пользование им при исследовании композиций (составов).
7. Отыскание области оптимума в промышленном эксперименте. Последовательное симплекс-планирование. Принцип построения плана («кантование» симплекса).
8. Метод эволюционного планирования (EVOP) для поиска дрейфующего оптимума в условиях непрерывного производства. Особенности процедуры и достоинства EVOP для оптимизации и управления производственными процессами.

Тема 12. Первичный анализ результатов эксперимента.

1. Упорядочение и группировка данных.
2. Использование таблиц, гистограмм, графиков и техника их построения.
3. Применение и возможности диаграмм различного типа (столбиковая, ленточная, секторная).
4. Выбор правильного масштаба шкал. Координатные сетки. Градуировка и цена деления шкалы. Номограммы.
5. Специальные графические методы для проверки теоретических представлений и функциональные шкалы.
6. Графическое сглаживание экспериментальных данных и решение эмпирических уравнений.

Тема 13. Основные выборочные распределения и их характеристики.

1. Определение числовых характеристик распределения случайной (измеренной) величины.
2. Нормальное распределение (Гаусса). Кривая Гаусса. Нормированная случайная величина и функция нормального распределения. Функция Лапласа.
3. Квантили нормированного нормального распределения.
4. Другие выборочные распределения: Стьюдента (t -распределение), Пирсона (χ^2 – распределение), Фишера (F – распределение).
5. Доверительная вероятность и доверительные границы для среднего. Уровень значимости.
6. t – критерий для доверительных границ малой выборки.

Тема 14. Задачи и критерии проверки статистических гипотез при обработке результатов измерений (испытаний).

1. Нулевая и альтернативная гипотезы.
2. Ошибки первого и второго рода. Мощность критерия.
3. Применение критериев значимости.
4. Критерий согласия Пирсона (χ^2 – критерий).
5. Критерий равенства двух выборочных дисперсий воспроизводимости (F -критерий).
6. Критерий равенства двух средних значений (t – критерий Стьюдента).
7. Критерий однородности ряда дисперсий (критерий Кохрана, критерий Бартлета).

Тема 15. Дисперсионный анализ экспериментальных данных.

1. Задача дисперсионного анализа.
2. Дисперсионное отношение (показатель достоверности). Однофакторный дисперсионный анализ.
3. Критерий равенства (однородности) ряда средних значений.
4. Понятие многофакторного дисперсионного анализа.

Тема 16. Корреляционный анализ.

1. Корреляционная таблица (решетка). Поле корреляции (диаграмма рассеивания) случайной величины.
2. Корреляционная связь. Эмпирическая линия регрессии.
3. Ковариация. Сила (теснота) стохастической связи. Коэффициент парной корреляции; его расчет при большом и ограниченном числе опытов.
4. Проверка независимости и силы линейной связи коррелированных величин.
5. Линейная множественная корреляция и регрессия.
6. Частные и множественные коэффициенты корреляции.

Тема 17. Регрессионный анализ результатов эксперимента.

1. Представление результатов эксперимента с помощью математических моделей (уравнений регрессии).
2. Метод наименьших квадратов. Невязка. Система нормальных уравнений.

3. Одномерная линейная регрессия. Расчет коэффициента регрессии. Преобразование зависимостей к линейному виду.
4. Основные предпосылки регрессионного анализа.
5. Остаточная дисперсия (дисперсия адекватности) как мера сравнения эмпирических моделей.
6. Проверка адекватности линейной эмпирической модели при разном числе параллельных измерений.
7. Оценка значимости коэффициентов регрессии.
8. Доверительный интервал (коридор ошибок) для линии регрессии.
9. Оформление результатов экспериментального исследования. Написание отчетов и статей.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

На лекциях: занятия проводятся в интерактивной форме (презентация Microsoft PowerPoint, видеоролики)

Практические занятия проводятся в диалоговом режиме, устраиваются дискуссии, разбор конкретных ситуаций, проводится сдача коллоквиумов, результаты обобщения литературных данных докладываются на семинарах, интерактивных конференциях и вебинарах различного уровня, проводятся мастер-классы экспертов и специалистов.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Вопросы к практическим занятиям

Тема 1. Инженерный эксперимент как составная часть моделирования физических, химических и технических систем и объектов

Тема 2. Экспериментальная модель. Классификация экспериментально решаемых задач.

Тема 3. Основные сведения об измерениях

Тема 4. Виды и природа экспериментальных ошибок и неопределенностей

Тема 5. Ошибка и неопределенность эксперимента в целом

Тема 6. Особенности проведения активного эксперимента. Рандомизация.

