

Федеральное агентство по образованию  
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ГОУВПО «АмГУ»

УТВЕРЖДАЮ  
Зав. кафедрой энергетики  
\_\_\_\_\_ Н.В.Савина  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2007 г.

Основы научных исследований  
УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ  
для специальностей:

140203	«Релейная защита и автоматизация энергетических систем»;
140204	«Электрические станции»;
140205	«Электроэнергетические системы и сети»;
140211	«Электроснабжение»;
140101	«Тепловые электрические станции»;

Составитель: доц. Л.А. Гурина

Благовещенск

2007 г.

Печатается по решению  
редакционно-издательского совета  
энергетического факультета  
Амурского государственного университета

Л.А. Гурина

Учебно-методический комплекс по дисциплине «Основы научных исследований» для студентов очной и заочной форм обучения специальностей 140203 – «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем», 140204 – «Электрические станции», 140205 – «Электроэнергетические системы и сети», 140211 – «Электроснабжение», 140101 – «Тепловые электрические станции». – Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2007.

Учебно-методический комплекс ориентирован на оказание помощи студентам очной и заочной форм обучения по специальностям 140203 – «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем», 140204 – «Электрические станции», 140205 – «Электроэнергетические системы и сети», 140211 – «Электроснабжение» для изучения современной методологии моделирования физических и технических объектов, организации научного эксперимента, алгоритмов научного исследования, а также для формирования навыков работы с технической и научной литературой.

### *Аннотация*

Настоящий УМКД предназначен в помощь студентам всех форм обучения электроэнергетических специальностей при изучении дисциплины «Основы научных исследований».

При его написании учитывались рекомендации из положения «Об учебно-методическом комплексе дисциплины». УМКД разрабатывался на основе утвержденных в установленном порядке Государственного образовательного стандарта, типовых учебных планов и рабочей программы дисциплины, а также нормативных документов Министерства образования и науки Российской Федерации по вопросам организации учебно-воспитательного процесса.

Данная дисциплина введена в учебный план как факультативная дисциплина, поэтому типовая Федеральная программа отсутствует.

## *Содержание*

1. Рабочая программа дисциплины.....	5
2. График самостоятельной работы студентов по дисциплине на каждый семестр с указанием ее содержания, объема в часах, сроков и форм контроля... .....	26
3. Методические указания по проведению семинарских и практических занятий, самостоятельной работы студентов.....	28
4. Краткий конспект лекций.....	30
5. Методические указания к практическим занятиям.....	64
6. Методические указания по выполнению домашних заданий и контрольных работ.....	65
7. Методические указания по применению современных информационных технологий для преподавания учебной дисциплины.....	65
8. Методические указания профессорско-преподавательскому составу по организации межсессионного и экзаменационного контроля знаний студентов (материалы по контролю качества образования).....	68
9. Комплекты домашних заданий.....	68
10. Фонд тестовых и контрольных заданий для оценки качества знаний по дисциплине.....	69
11. Контрольные вопросы к зачету (экзамену).....	75
12. Карта обеспеченности дисциплины кадрами профессорско-преподавательского состава.....	78

## 1. Рабочая программа дисциплины.

Федеральное агентство по образованию РФ  
Амурский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по УНР  
Е.С. Астапова

личная подпись, И.О.Ф  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 200\_\_ г.

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине «*Основы научных исследований*»  
для специальностей:

140203	«Релейная защита и автоматизация энергетических систем»;
140204	«Электрические станции»;
140205	«Электроэнергетические системы и сети»
140211	«Электроснабжение»
140101	«Тепловые электрические станции»

Очная форма обучения	Заочная форма обучения
Курс 4	Курс 4
Лекции – 32 час.	Лекции – 12 час.
Практические занятия – 16 час.	Практические занятия – 4 час.
СРС – 29 час.	СРС – 61 час.
Зачет – 7 семестр	Зачет – 7 семестр
Всего часов - 77 час.	Всего часов - 77

Составители: *Савина Н.В., проф., канд. техн. наук,*  
*Гурина Л.А., доцент, канд. техн. наук*

Факультет *Энергетический*  
Кафедра *Энергетики*

Рабочая программа составлена на основании Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению 650900 «Электроэнергетика». В рамках данного направления на кафедре Энергетики реализуется подготовка дипломированных специалистов по специальностям: 140203, 140204, 140205, 140211.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры энергетики

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 200\_\_ г., протокол № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Н.В. Савина

Рабочая программа одобрена на заседании УМС специальностей 140203, 140204, 140205, 140211

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 200\_\_ г., протокол № \_\_\_\_\_

Председатель УМСС \_\_\_\_\_

СОГЛАСОВАНО

Начальник УМУ

\_\_\_\_\_ Г.Н.Торопчина

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 200\_\_ г.

СОГЛАСОВАНО

Председатель УМС факультета

\_\_\_\_\_

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 200\_\_ г.

СОГЛАСОВАНО

Заведующий выпускающей кафедрой

\_\_\_\_\_ Н.В. Савина

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 200\_\_ г.

# **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ, ЕЕ МЕСТО В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ**

Согласно государственного образовательного стандарта для специальностей 140101, 140203, 140204, 140205, 140211 инженер должен иметь представление об основных объектах, явлениях, процессах и методах научного анализа, связанных с конкретной областью специальной подготовки, об основных научно-технических проблемах и перспективах развития электроэнергетических систем и сетей, систем электроснабжения, электрических станций и смежных отраслей электроэнергетики.

Предметом изучения курса "Основы научных исследований" является методология научных исследований и технического творчества применительно к задачам электроэнергетики. Данная дисциплина является основой для научно-исследовательской работы студентов и дипломного проектирования.

## **1.1. Цель преподавания дисциплины**

Цель изучения дисциплины - научиться применять аппарат методов научных исследований и методов решения изобретательских задач в электроэнергетике.

## **1.2. Задачи изучения дисциплины**

Задачами изучения дисциплины являются овладение алгоритмами научных исследований, теорией решения изобретательских задач.

## **1.3. Перечень дисциплин, освоение которых необходимо при изучении данной дисциплины**

Основой для изучения дисциплины являются курсы «Высшая математика», «Электротехнические материалы», «Физика», «Философия», «Математические модели и методы в расчетах на ЭВМ», «Математические задачи электроэнергетики», "Передача и распределение эл.энергии".

Дисциплина «Основы научных исследований» должна читаться одновременно с началом НИРС или перед ней.

