

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель генерального конструктора по
программно-целевому развитию,
директор научно-образовательного комплекса,
д.т.н., профессор


В.М. Балашов

«»

2021 г.

Утверждена решением НТС
№ 01-03/21 от 27.01.2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА

Укрупненная группа направлений подготовки и специальностей:	09.00.00 Информатика и вычислительная техника
Направление подготовки:	09.06.01 Информатика и вычислительная техника
Направленность:	Системный анализ, управление и обработка информации
Уровень высшего образования:	Подготовка научно-педагогических кадров высшей квалификации в аспирантуре
Квалификация:	Исследователь. Преподаватель-исследователь
Форма обучения:	Очная

СПб, 2021 г.

Аннотация

Дисциплина «Планирование эксперимента» является обязательной дисциплиной вариативной части Блока 1 программы подготовки аспирантов по направлению 09.06.01 - Информатика и вычислительная техника. Дисциплина реализуется центром подготовки кадров высшей квалификации - аспирантурой АО «Научно-производственное предприятие «Радар ммс».

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций аспиранта:

общефессиональных:

- *владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности (ОПК-1);*

- *способность объективно оценивать результаты исследований и разработок, выполненных другими специалистами и в других научных учреждениях (ОПК-5).*

профессиональных:

- *умение определять актуальность, самостоятельно ставить задачу исследования отраслевых проблем, имеющих значение в области создания перспективных систем управления, грамотно планировать эксперимент и осуществлять его на практике (ПК-3).*

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с формированием знаний в области проведения измерительного эксперимента и сопровождающих процессов подготовки, определение одномерных и многомерных экспериментальных зависимостей.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: *лекции, практические работы, самостоятельная работа аспиранта.*

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости в форме приема отчетов по практическим работам и промежуточный контроль в форме зачета.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов. Программой дисциплины предусмотрены 36 лекционных часов, 36 часов практических занятий, 36 часов самостоятельной работы аспиранта.

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

1.1 Цели и задачи освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является ознакомление аспирантов с принципами и методами измерительного эксперимента, обобщенная схема проведения эксперимента и сопровождающие информационные процессы подготовки, факторное пространство, проведение и обработка результатов эксперимента, оценка влияния факторов на объекты исследования, определение одномерных и многомерных экспериментальных зависимостей.

Для достижения поставленной цели выделяются следующие задачи дисциплины:

- знакомство с основными положениями теории планирования эксперимента;
- изучение теории принятия статистических решений в измерительном эксперименте;
- изучение методов дисперсионного анализа;
- изучение методов регрессионного анализа;
- освоение методов построения планов первого и второго порядка;
- изучение методов экстремальных экспериментов.

1.2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ООП

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

Знать: современные методы планирования эксперимента и статистических методов анализа результатов измерений экспериментов, знание принципов и методов планирования измерительного эксперимента в задачах: оценки влияния факторов на объекты исследования, определения одномерных и многомерных экспериментальных зависимостей, отыскания экстремальных условий функционирования исследуемых объектов.

Уметь: применять основные методы математической обработки результатов измерительных экспериментов, правильно планировать измерительный эксперимент в соответствии с заданными целями и установленными критериями, применять методы теории статистических решений, дисперсионного и регрессионного анализа, теории планирования эксперимента, функционального анализа.

Владеть: навыками статистических методов анализа результатов измерений в научных исследованиях и научно-производственных испытаниях для анализа полученных результатов оценки адекватности принятых решений, точности полученных результатов и эффективности эксперимента.

Результат обучения: по окончании изучения дисциплины аспирант должен уметь проводить классификацию экспериментов, выбирать необходимые факторы и составлять факторные планы экспериментов различного вида, строить системы базисных функций, выполнять оптимальное планирование экспериментов с использованием различных критериев.

В процессе освоения дисциплины у аспирантов развиваются следующие компетенции:

общефессиональные:

- владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности (ОПК-1);

- способность объективно оценивать результаты исследований и разработок, выполненных другими специалистами и в других научных учреждениях (ОПК-5).

профессиональные:

- умение определять актуальность, самостоятельно ставить задачу исследования отраслевых проблем, имеющих значение в области создания перспективных систем управления, грамотно планировать эксперимент и осуществлять его на практике (ПК-3).

В результате освоения дисциплины аспирант осваивает следующие профессиональные компетенции (Таблица 1).