Тема 7. Основные методы планирования многофакторного эксперимента. Полный факторный эксперимент.

Тема 8. Дробный факторный эксперимент.

Тема 9. Оптимизация эксперимента методом крутого восхождения по поверхности отклика и в случае нескольких критериев (откликов).

Тема 10. Формальные методы отбора факторов.

Тема 11. Другие методы планирования активного, в т.ч. промышленного эксперимента.

Тема 12. Первичный анализ результатов эксперимента.

Тема 13. Основные выборочные распределения и их характеристики.

Тема 14. Задачи проверки статистических гипотез при обработке результатов измерений (испытаний).

Тема 15. Дисперсионный анализ экспериментальных данных.

Тема 16. Корреляционный анализ.

Тема 17. Регрессионный анализ результатов эксперимента.

Самостоятельная работа аспиранта (СРА): Работа аспирантов с лекционным материалом, поиск и анализ материалов из литературных и электронных источников информации по заданной теме, перевод материалов из тематических информационных ресурсов с иностранных языков, изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку, изучение методических указаний и подготовка к выполнению лабораторных работ на основе электронных ресурсов БД

Scopus, Thomson Reuters, Web of Knowledge, Web of Science, и ResearcherID, EndNote Web, Scifinder, ресурсов ВАК, изданий ВАК, работа с литературой включает изучение электронных источников, монографий, научных статей, учебных пособий, методических указаний.

По результатам осуществления СРА применяются следующие виды контроля:

- текущий контроль (в т. ч. опросы во время семинарских, лабораторных занятий, коллоквиумов, проведение контрольных работ, прием),
- включение вопросов, выносимых на СРА в зачетные билеты,

7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

7.1. Регламент дисциплины

Дисциплина относится к блоку дисциплин по выбору. Сроки проведения занятий и промежуточной аттестации определяются учебным планом и утвержденным расписанием. В течение семестровых занятий при самостоятельной подготовке и в ходе участия в семинарских занятиях аспиранты могут набрать максимально 50 баллов.

Итоговая форма контроля – зачет (50 баллов).

7.2. Оценочные средства текущего контроля

Проводятся лекции разного типа:

Вводная лекция – дает первое целостное представление об учебном предмете и ориентирует обучающегося в системе работы по данному курсу. Лектор знакомит обучающихся с назначением и задачами курса, его ролью и местом в системе учебных дисциплин и в системе подготовки специалиста. Дается краткий обзор курса, вехи развития науки и практики, достижения в этой сфере, имена известных ученых, излагаются перспективные направления исследований. На этой лекции высказываются методические и организационные особенности работы в рамках курса, а также дается анализ учебно-методической литературы, рекомендуемой аспирантам, уточняются сроки и формы отчетности.

Лекция-информация. Ориентирована на изложение и объяснение аспирантам научной информации, подлежащей осмыслению и запоминанию.

Обзорная лекция – это систематизация научных знаний на высоком уровне, допускающая большое число ассоциативных связей в процессе осмысления информации, излагаемой при раскрытии внутрисубъектной и межпредметной связи, исключая детализацию и конкретизацию. Как правило, стержень излагаемых теоретических положений составляет научно-понятийная и концептуальная основа всего курса или крупных его разделов.

Проблемная лекция. На этой лекции новое знание вводится через проблемность вопроса, задачи или ситуации. При этом процесс познания аспирантов в сотрудничестве и диалоге с преподавателем приближается к исследовательской деятельности. Содержание проблемы раскрывается путем организации поиска ее решения или суммирования и анализа традиционных и современных точек зрения.

Лекция-визуализация представляет собой визуальную форму подачи лекционного материала средствами ТСО или аудиовидеотехники (видео-лекция). Чтение такой лекции сводится к развернутому или краткому комментированию просматриваемых визуальных материалов (натуральных объектов – реактивов, деталей машин; изображений установок, рисунков, фотографий, слайдов; символических, в виде схем, таблиц, графов, графиков, моделей).

Бинарная лекция – это разновидность чтения лекции в форме диалога двух преподавателей (либо как представителей двух научных школ, либо как ученого и практика, преподавателя и студента).

Лекция с заранее запланированными ошибками рассчитана на стимулирование аспирантов к постоянному контролю предлагаемой информации (поиск ошибки: содержательной, методологической, методической, орфографической). В конце лекции проводится диагностика слушателей и разбор сделанных ошибок.

Лекция-конференция проводится как научно-практическое занятие, с заранее поставленной проблемой и системой докладов, длительностью 5-10 минут. Каждое выступление представляет собой логически законченный текст, заранее подготовленный в рамках предложенной преподавателем программы. Совокупность представленных текстов позволит всесторонне осветить проблему. В конце лекции преподаватель подводит итоги самостоятельной работы и выступлений аспирантов, дополняя или уточняя предложенную информацию, и формулирует основные выводы.