## **2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **2.1. Федеральный компонент**

#### **СДБ 06 Исследования и эксперимент в системах электроснабжения.**

В данном блоке к изучаемому курсу относятся следующие аспекты: методы организации эксперимента, формирования, обработки и применения вероятностной и статистической информации и выполнения на данной основе расчетов электрических нагрузок, качества электрической энергии, оценки надежности, алгоритмизации и программирования конкретных задач для расчетного эксперимента с применением ЭВМ и выработки на такой основе практических рекомендаций по инженерным задачам специальностей.

### **2.2. Наименование тем, их содержание и объем в часах.**

#### **ПРИНЦИП ПОСТРОЕНИЯ КУРСА.**

В лекционном курсе на основе системного подхода дается алгоритм научных исследований с детальной проработкой каждого его этапа применительно к основным научно-техническим проблемам электроэнергетики. Особое внимание уделяется методам активизации научного и технического процесса, поиска новых технических решений. На практических занятиях рассматриваются примеры выполнения основных этапов научного исследования, анализа изобретательской задачи нового технического решения.

#### **СТРУКТУРА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТА (знания и умения студента)**

В результате изучения курса студент

а) должен знать:

- организацию научно-исследовательской деятельности в стороне, в вузе;
- источники научно-технической и патентной информации, системы научно-технической информации, УДК;
- алгоритм и основные этапы проведения научных исследований; методы математического и физического моделирования, основы инженерного

эксперимента, методы планирования эксперимента и регрессионный анализ, требования по оформлению результатов научных исследований;

- критерии оценки научной работы и систему внедрения ее результатов;
- закономерности развития технических систем и творческого мышления, психологические особенности творчества;
- современные методы активизации творчества и поиска новых технических решений, основные принципы и приемы преодоления технических и физических противоречий, методы анализа и синтеза нового технического решения;

б) должен уметь:

- провести информационный поиск, накопление и обработку научно-технической информации;
- выбирать тему и объект исследования, составлять алгоритм исследований применительно к будущей своей специальности, использовать методы теоретических исследований, математического и физического моделирования, теорию инженерного эксперимента в задачах электроэнергетики,
- оформлять и защищать результаты научных исследований;
- определять эффективность научной работы, организовывать внедрение ее результатов;
- преодолевать психологическую инерцию, применять на практике методы активизации творчества, поиска новых технических решений, анализировать изобретательские ситуации, решать изобретательские задачи,
- разработать новое техническое решение по предложенной тематике.

### **ЛЕКЦИОННЫЙ КУРС (32 ЧАСА)**

Цель проведения лекций - создать теоретическую основу у студентов для самостоятельного проведения научного исследования электроэнергетической задачи, для развития эвристических способностей, научить методам решения

изобретательских задач и правилам оформления объектов технического творчества.

### **Тема 1 (2 часа)**

#### **Введение**

Научно-технический прогресс (НТП) и инженерная деятельность. Развитие науки на современном этапе. История науки и изобретательства. Роль энергетики и развитие НТП. Изобретательство и новая техника. Роль научного и технического творчества в инженерной деятельности. Значение квалифицированного специалиста в хозяйственной деятельности общества.

Цель и задачи курса, его содержание и связь со специальными дисциплинами, а также с учебно-исследовательской работой студентов.

## **ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

### **Тема 2. Организация научно-исследовательской работы (2 часа)**

Организационная структура науки. Планирование научных исследований. Управление научными исследованиями, связь с производством. Система подготовки и использования научно-технических кадров. Научно-исследовательская работа в вузе. Организация учебно-исследовательской работы студентов. Научные и изобретательские общественные организации.

### **Тема 3. Алгоритм научных исследований (2 часа).**

Структура научного исследования. Научная проблема, гипотеза, теория. Сущность этапов научного исследования. Анализ этапов научного исследования: объект исследования, научная задача, модель, постановка научной задачи, решение, экспериментальная проверка. Выбор объекта исследования. Выбор научной задачи. Источники научных задач.

### **Тема 4. Моделирование в научных исследованиях (8 часов)**

Математическое моделирование. Физическое моделирование. Классификация моделирования. Два аспекта моделирования. Принципы построения моделей. Задачи теории подобия как основы научно-технического эксперимента. Теоремы подобия. Преобразование критериев подобия и

критериальное описание подобных процессов. Методика определения критериев подобия способом интегральных аналогов. Определение масштабов модели на основе анализа размерностей. Постановка научной задачи. Задачи и методы теоретических исследований. Приемы и методы упрощения решения уравнений. Использование математических методов в исследованиях электроэнергетики. Аналитические методы. Вероятностно-статистический анализ.

#### **Тема 5. Основы теории инженерного эксперимента (6 часов)**

Экспериментальные исследования систем энергетики. Классификация, типы и задачи эксперимента. Постановка инженерного эксперимента. Обработка результатов экспериментальных исследований в электроэнергетике. Планирование эксперимента. Полный и дробный факторный эксперимент. Регрессионный анализ. Оценка адекватности теоретических решений. Оформление результатов научных исследований. Отчет, статья, доклад, монография. Защита результатов научно-исследовательской работы. Эффективность и критерии оценки научной работы.

#### **Тема 6. Задачи оптимизации в научных исследованиях (8 часов)**

Задача оптимизации, основные принципы построения целевой функции. Методы дифференцирования целевой функции. Общая задача математического программирования. Методы линейного программирования. Симплекс-метод. Транспортная задача. Правило северо-западного угла. Правило наименьшего элемента.

### **ОСНОВЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ТВОРЧЕСТВА.**

#### **Тема 7. Методы активизации творческого процесса (2 часа)**

Эвристика и ее сущность. Морфологический анализ. Ассоциативные методы поиска технических решений. Метод контрольных вопросов. Мозговой штурм. Синектика. АРИЗ. Обобщенный эвристический алгоритм. Обзор наиболее распространенных методов активизации творчества в электроэнергетике, их анализ и область применения.

## **Тема 8. Методы поиска новых технических решений (2 часа)**

Изобретательская ситуация. Этапы творческого процесса. Выбор изобретательской задачи, ее анализ. Выявление противоречий. Виды противоречий. Физические эффекты и явления, их применение при решении электроэнергетической задачи. Фонд технических решений. Новые материалы и их применение при решении изобретательских задач. Типовые приемы устранения технических противоречий. Фонд эвристических приемов. Стандарты на решение изобретательских задач. Вепольный анализ и его применение для устранения физических противоречий. Синтез нового технического решения. Алгоритм решения изобретательских задач в электроэнергетике.