Таблица 1. Профессиональные компетенции, приобретаемые при изучении дисциплины

Компетенция	Код	Основные признаки освоения (показатели достижения результата)	Формы и методы обучения, способствующие формированию и развитию компетенции
Умение определять актуальность, самостоятельно ставить задачу исследования отраслевых проблем, имеющих значение в области создания перспективных систем управления, грамотно планировать эксперимент и осуществлять его на практике	ПК-3	Знает методы планирования и проведения эксперимента. Знает основные факторы эксперимента и умеет строить факторные планы. Умеет выбирать методы и разрабатывать алгоритмы решения задач управления в информационных системах. Умеет обрабатывать результаты эксперимента и выявлять эмпирические зависимости для экспериментальных данных	Лекции, практические работы, самостоятельная работа

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Планирование эксперимента» является обязательной дисциплиной вариативной части Блока 1 программы подготовки аспирантов по направлению 09.06.01 - Информатика и вычислительная техника, направленность - Системный анализ, управление и обработка информации.

Для её успешного усвоения необходимы знания базовых понятий математического анализа, линейной алгебры и аналитической геометрии, дискретной математики, математической логики, информатики, программирования, вычислительной математики, теории вероятностей, математической статистики, теории оптимизации.

Компетенции, полученные при изучении материала данной дисциплины, направлены для использования при разработке и применении методов дисперсионного и регрессионного анализа, планировании экстремальных экспериментов и планов 1-го и 2-го порядка и умения применять полученные знания для решения практических задач из области планирования эксперимента.

3. Объем дисциплины

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этих трудоемкостей по семестрам) представлены в **Таблице 2**.

Таблица 2 Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Направление 09.06.01, форма обучения - очная	
	Всего	Трудоемкость по семестрам 4 семестр
Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/(час)	3/108	3/108
<i>Аудиторные занятия, всего час.</i>	<i>72</i>	
в том числе:		
Лекции (Л), (час)	36	36
Практические работы (ПР), (час)	36	36
<i>Самостоятельная работа, всего (час)</i>	<i>36</i>	<i>36</i>
Вид итогового контроля: зачет		зачет

4. Содержание дисциплины

4.1 Содержание разделов дисциплины

1. Основные положения теории планирования эксперимента. Основные понятия и определения. Объекты и задачи исследования. Эксперимент, опыт, план. Планирование эксперимента. Обобщенная схема проведения эксперимента и сопровождающие информационные процессы подготовки, проведения и обработки результатов эксперимента. Факторное пространство. Поверхность отклика. Выходные показатели. Сущность математических аппарата, применяемого в теории планирования эксперимента, такого как теория вероятностей и математическая статистика, теория случайных функций, теория принятия статистических решений, дисперсионный анализ, регрессионный анализ и др., необходимого для решения задач планирования и оценки результатов экспериментов. Общие сведения о планировании эксперимента. Основные принципы планирования эксперимента. Пассивный и активный эксперименты. Точки плана, спектр плана. Свойства планов. Критерии качества/оптимальности проводимых измерительных экспериментов.

2. Теория принятия статистических решений в измерительном эксперименте. Основы теории принятия статистических решений, постановка задачи, обобщенный алгоритм решения задач. Функция правдоподобия, метод максимального правдоподобия в задачах оценивания параметров. Функции потерь, условный риск, средний риск. Критерии принятия статистических решений: Байесовский, минимаксный, максимума апостериорной вероятности, максимального правдоподобия; критерий Неймана-Пирсона. Двухальтернативные задачи принятия статистических решений. Многоальтернативные задачи принятия

статистических решений (На примере трехальтернативной задачи). Оценка условных вероятностей погрешностей I и II рода при принятии статистических решений. Байесовский подход в теории оценивания непрерывных и случайных параметров. Решение задач для квадратичной, равномерной и пороговой функций потерь. Последовательный анализ Вальда. Общий подход при решении статистических задач.

3. Дисперсионный анализ. Постановка задачи при оценивании влияния различных факторов на результатов измерений. Обобщенный алгоритм решения задач. Однофакторный, двухфакторный, многофакторный дисперсионный анализ; случаи зависимых и независимых факторов; алгоритмы решения и статистический анализ результатов. Планирование факторных экспериментов. Латинские и греко-латинские квадраты. Рандомизация планов.

4. Регрессионный анализ. Постановка задачи. Анализ результатов измерений с позиции выявления функциональных зависимостей. Обобщенный алгоритм регрессионного анализа в задачах построения однофакторных моделей. Оценка адекватности регрессионных моделей результатам измерений. Оценка значимости составляющих в общей структуре модели. Оценка точности получаемых регрессионных моделей. Регрессионные модели, линейные относительно параметров. Нелинейные регрессионные модели, приводимые к линейным (внутренне линейные модели). Нелинейные регрессионные модели, не приводимые к линейным (внутренне нелинейные модели); метод линеаризации, метод наискорейшего спуска, компромиссный метод Маркуарда.