Лекция-консультация может проходить по разным сценариям. Первый вариант осуществляется по типу «вопросы – ответы». Лектор отвечает в течение лекционного времени на вопросы обучающихся по всем разделу или всему курсу. Второй вариант такой лекции, представляемой по типу «вопросы – ответы – дискуссия», является тройным сочетанием: изложение новой учебной информации лектором, постановка вопросов и организация дискуссии в поиске ответов на поставленные вопросы.

7.3. Вопросы к зачету

Раздел 1 ЭКСПЕРИМЕНТ КАК ПРЕДМЕТ ИССЛЕДОВАНИЯ. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ТЕОРИИ ЭКСПЕРИМЕНТА

- Инженерный эксперимент как составная часть моделирования физических, химических и технологических систем и объектов
- Экспериментальная модель
- Задачи, решаемые экспериментально
- Организационные стороны экспериментальной работы
- Факторы, учитываемые перед началом исследований, связанных с производством

Раздел 2 ОШИБКИ И НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ ЭКСПЕРИМЕНТА

- Некоторые особенности применения исследовательской аппаратуры
- Виды и природа экспериментальных ошибок и неопределенностей
- Ошибка и неопределенность эксперимента в целом
- Повышение компактности эксперимента и анализ размерностей
- Теорема Букингема

Раздел 3 ПЛАНИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

- Особенности проведения активного эксперимента.
- Серия параллельных опытов
- Интервалы (шаги) для переменных
- Порядок (последовательность) проведения эксперимента
- Рандомизация
- Простейшее планирование
- Основные методы планирования многофакторного эксперимента.
- Полный факторный эксперимент
- Дробный факторный эксперимент (дробные реплики)
- Оптимизация эксперимента методом крутого восхождения по поверхности отклика
- Оптимизация эксперимента при нескольких откликах
- Формальные методы отбора факторов
- Планы второго порядка
- Симплекс-решетчатое планирование при оптимизации многокомпонентной смеси
- Поиск оптимума в промышленном эксперименте. Последовательное симплекс- планирование
- Метод эволюционного планирования (EVOP)

Раздел 4 ОБРАБОТКА И АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТА

- Первичный анализ результатов эксперимента

- Основные выборочные распределения и их характеристики
- Нормальное распределение (распределение Гаусса)
- Распределение Стьюдента (t-распределение)
- Распределение Пирсона (χ^2 - распределение)
- Распределение Фишера (F-распределение)
- Доверительная вероятность и доверительные границы
- Задачи и критерии проверки статистических гипотез при обработке результатов измерений (испытаний)
- Применение критериев значимости (согласия).
- χ^2 -критерий (Пирсона)
- Критерий равенства двух средних значений (t-критерий Стьюдента)
- Критерий однородности (равенства) двух дисперсий воспроизводимости (F- критерий Фишера)
- Критерии однородности ряда дисперсий (критерий Кохрана, критерий Бартлета)
- Понятие дисперсионного анализа экспериментальных данных
- Задача дисперсионного анализа
- Однофакторный дисперсионный анализ.
- Критерий равенства (однородности) ряда средних значений
- Понятие многофакторного дисперсионного анализа
- Элементы корреляционного анализа
- Регрессионный анализ результатов эксперимента
- Метод наименьших квадратов и особенности регрессионного анализа
- Дисперсия адекватности (остаточная дисперсия) как мера сравнения эмпирических моделей
- Оценка значимости коэффициентов регрессионного уравнения
- Доверительный интервал (коридор ошибок) для линии регрессии
- Типовые этапы экспериментального исследования

7.4. Таблица соответствия компетенций, критериев оценки их освоения и оценочных средств

Индекс компетенции	Расшифровка компетенции	Показатель формирования компетенции для данной дисциплины	Оценочное средство
УК-1	способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;	Умеет: - формулировать выводы из анализа современных научных достижений в отечественной и зарубежной практике - оценивать научную и прикладную значимость современных процессов нефтегазовой отрасли	Устный опрос
УК-2	способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки;	Способен: - осуществлять комплексные научные исследования, в том числе с учетом знаний в области развития нефтехимического комплекса, с интерпретацией данных, полученных с применением современных методов анализа нефтехимической продукции, в том числе с помощью современных программных пакетов	Расчетно-графическая работа
УК-5	способностью планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития.	Способен: - планировать и решать задачи собственного профессионального развития, в том числе, самостоятельно осваивать современные программные пакеты, призванные для моделирования процессов и проведения экспериментов в нефтегазовой отрасли, а также интерпретации экспериментальных данных	Устный опрос
ОПК-1	способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профес-	Способен: - самостоятельно осуществлять постановку цели и задач исследований, в том числе с учетом анализа полученных	Коллоквиум

	сиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий;	экспериментальных данных - разрабатывать и предлагать план проведения экспериментов с применением современных методов анализа по теме исследований	
ОПК-2	готовность организовать работу исследовательского коллектива в области химии и смежных наук;	Готов: Организовывать работу исследовательской группы (состоящей из студентов магистратуры и бакалавриата) по собственной тематике	Коллоквиум
ПК-7	владение навыками химического эксперимента, основными синтетическими и аналитическими методами получения и исследования нефтяного сырья и нефтепродуктов	Умеет: - проводить химические эксперименты, связанные с получением нефтепродуктов, в том числе методом синтеза новых соединений Владеет: - аналитическими приемами исследования нефтяного сырья и нефтепродуктов, в том числе с применением инструментальных методов анализа	коллоквиум
ПК-8	понимание сущности и социальной значимости профессии, основных перспектив и проблем, определяющих конкретную область деятельности, связанную с актуальными проблемами процессов химической переработки нефтяного сырья	Знаком: - с сущностью и спецификой нефтегазовой отрасли среди других химических наук; - с перспективными направлениями, основными проблемами развития нефтехимической отрасли в отечественной и зарубежной промышленности - с особенностями и спецификой проведения эксперимента в области исследования, переработки нефтепродуктов, синтеза химических соединений и т.д.	Устный опрос

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПРИ ОСВОЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Аспирант должен в течении всего периода обучения читать рекомендованную литературу по дисциплине, изучать интернет-источники и принимать активное участие в лекциях-конференциях, лекциях-консультациях, делать выступления с докладами по обобщенным литературным и/или экспериментальным данным

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

9.1. Основная литература

1. Основы инженерного эксперимента: Учебное пособие / С.И. Лукьянов, А.Н. Панов, А.Е. Васильев. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 99 с. URL: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=431382>
2. Планирование научного эксперимента: Учебник/В.А.Волосухин, А.И.Тищенко, 2-е изд. - М.: ИЦ РИОР, НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 176 с. URL: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=516516>

9.2. Дополнительная литература

1. Интенсификация гидродинамических и тепловых процессов в аппаратах с турбулизаторами потока: Теория, эксперимент, методы расчета: Монография/Светлов Ю.В. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 303 с. URL: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=496152>
2. Бутырин, П. А. Автоматизация физических исследований и эксперимента: компьютерные измерения и виртуальные приборы на основе LabVIEW 7 [Электронный ресурс] / П. А. Бутырин, Т. А. Васьковская, В. В. Каратаев; Под. ред. П. А. Бутырина. - М.: ДМК Пресс, 2009. - 265 с. URL: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=409558>

9.3. Интернет-ресурсы:

1. Учебники по математической статистике – http://www.matburo.ru/st_subject.php?p=ms;
2. Лекции по математической статистике – [http://www.nsu.ru/mmfvims/chernova/ms/.](http://www.nsu.ru/mmfvims/chernova/ms/)
3. American Chemical Society - <http://pubs.acs.org/>
4. Thomson Reuters Newsmaker - <http://thomsonreuters.com/>
5. База данных международной издательской компании Springer - <http://www.springer.com>
6. Библиографическая и реферативная база данных Scopus - <http://www.scopus.com>
7. Литература по нефтегазовой отрасли - <http://petrolibrary.ru/>

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Мультимедийная аудитория.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "Знаниум", доступ к которой предоставлен обучающимся. Электронно-библиотечная система "Знаниум" реализует легальное хранение, распространение и защиту цифрового контента учебно-методической литературы для вузов с условием обязательного соблюдения авторских и смежных прав. Знаниум обеспечивает широкий законный доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям с использованием инновационных технологий и соответствует всем требованиям новых ФГОС ВО.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО (Приказ Минобрнауки РФ от 30.07.2014 № 869) и с учетом рекомендаций по направлению подготовки

Автор(ы): профессор, д.т.н. Мазгаров, А.М.



доцент, к.т.н. Кемалов Р.А.



Рецензент(ы): зав. кафедрой, профессор, д.т.н. Кемалов А.Ф.



Программа одобрена на заседании учебно-методической комиссии Института геологии и нефтегазовых технологий КФУ протокол № «1» от 15 сентября 2015 г.