### ***В результате проведения лекций студенты должны знать:***

- алгоритм и методы научных исследований применительно к исследовательским задачам, возникающим в системах электроснабжения;
- методы активизации творчества;
- основы анализа изобретательских задач и приемы синтеза нового технического решения;
- признаки открытий, изобретений и рацпредложений. Правила оформления и охраны результатов технического творчества;

### ***уметь:***

- провести поиск, накопление и обработку научной информации;
- выбрать и поставить научную задачу;
- использовать методы теоретических исследований и моделирование применительно к электроэнергетическим объектам;
- организовать постановку эксперимента, спланировать его и обработать результаты экспериментальных исследований в электроэнергетике;
- преодолевать психологическую инерцию и активизировать творческий процесс;

- выявлять технические и физические противоречия, находить идеальный конечный результат, применять типовые приемы для решения изобретательской задачи;
- синтезировать новое техническое решение и оценивать его уровень;
- оформлять результаты научного и технического творчества.

### 2.3. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ (16 ЧАС)

№ темы	Тема занятия	Число часов
1.	Изучение методов развития фантазии и приемов преодоления психологической инерции. Решение логических и игровых задач	2
2.	Поиск научной информации. Работа с реферативными журналами и научными статьями.	2
3.	Применение методов математического и физического моделирования в решении электроэнергетических задач: методика определения критериев подобия на основе анализа размерностей и способом интегральных аналогов	2
4.	Планирование двухфакторного эксперимента. Регрессионный анализ	2
5.	Планирование многофакторного эксперимента. Построение ОЦКП	2
6.	Симплекс-метод	2
8.	Транспортная задача	2
	ИТОГО:	16

**Цель проведения практических занятий** - научить студентов практическому использованию основных методов научных исследований, методам анализа изобретательских ситуаций и задач, возникающих в электроэнергетике, приемам синтеза нового технического решения, правилам оформления полученных научных результатов и изобретательских решений.

#### **Задачи проведения практических занятий.**

В результате проведения практических занятий студенты должны знать:

- основные логические операции, правила построения фантограмм, приемы преодоления психологической инерции;

- пути поиска необходимой научной и технической литературы, приемы скорочтения, правила накопления и систематизации научной информации;
- метод построения математической модели, методику определения масштабов физической модели на основе анализа размерностей параметров, алгоритм физического моделирования основных процессов и элементов систем электроснабжения;
- полный и дробный факторный эксперимент, метод проведения регрессионного анализа;
- основные методы активизации творчества, применяемые в электроэнергетике;
- типы противоречий и правила их устранения на базе фондов эвристических приемов и стандартов;
- вепольный анализ и его применение к электроэнергетическим задачам, алгоритм синтеза нового технического решения;
- как оформить заявку на изобретение, правила оформления рац.предложения; уметь:
- применять приемы устранения психологической инерции, развивать фантазию, решать простые логические задачи;
- работать с каталогом, реферативными журналами и патентной информацией, проводить библиографический и патентный поиск, конспектировать научную литературу, делать выписки;
- составлять математические модели и определять масштабы физических моделей на основе анализа размерностей физических величин систем электроснабжения и их элементов;
- применять методы планирования эксперимента и регрессионный анализ к конкретным электроэнергетическим объектам;
- использовать методы активизации творчества для решения изобретательских задач;

- проводить анализ изобретательской задачи, выявлять идеальный конечный результат и противоречия, устранять противоречия с помощью фонда эвристических приемов и стандартов и вепольного анализа;
- решать изобретательские задачи, возникающие в электроэнергетике;
- оформлять рац.предложения и заявки на изобретения.

#### **2.4. Лабораторные занятия не предусмотрены.**

#### **2.5. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ**

При самостоятельной работе с учебниками рекомендуется вести краткий конспект изучаемых разделов в соответствии с методическими указаниями по темам, приведенным выше. Контроль за степенью усвоения материала осуществляется с помощью вопросов для самопроверки и путем самостоятельного решения научных и технических задач. По мере изучения отдельных разделов студент отчитывается во время консультаций и коллоквиума, а также выполняет домашние задания.

#### Содержание самостоятельной работы студентов очной формы обучения

1. Системный подход в научных исследованиях.
2. Пути развития технических систем;
3. Роль инженера в развитии техники и науки;
4. Связь между наукой и производством;
5. Роль энергетики в развитии научно-технического прогресса;
6. Связь между изобретениями и уровнем развития техники;
7. Формы подготовки научных и научно-педагогических кадров;
8. Библиографический поиск информации;
9. Дедуктивный и индуктивный методы в научных исследованиях;
10. Типы абстракций и примеры их применения при проведении исследований;
11. Эвристических приемы в научных исследованиях.

## Содержание самостоятельной работы студентов заочной формы обучения

1. Развитие науки на современном этапе.
2. Роль энергетики и развитие НТП.
3. Изобретательство и новая техника.
4. Системный подход в научных исследованиях.
5. Пути развития технических систем.
6. Роль инженера в развитии техники и науки.
7. Связь между наукой и производством
8. Организационная структура науки.
9. Планирование научных исследований.
10. Управление научными исследованиями, связь с производством.
11. Система подготовки и использования научно-технических кадров.
12. Научно-исследовательская работа в вузе.
13. Организация учебно-исследовательской работы студентов.
14. Научные и изобретательские общественные организации.
15. Оценка адекватности теоретических решений.
16. Оформление результатов научных исследований.
17. Отчет, статья, доклад, монография.
18. Защита результатов научно-исследовательской работы.
19. Эффективность и критерии оценки научной работы.
12. Роль энергетики в развитии научно-технического прогресса;
13. Связь между изобретениями и уровнем развития техники.
14. Формы подготовки научных и научно-педагогических кадров;
15. Библиографический поиск информации  
дедуктивным методом, а в каких - индуктивным?
16. Дедуктивный и индуктивный методы в научных исследованиях;

17. Типы абстракций и примеры их применения при проведении исследований;
18. Эвристических приемы в научных исследованиях.
20. Задача оптимизации, основные принципы построения целевой функции.
21. Методы дифференцирования целевой функции.
22. Эвристика и ее сущность.
23. Морфологический анализ.
24. Ассоциативные методы поиска технических решений.
25. Метод контрольных вопросов.
26. Мозговой штурм. Синектика. АРИЗ.
27. Обобщенный эвристический алгоритм.
28. Обзор наиболее распространенных методов активизации творчества в электроэнергетике, их анализ и область применения.
29. Изобретательская ситуация.
30. Этапы творческого процесса.
31. Выбор изобретательской задачи, ее анализ.
32. Выявление противоречий. Виды противоречий.
33. Физические эффекты и явления, их применение при решении электроэнергетической задачи.
34. Фонд технических решений. Новые материалы и их применение при решении изобретательских задач.
35. Типовые приемы устранения технических противоречий. Фонд эвристических приемов.
36. Стандарты на решение изобретательских задач.
37. Вепольный анализ и его применение для устранения физических противоречий. Синтез нового технического решения.
38. Алгоритм решения изобретательских задач в электроэнергетике.