5. Планы первого порядка. Планирование измерительного эксперимента при построении линейных многофакторных моделей. Назначение и особенности планов первого порядка. Критерии оптимальности планов. Нормализация и ортогонализация факторного пространства. Полный факторный эксперимент (ПФЭ) типа 2^n . Однофакторный (классический эксперимент). Дробный факторный эксперимент типа 2^{n-p} . Симплекс-планы. Процедуры реализации планов, анализ результатов, оценка точности полученных моделей. Сравнительный анализ планов.

6. Планы второго порядка. Планирование измерительного эксперимента при построении нелинейных многофакторных моделей. Назначение и особенности планов второго порядка. Критерии оптимальности планов. Нормализация и ортогонализация факторного пространства. Симметричные и несимметричные планы второго порядка. Полный факторный эксперимент (ПФЭ) типа 3^n . Центральный композиционный эксперимент второго порядка. Процедуры реализации планов, анализ результатов, оценка точности полученных моделей. Сравнительный анализ планов.

7. Планирование экстремальных экспериментов. Постановка задачи. Основы классификации. Особенности одномерных и многомерных классов экспериментов. Одномерные методы поиска экстремумов функции отклика; метод дихотомии, метод поиска Фибоначчи, метод золотого сечения, шаговые методы поиска. Градиентные методы поиска экстремумов многомерной (многофакторной) поверхности отклика; градиентный метод, метод крутого восхождения по отклику. Неградиентные методы поиска экстремумов многомерной (многофакторной) поверхности отклика; метод Гаусса-Зайделя, метод случайного поиска, симплексный метод.

4.2 Структура дисциплины по разделам и формам организации обучения приведена в Таблице 3.

Таблица 3. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий

Название раздела/темы	Аудиторная работа (час)		СРА (час)	Итого
	Лекции	Практические занятия		
1. Основные положения теории планирования эксперимента	6	0	4	8
2. Теория принятия статистических решений в измерительном эксперименте.	4	4	6	14
3. Дисперсионный анализ	6	4	4	14
4. Регрессионный анализ	6	8	4	16
5. Планы первого порядка	6	8	6	20
6. Планы второго порядка	4	6	6	18
7. Планирование экстремальных экспериментов	4	6	6	16
Итого	36	36	36	108

4.3 Лабораторных работ не предусмотрено.

4.4 Практические занятия.

Тематика практических занятий и их трудоемкость приведены в Таблице 4.

Таблица 4. Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	Номер раздела дисциплины
1.	Двухальтернативные и трехальтернативные задачи принятия статистических решений	4	2. Теория принятия статистических решений в измерительном эксперименте
2.	Оценка влияния внешних факторов на объекты исследования на основе дисперсионного анализа	4	3. Дисперсионный анализ

3.	Определение линейных регрессионных моделей исследуемых объектов.	4	4. Регрессионный анализ
4.	Определение нелинейных регрессионных моделей исследуемых объектов.	4	4. Регрессионный анализ
5.	Построение полных факторных экспериментов и анализ полученных результатов (теоретическое исследование поверхностей отклика)	4	5. Планы первого порядка
6.	Построение дробных факторных экспериментов, симплекс-планов и анализ полученных результатов (теоретическое исследование поверхностей отклика). Сравнительный анализ многомерных планов первого порядка.	4	5. Планы первого порядка
7.	Построение ПФЭ второго порядка, центрального композиционного плана и анализ полученных результатов (теоретическое исследование поверхностей отклика)	6	6. Планы второго порядка
8.	Определение экстремальных значений поверхности отклика на основе метода дихотомии, метода Фибоначчи и метода линеаризации.	6	7. Планирование экстремальных экспериментов
	Итого:	36	

4.5 Курсовое проектирование не предусмотрено.

4.6 Самостоятельная работа аспирантов.

Тематика и трудоемкость самостоятельной работы аспирантов представлены в **Таблице 5.**

Таблица 5. Самостоятельная работа аспирантов

Вид самостоятельной работы	Всего (час)	Семестр 4 (час)
Изучение теоретического материала дисциплины	20	8
Подготовка к текущему контролю	8	4
Отчеты по практическим работам	8	2

Содержание самостоятельной работы студентов по дисциплине:

- Сущность математических аппарата, применяемого в теории планирования эксперимента, такого как теория вероятностей и математическая статистика, теория случайных функций, теория принятия статистических решений, дисперсионный анализ, регрессионный анализ и др., необходимого для решения задач планирования и оценки результатов экспериментов;

- Оценка условных вероятностей погрешностей I и II рода при принятии статистических решений;

- Байесовский подход в теории оценивания непрерывных и случайных параметров;
- Решение задач для квадратичной, равномерной и пороговой функций потерь;
- Последовательный анализ Вальда;

- Планирование факторных экспериментов;
- Латинские и греко-латинские квадраты;
- Нелинейные регрессионные модели, не приводимые к линейным (внутренне нелинейные модели);
- Компромиссный метод Маркуарда;
- Симплекс-планы;
- Процедуры реализации планов, анализ результатов, оценка точности полученных моделей;
- Центральный композиционный эксперимент второго порядка;
- Негradientные методы поиска экстремумов многомерной (многофакторной) поверхности отклика;
- Метод Гаусса-Зайделя;
- Метод случайного поиска, симплексный метод.