## **2.6. Перечень и темы промежуточных форм контроля знаний.**

К промежуточной форме контроля знаний относится:

- блиц-опрос на лекциях, практических занятиях по пройденному материалу;
- Выступление с докладом по темам, указанным в пункте 2.5.

## **2.7. Вопросы к зачету**

1. Научно-технический прогресс (НТП) и инженерная деятельность.
2. Развитие науки на современном этапе.
3. История науки и изобретательства.
4. Роль энергетики и развитие НТП.
5. Изобретательство и новая техника. Роль научного и технического творчества в инженерной деятельности.
6. Значение квалифицированного специалиста в хозяйственной деятельности общества.
7. Организационная структура науки.
8. Планирование научных исследований.
9. Управление научными исследованиями, связь с производством.
10. Система подготовки и использования научно-технических кадров.
11. Научно-исследовательская работа в вузе.
12. Организация учебно-исследовательской работы студентов.
13. Научные и изобретательские общественные организации.
14. Структура научного исследования.
15. Научная проблема, гипотеза, теория.
16. Сущность этапов научного исследования.
17. Анализ этапов научного исследования: объект исследования, научная задача, модель, постановка научной задачи, решение, экспериментальная проверка.
18. Выбор объекта исследования. Выбор научной задачи.
19. Источники научных задач.
20. Математическое моделирование.
21. Физическое моделирование.

22. Классификация моделирования. Два аспекта моделирования.
23. Принципы построения моделей.
24. Задачи теории подобия как основы научно-технического эксперимента.
25. Теоремы подобия.
26. Преобразование критериев подобия и критериальное описание подобных процессов.
27. Методика определения критериев подобия способом интегральных аналогов.
28. Определение масштабов модели на основе анализа размерностей.
29. Постановка научной задачи. Задачи и методы теоретических исследований.
30. Приемы и методы упрощения решения уравнений.
31. Использование математических методов в исследованиях электроэнергетики.
32. Аналитические методы.
33. Вероятностно-статистический анализ.
34. Экспериментальные исследования систем энергетики.
35. Классификация, типы и задачи эксперимента.
36. Постановка инженерного эксперимента.
37. Обработка результатов экспериментальных исследований в электроэнергетике. Планирование эксперимента.
38. Полный и дробный факторный эксперимент.
39. Регрессионный анализ.
40. Оценка адекватности теоретических решений.
41. Оформление результатов научных исследований. Отчет, статья, доклад, монография.
42. Защита результатов научно-исследовательской работы.
43. Эффективность и критерии оценки научной работы.
44. Задача оптимизации, основные принципы построения целевой функции.
45. Методы дифференцирования целевой функции.

46. Общая задача математического программирования.
47. Методы линейного программирования.
48. Симплекс-метод.
49. Транспортная задача. Правило северо-западного угла.
50. Транспортная задача. Правило наименьшего элемента.
51. Эвристика и ее сущность.
52. Морфологический анализ.
53. Ассоциативные методы поиска технических решений.
54. Метод контрольных вопросов.
55. Обобщенный эвристический алгоритм.
56. Этапы творческого процесса. Выбор изобретательской задачи, ее анализ.
57. Выявление противоречий. Виды противоречий.
58. Физические эффекты и явления, их применение при решении электроэнергетической задачи.
59. Фонд технических решений. Новые материалы и их применение при решении изобретательских задач.
60. Типовые приемы устранения технических противоречий.
61. Фонд эвристических приемов.
62. Стандарты на решение изобретательских задач.
63. Вепольный анализ и его применение для устранения физических противоречий.
64. Синтез нового технического решения.

### **3. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

#### **3.1. Литература**

Основная литература

1. Основы научных исследований: Учеб. для техн. вузов/ В.И. Крутов, И.М. Грушко, В.В. Попов и др.; Под ред. В.И. Крутова, В.В. Попова.-М.: В.шк., 1989.- 400с.
2. Основы научных исследований и технического творчества/ И.В. Белый, К.П. Власов, В.Б. Клепиков.- Харьков: Выща шк. Изд-во при Харьк. ун-те, 1989- 200 с.
3. Чус А.В., Данченко В.Н. Основы технического творчества.- Киев; Донецк: Выща шк., 1983.-184 с.
4. Альтшуллер Г.С. Творчество как точная наука.- М.: Сов. радио,1979.-174 с.

#### Дополнительная литература

1. Рузавин Г.И. Методы научного исследования.- М.: Мысль, 1984. - 238 с.
2. Основы научных исследований: Учеб. пособия для вузов/ Э.Ф. Бабуров, Э.Л. Куликов, В.К. Маригодов.- Киев; Одесса: Выща шк., 1988.-230 с.
3. Кринецкий И.И. Основы научных исследований.-Киев: Выща шк., 1981.-208 с.
4. Веников В.А., Веников Г.В. Теория подобия и моделирования, М.: В. шк., 1984.- 439 с.
5. Альтшуллер Г.С. Алгоритм изобретения.-М. "Московский рабочий", 1973.- 296 с.
6. Тринг М., Лейтуэрт Э. Как изобретать?- М.: Мир, 1980.-272 с.
7. Антонов А.В. Психология изобретательского творчества.-Киев: Выща шк., 1987.-175 с.
8. Науман Э. Принять решение - но как? - М.: Мир,1987.-198 с.
9. Дворянкин А.М., Половинкин А.И. Методы синтеза технических решений.-М.: Наука,-1977.-104 с.
10. Диксон Дж. Проектирование систем изобретательства, анализ и принятие решений/ Пер. с англ.-М.: Мир, 1969.-440 с.

## **3.2. Наглядные пособия**

Слайды к медиапроектору.

Таблица 1.

## Учебно-методическая карта дисциплины

№ недели	№ темы	Наименование вопросов изучаемых на лекции	Занятия (номера)		Используемые наглядные и методические пособия	Самостоятельная работа студентов		Формы контроля
			Практич. (семина.)	Лабораторные		Содержание	Час	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	Содержание вопросов изучаемых на лекции приведены в подразделе 2.2.		Лабораторные занятия не предусмотрены		Системный подход в научных исследованиях.	3	Выступление с докладом на лекции
2	2		Изучение методов развития фантазии и приемов преодоления психологической инерции. Решение логических и игровых задач		Слайды для медиапроектора по теме «Организация научно-исследовательской работы»	Пути развития технических систем.	3	Блиц-опрос на лекции

1	2	3	3	4	6	7	8	9
1	3				Слайды для медиапроектора по теме «Алгоритм научных исследований»	Роль инженера в развитии техники и науки.	3	Выступление с докладом на лекции
2	4		Поиск научной информации. Работа с реферативными журналами и научными статьями.		Слайды для медиапроектора по теме «Моделирование в научных исследованиях»	Связь между наукой и производством	2	Блиц-опрос на лекции
1	4				Слайды для медиапроектора по теме «Моделирование в научных исследованиях»	Роль энергетики в развитии научно-технического прогресса;	3	Выступление с докладом на лекции
2	4		Применение методов математического и физического моделирования в решении электроэнергетических задач: методика определения критериев подобия на основе анализа размерностей и способом интегральных аналогов		Слайды для медиапроектора по теме «Моделирование в научных исследованиях»	Связь между изобретениями и уровнем развития техники.	2	Блиц-опрос на лекции

1	2	3	3	4	6	7	8	9
1	4				Слайды для медиапроектора по теме «Моделирование в научных исследованиях»	Формы подготовки научных и научно-педагогических кадров;	2	Блиц-опрос на лекциях
2	5		Планирование двухфакторного эксперимента. Регрессионный анализ		Слайды для медиапроектора по теме «Основы теории инженерного эксперимента»	Библиографический поиск информации	3	Выступление с докладом на лекции
1	5				Слайды для медиапроектора по теме «Основы теории инженерного эксперимента»	Дедуктивный и индуктивный методы в научных исследованиях	3	Выступление с докладом на лекции
2	5		Планирование многофакторного эксперимента. Построение ОЦКП		Слайды для медиапроектора по теме «Основы теории инженерного эксперимента»	Типы абстракций и примеры их применения при проведении исследований;	2	Блиц-опрос на лекциях
1	6				Слайды для медиапроектора по теме «Задачи оптимизации в научных исследованиях»	Эвристических приемы в научных исследованиях.	3	Выступление с докладом на лекции
2	6		Симплекс-метод		Слайды для медиапроектора по теме «Задачи оптимизации в научных исследованиях»			

1	2	3	3	4	6	7	8	9
1	6				Слайды для медиапроектора по теме «Задачи оптимизации в научных исследованиях»			
2	6		Транспортная задача		Слайды для медиапроектора по теме «Задачи оптимизации в научных исследованиях»			
1	7				Слайды для медиапроектора по теме «Методы активизации творческого процесса»			
2	8				Слайды для медиапроектора по теме «Методы поиска новых технических решений»			

**2. График самостоятельной работы студентов по дисциплине на каждый семестр с указанием ее содержания, объема в часах, сроков и форм контроля.**

Таблица 2

№	Содержание	Объем в часах	Формы контроля	Сроки (понедельные)
1	Системный подход в научных исследованиях	3	Выступление с докладом на лекции	1
2	Пути развития технических систем.	3	Блиц-опрос на лекции	2
3	Роль инженера в развитии техники и науки	3	Выступление с докладом на лекции	3
4	Связь между наукой и производством	2	Блиц-опрос на лекции	4
5	Роль энергетики в развитии научно-технического прогресса	3	Выступление с докладом на лекции	5
6	Связь между изобретениями и уровнем развития техники	2	Блиц-опрос на лекции	6
7	Формы подготовки научных и научно-педагогических кадров	2	Блиц-опрос на лекциях	7
8	Библиографический поиск информации	3	Выступление с докладом на лекции	8
9	Дедуктивный и индуктивный методы в научных исследованиях	3	Выступление с докладом на лекции	9
10	Типы абстракций и примеры их применения при проведении исследований	2	Блиц-опрос на лекциях	10
11	Эвристических приемы в научных исследованиях	3	Выступление с докладом на лекции	11

### 3. Методические указания по проведению семинарских и практических занятий, самостоятельной работы студентов

Практические занятия предусмотрены в рабочей программе в объеме 16 часов. Тематика практических занятий представлена в табл. 3.

Таблица 3

Тематика практических занятий

№ темы	Тема занятия	Число часов
1.	Изучение методов развития фантазии и приемов преодоления психологической инерции. Решение логических и игровых задач	2
2.	Поиск научной информации. Работа с реферативными журналами и научными статьями.	2
3.	Применение методов математического и физического моделирования в решении электроэнергетических задач: методика определения критериев подобия на основе анализа размерностей и способом интегральных аналогов	2
4.	Планирование двухфакторного эксперимента. Регрессионный анализ	2
5.	Планирование многофакторного эксперимента. Построение ОЦКП	2
6.	Симплекс-метод	2
8.	Транспортная задача	2
	ИТОГО:	16

**Цель проведения практических занятий** - научить студентов практическому использованию основных методов научных исследований, методам анализа изобретательских ситуаций и задач, возникающих в электроэнергетике, приемам синтеза нового технического решения, правилам оформления полученных научных результатов и изобретательских решений.