5. Фонд оценочных средств для проведения аттестации обучающихся по дисциплине

В зависимости от видов промежуточной аттестации при изучении дисциплины предусматриваются следующие перечни оценочных средств, приведенных в **Таблице 6**:

Таблица 6 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Вид промежуточной аттестации	Перечень оценочных средств
зачет	Список вопросов. Практические работы Отчеты по практическим работам

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Метод максимального правдоподобия в задачах оценивания параметров.
2. Основы теории принятия статистических решений. Постановка задачи. Обобщенный алгоритм решения задач.
3. Критерии принятия статистических решений: Байесовский, минимаксный, максимума апостериорной вероятности, максимального правдоподобия.
4. Двухальтернативные задачи принятия статистических решений.
5. Многоальтернативные задачи принятия статистических решений (На примере трехальтернативной задачи).
6. Байесовский подход в теории оценивания непрерывных и случайных параметров.

7. Решение задач для квадратичной, равномерной и пороговой функций потерь.
8. Дисперсионный анализ. Постановка задачи при оценивании результатов измерений. Обобщенный алгоритм решения задач.
9. Однофакторный дисперсионный анализ.
10. Двухфакторный дисперсионный анализ.
11. Многофакторный дисперсионный анализ.
12. Латинские и греко-латинские квадраты.
13. Регрессионный анализ. Постановка задачи. Анализ результатов измерений с позиции выявления функциональных зависимостей.
14. Общий алгоритм регрессионного анализа в задачах построения однофакторных моделей.
15. Оценка адекватности регрессионных моделей результатам измерений.
16. Оценка значимости составляющих в общей структуре модели.
17. Оценка точности получаемых регрессионных моделей.
18. Регрессионные модели, линейные относительно параметров.
19. Нелинейные регрессионные модели, приводимые к линейным (внутренне линейные модели).
20. Нелинейные регрессионные модели, не приводимые к линейным (внутренне нелинейные модели). Метод линеаризации.
21. Планирование измерительного эксперимента при построении линейных многофакторных моделей.
22. Полный факторный эксперимент (ПФЭ) 2^n .
23. Однофакторный (классический эксперимент).
24. Дробный факторный эксперимент 2^{n-p} .
25. Симплекс-планы.
26. Полный факторный эксперимент (ПФЭ) 3^n .
27. Центральный композиционный эксперимент второго порядка.

6. Перечень основной и дополнительной литературы

Основная литература (локальная сеть Предприятия)

1. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: Наука, 1976. – 280 с.
2. Гудкин О.П. Современный эксперимент: подготовка, проведение, анализ результатов. М.: Радио и связь, 1997.
3. Хикс Ч. Основные принципы планирования эксперимента. Пер. с англ. М.: Мир. 1967, – 406

с.

4. Шенк Х. Теория инженерного эксперимента. Пер. с англ. Е.Г. Коваленко под ред. Н.П. Бусенко. М.: Мир, 1972. – 382 с.
5. Н.И. Сидняев. Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных. М.: Юрайт. 2015, 496.

Дополнительная литература (локальная сеть Предприятия)

1. В.И. Асатурян. Теория планирования эксперимента. М.: Радио и связь, 1983, – 248 с.
 2. Налимов В.В., Чернова Н.А. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. М.: Наука, 1965.
 3. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники. Книга вторая. – М.: Советское радио, 1975.
 4. Пустыльник Е.И. Статистические методы анализа и обработки наблюдений. – М.: Наука, 1968.
 5. Блинова Е.И. Планирование и организация эксперимента. Минск: Изд-во БГТУ, 2010
- Шашков В.Б. Прикладной регрессионный анализ. Многофакторная регрессия. Оренбург: Изд-во ГОУ ВПО ОГУ, 2003.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети ИНТЕРНЕТ, необходимых для освоения дисциплины

1. ГОСТ 24026-80 - Исследовательские испытания. Планирование эксперимента. Термины и определения <http://gostinform.ru/gosty/gost-24026-80.shtml>.

8. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

- 1) Предметная аудитория, оснащена мультимедийным проектором и экраном, ПК преподавателя - 1 шт.
- 2) Персональные компьютеры (15 шт.), локальная сеть, компьютер с выходом в Интернет - 1 шт.
- 3) Microsoft Windows (№ СТР - 20/01/10 от 20.01.2010)
- 4) Microsoft Office (№ СТР 20/01/10 от 20.01.2010)
- 5) Microsoft Visio (№ СТР 20/01/10 от 20.01.2010)