#### **Задачи проведения практических занятий.**

В результате проведения практических занятий студенты должны знать:

- основные логические операции, правила построения фантограмм, приемы преодоления психологической инерции;
- пути поиска необходимой научной и технической литературы, приемы скорочтения, правила накопления и систематизации научной информации;

- метод построения математической модели, методику определения масштабов физической модели на основе анализа размерностей параметров, алгоритм физического моделирования основных процессов и элементов систем электроснабжения;
- полный и дробный факторный эксперимент, метод проведения регрессионного анализа;
- основные методы активизации творчества, применяемые в электроэнергетике;
- типы противоречий и правила их устранения на базе фондов эвристических приемов и стандартов;
- вепольный анализ и его применение к электроэнергетическим задачам, алгоритм синтеза нового технического решения;
- как оформить заявку на изобретение, правила оформления рац.предложения; уметь:
- применять приемы устранения психологической инерции, развивать фантазию, решать простые логические задачи;
- работать с каталогом, реферативными журналами и патентной информацией, проводить библиографический и патентный поиск, конспектировать научную литературу, делать выписки;
- составлять математические модели и определять масштабы физических моделей на основе анализа размерностей физических величин систем электроснабжения и их элементов;
- применять методы планирования эксперимента и регрессионный анализ к конкретным электроэнергетическим объектам;
- использовать методы активизации творчества для решения изобретательских задач;
- проводить анализ изобретательской задачи, выявлять идеальный конечный результат и противоречия, устранять противоречия с помощью фонда эвристических приемов и стандартов и вепольного анализа;

- решать изобретательские задачи, возникающие в электроэнергетике;
- оформлять рац.предложения и заявки на изобретения.

При самостоятельной работе студентам рекомендуется вести краткий конспект изучаемых вопросов в соответствии с методическими указаниями по темам, приведенным выше. Контроль за степенью усвоения материала осуществляется с помощью вопросов для самопроверки и путем самостоятельного решения научных и технических задач. По мере изучения отдельных разделов студент отчитывается во время консультаций и коллоквиума, а также выполняет домашние задания.

#### **4. Краткий конспект лекций**

##### **Тема 1 Введение (2 часа)**

В своем развитии во времени любая отрасль науки проходит три основных этапа:

1. Сбор фактов.
2. Качественное описание явлений.
3. Количественное описание и прогнозирование явлений.

Наука оказывала, оказывает и будет оказывать огромное влияние на развитие общества. Приведу выдержки о датах научных событий из заметки "Полвека, изменившие мир", опубликованной в 1996 г. еженедельной газетой "Поиск" по версиям американского журнала "Popular Science" и газеты "Московские новости", а вы сами оцените их значимость для сегодняшней жизни:

1945 г. - осуществление манхэттенского проекта принесло Земле первые атомные бомбы;

1946 г. - в пенсильванском университете США создана первая крупная ЭВМ;

1947 г. - американские специалисты изобрели транзистор, сменивший электролампы;

1951 г. - американцы продемонстрировали первый видеоманитофон;

1953 г. - начало эры пластмасс;

1954 г. - в г. Обнинске (СССР) начала действовать первая в мире атомная электростанция;

1955 г. - начало эры цветного телевидения;

1957 г. - в СССР запущен первый искусственный спутник Земли;

1960 г. - начало массового применения стиральных порошков;

1961 г. - полет в космос первого в мире космонавта Юрия Гагарина;

1967 г. - в ЮАР сделали первую операцию по пересадке сердца человеку;

1969 г. - первый человек на Луне - американец Нил Армстронг;

1970 г. - зарождение генной инженерии;

1971 г. - в США создали первый персональный компьютер;

1975 г. - в Лос-Анджелесе открылся первый магазин, торгующий персональными ЭВМ;

1978 г. - в Великобритании родилась Луиза Браун, первый ребенок "из пробирки"; начало эры компакт-дисков;

1980 г. - начало производства телефаксов;

1985 г. - переворот в криминалистике: англичанин Алекс Джеффрис открыл метод генной "дактилоскопии" путем анализа ДНК;

1994 г. - в США открыт топ-кварк.

Будущее человечества тоже определяется развитием науки. Судьба будущих поколений землян зависит от эффективности и оперативности научных исследований по решению различных проблем, например, следующих:

обеднение озонового слоя Земли ("озоновые дыры");

потепление климата ("парниковый эффект", сближение Земли и Солнца и др.);

ухудшение экологической обстановки на Земле;

ухудшение качества генофонда человечества;

стремительный рост численности населения на Земле;

исчерпание резервов роста сельскохозяйственного производства продуктов питания;

исчерпание трудновосполнимых ресурсов: металлических руд, нефти, природного газа, каменного угля и др.

В соответствии с Законом РФ "О науке и государственной научно-технической политике" научная деятельность в стране может осуществляться физическими лицами (гражданами России, иностранными гражданами, лицами без гражданства) и юридическими лицами (организациями, предприятиями и т.п.).

Очевидно, что эффективная научная деятельность возможна только при условии ее финансирования. Источниками финансирования научной деятельности в нашей стране являются:

1. Государственный бюджет (госбюджет).
2. Средства юридических и физических лиц.

Для финансирования научной деятельности могут направляться средства из госбюджета различных уровней: федерального и местных (областного, городского и т.д.). Помимо средств предприятий, организаций и фирм для развития науки используются денежные и иные средства различных отечественных и зарубежных фондов (Российский фонд фундаментальных исследований, Фонд Сороса и др.). При этом развивается практика выделения на конкурсной основе для конкретной научной деятельности **грантов** - денежных и иных средств, передаваемых безвозмездно и безвозвратно.

Управление научной деятельностью в стране осуществляется на основе сочетания принципов государственного регулирования и самоуправления.

Физические лица и юридические лица негосударственной формы собственности имеют право самостоятельно определять все аспекты своей научной деятельности, не противоречащей законодательству страны.

Органы государственной власти в пределах своих полномочий, не нарушающих свободу научного творчества, выполняют следующие основные **функции управления научной деятельностью**:

определяют приоритетные направления развития науки и техники;  
обеспечивают формирование и функционирование системы государственных научных организаций;

осуществляют межотраслевую координацию научной деятельности;  
осуществляют разработку и реализацию научных и научно-технических программ и проектов;

развивают формы интеграции науки и производства;

осуществляют реализацию достижений науки и техники;

осуществляют контроль за эффективным использованием субъектами научной деятельности предоставленных им государственных средств и имущества;

осуществляют контроль за подготовкой научных кадров.

Более детальная структура государственного управления научной деятельностью имеет свои особенности в рамках различных министерств, ведомств, академий наук. Например, во многих вузах дальнейшая детализация этой структуры представляется схемой: ректор - проректор по научной работе - научно-исследовательская часть (сектор) - кафедры (лаборатории) - исследователи (преподаватели, научные работники, докторанты, аспиранты, студенты).

Специфика научной деятельности требует работников, имеющих специальную профессиональную подготовку. Базовая научная подготовка кадров осуществляется в вузах.

После успешного обучения в российском вузе можно получить начальную ученую степень и квалификацию бакалавра наук (бакалавр химии, бакалавр технических наук по различным направлениям и др.) и квалификацию дипломированного специалиста по различным специальностям (химик, физик, инженер, менеджер и др.). Эти ученые степени и квалификации свидетельствуют о соответствующих знаниях и умениях человека с высшим профессиональным образованием и в области науки.

Наличие высшего профессионального образования позволяет получить в вузе за 2 года ученую степень или квалификацию магистра наук по различным направлениям (магистр химии, магистр технических наук и т.п.) и за 3-4 года (по очной и заочной формам обучения в аспирантуре) – ученую степень кандидата наук по различным специальностям (кандидат химических наук, кандидат технических наук и т.п.).

Любой человек с высшим профессиональным образованием может получить ученую степень кандидата наук без обучения в аспирантуре при условии подготовки и успешной защиты диссертации в диссертационном совете, состав которого утверждается Высшим аттестационным комитетом Российской Федерации (ВАК).

Лица, имеющие ученую степень кандидата наук, могут получить ученую степень доктора наук по различным специальностям после обучения в докторантуре в течение 3 лет или без такого обучения при условии подготовки и успешной защиты соответствующей диссертации в диссертационном совете. Допускается присуждение ученой степени доктора наук лицам с высшим профессиональным образованием, не имеющим ученой степени, за глубокие профессиональные знания и научные достижения в определенной отрасли науки.

Аспирантура и докторантура решением органов государственной власти открываются не только в вузах, но и в научных организациях.

Наличие у лиц ученых степеней (бакалавра, магистра, кандидата и доктора наук) подтверждается соответствующими дипломами государственного образца.

Лицам, имеющим глубокие профессиональные знания и достижения не только в науке, но и в педагогике, органами государственной власти присваиваются ученые звания доцента и профессора соответствующих кафедр вузов. Возможно присвоение ученых званий старшего научного сотрудника и профессора по различным специальностям за научные достижения. Наличие у

лиц ученых степеней профессора, доцента, старшего научного сотрудника подтверждается аттестатами государственного образца.

В системе государственных и общественных академий наук предусматривается присвоение ученых званий действительного члена (академика) и члена-корреспондента соответствующих академий наук.

Государство материально стимулирует повышение научной квалификации лиц, работающих в государственных структурах.

Для морального стимулирования научной деятельности и признания высокой научной квалификации органами государственной власти предусматривается присвоение работникам различных почетных званий, например:

заслуженный деятель науки Российской Федерации;

заслуженный деятель науки и техники Российской Федерации.

## **Тема 2. Организация научно-исследовательской работы (2 часа)**

Развитие научно-исследовательской работы в высших учебных заведениях создало условия для широкого привлечения студентов к научным исследованиям – важного фактора повышения качества подготовки специалистов в соответствии с современными требованиями научно-технического прогресса.

Задачи, выдвигаемые современным производством и практикой, настолько сложны, что их решение часто требует творческого поиска, исследовательских навыков. В связи с этим современный специалист в области энергетики должен владеть не только необходимой суммой фундаментальных и специальных знаний, но и определенными навыками творческого решения практических вопросов, умением использовать в своей работе все то новое, что появляется в науке и практике, постоянно совершенствовать свою квалификацию, быстро адаптироваться к условиям производства. Все эти качества необходимо воспитывать в вузе. И воспитываются они через активное участие студентов в научно-исследовательской работе.

Современное понятие «научно-исследовательская работа студентов» включает в себя два взаимосвязанных элемента:

- обучение студентов элементам исследовательского труда, привитие им навыков этого труда;
- собственно научные исследования, проводимые студентами под руководством профессоров и преподавателей.

Формы и методы привлечения студентов к научному творчеству условно подразделяются на научно-исследовательскую работу, включенную в учебный процесс и, следовательно, проводимую в учебное время в соответствии с учебными планами и учебными программами (включение элементов научных исследований в различные виды учебных занятий, учебно-исследовательская работа), а также научно-исследовательскую работу, выполняемую студентами во внеучебное время.

Научно-исследовательская работа студентов в период производственной практики часто связывается с выполнением на производстве конкретных занятий по тематике научно-исследовательских работ, выполняемых кафедрой или с анализом «узких» мест производства, с выполнением задач совершенствования технологических процессов, оборудования, научной организации труда, а также со сбором фактического материала, его первичной обработкой с целью использования при курсовом и дипломном проектировании.

### **Тема 3. Алгоритм научных исследований (2 часа).**

Термин "научные исследования" (НИ) охватывает все процессы: от зарождения идеи до ее воплощения в виде новых теорий, веществ, материалов, продуктов, процессов, технологий, устройств, образцов техники и является синонимом термина "научная деятельность".

Выполнение научных исследований - это, образно говоря, элементарный акт в науке, так как только с их помощью может произойти переход от более низкого уровня знаний к более высокому.

Научные исследования - это постоянный вид человеческой деятельности, так как законы философии говорят, что мир познаваем, а наши научные знания его, несмотря на их истинность, являются относительными.

С философских позиций все **методы научных исследований** можно условно разделить на следующие группы: **всеобщие** (действующие во всех областях науки и на всех этапах научных исследований), **общенаучные** (т.е. для всех отраслей науки), **частные** (т.е. для определенных наук), **специальные** или **специфические** (для данной науки). Такое разделение методов всегда условно, так как по мере развития метода он может переходить из одной категории в другую.

К всеобщему методу научных исследований относят материалистическую диалектику, а к общенаучным методам - *наблюдение, сравнение, счет, измерение, эксперимент, обобщение, абстрагирование, формализацию, анализ, синтез, индукцию, дедукцию, аналогию, моделирование, идеализацию и др.*

Большинство методов научных исследований можно подразделить на *теоретические* и *эмпирические*.

К **эмпирическим методам** относят **наблюдение** и **эксперимент**.

Процесс научного исследования всегда проходит определенные этапы вне зависимости от содержания, области деятельности и личных склонностей исследователя. В этом смысле говорится об алгоритме научного исследования (рис. 1).

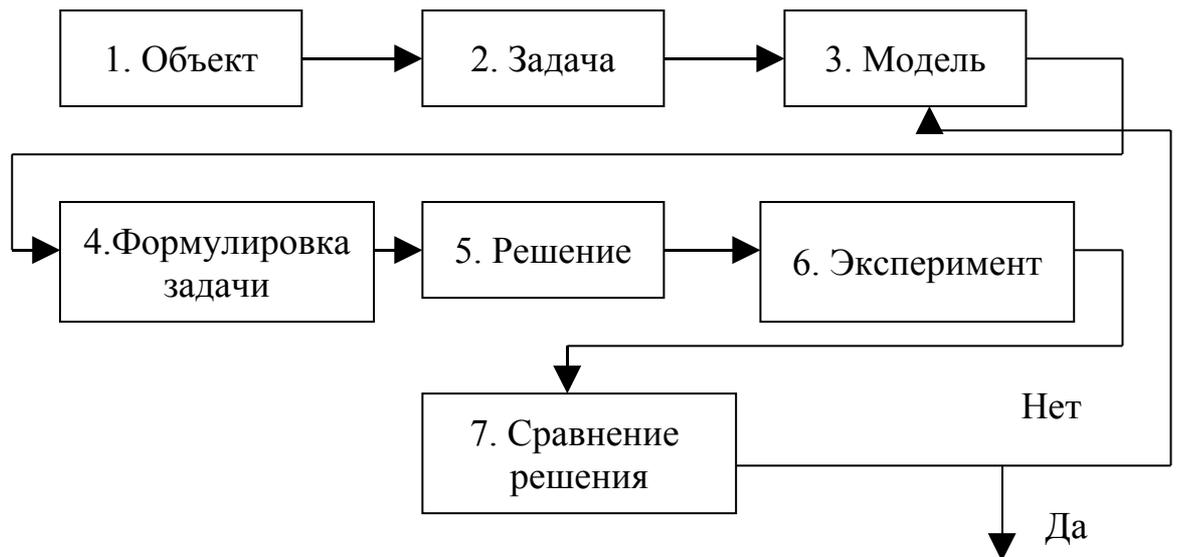


Рис. 1. Алгоритм научного исследования

Рассмотрим сущность каждого из этого этапов.

**1. Объект.** Имеется в виду выбор объекта с возможными ограничениями с учетом двух обстоятельств:

- практическая необходимость или важность определенных объектов;
- ограничение времени.

Важно осознать, что под объектом научного исследования не следует понимать предмет или вещь, которую можно «подержать руками». Предметом науки может быть весьма нематериальная «субстанция», например, алгоритм, метод, принцип.

**2. Задача.** Имеется в виду выбор задачи. Число различных задач, которые можно выделить даже на уже выбранном объекте исследования, практически не ограничено. Однако, существует четыре типа задач, в чем не трудно убедиться, если обратить внимание на то, что любой объект исследования что-либо потребляет и что-либо вырабатывает. Этими «что-либо» могут быть вещество, энергия или информация. Любой объект исследования (рис. 2) имеет «входы»  $(X_1, X_2, X_3, \dots, X_N)$ , «выходы»  $(Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_M)$ , внешние воздействия  $(T_1, T_2, T_3, \dots, T_K)$  и правило  $F$  преобразования входных величин в выходные.

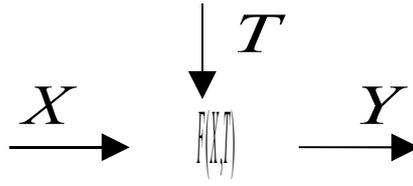


Рис. 2. Объект исследования

Обозначив соответствующие совокупности через  $X, Y, T$ , работу любого объекта можно записать в виде

$$Y = F(X, T).$$

Определим четыре основные задачи при исследовании любого объекта.

В задаче *анализа* даны входные воздействия и правило их переработки. Необходимо найти выходной результат.

В задаче *синтеза* даны входные воздействия и необходимый выходной результат. Необходимо определить правило и структуру объекта.

В задаче *коррекции* даны  $X$  и требуемые «выходы»  $Y$ . Требуется определить только некоторые поправки к  $X$ .

Задача *устойчивости* состоит в определении работоспособности системы в реальных условиях.

**3. Модель.** Объекты природы слишком сложны, чтобы производить на них непосредственно теоретические или экспериментальные исследования. Наука работает не с объектами, а с их моделями, и лишь результаты научных исследований проверяются на объектах.

**4. Формулировка задачи.** Сформулировать или поставить задачу – значит строго определить систему количественных взаимосвязей между заданными и искомыми переменными. При этом некоторые взаимосвязи, вид которых не ясен, допустимо обозначать в виде функций и функционалов.

**5. Решение.** Решение задачи состоит в раскрытии взаимосвязей переменных, которые на этапе постановки были обозначены неопределенными зависимостями, а также в фактическом решении системы уравнений, полученных на этапе постановки.

**6. Экспериментальная проверка.** Никакое научное исследование не может считаться завершенным без экспериментальной проверки результатов. Основными причинами этого являются:

- отсутствие уверенности в достаточной полноте принятой нами модели объекта;
- отсутствие уверенности в допустимости пренебрежений, сделанных на этапах постановки задачи и ее решения;
- возможность появления ошибок при выполнении этапа решения.

Экспериментальная проверка может дать два принципиальных различных результат.

В первом случае результаты эксперимента подтверждают теорию с достаточной для практики точностью. Исследование при этом может считаться законченным, а его результаты передаваться для использования, что обозначено на рис. 2 словом «да».

Во втором случае может иметь место неприемлемое расхождение. При этом необходимо повторить цикл исследований, что отражено на рис. 2 стрелкой по этапу уточнения модели.

#### **Тема 4. Моделирование в научных исследованиях (8 часов)**

Под моделированием понимается изучение моделируемого объекта (оригинала), базирующееся на взаимоднозначном соответствии определенной части свойств оригинала и замещающего его при исследовании объекта и включающего в себя построение модели, изучение ее и перенос полученных сведений на моделируемый объект-оригинал.

Под моделью понимается вспомогательный объект, находящийся в определенном соответствии с изучаемым объектом оригиналом.

Подобие тесно связано с развитием методологии моделирования и как научного понятия, и как прикладного средства исследования.

При этом методы теории подобия начинают применяться не только для организации эксперимента, обработки и интерпретации его результатов, но и

для повышения эффективности решений в расчетно-вычислительных задачах и задачах управления.

Теория подобия – это теория, дающая возможность установить наличие подобия или позволяющая разработать способы получения его.

Соотношения между моделью и оригиналом, выявленных теорией подобия могут быть различными: в виде простых масштабных соотношений, в виде сложных функциональных зависимостей групп параметров сопоставляемых объектов.

Основные положения теории подобия определяют свойства подобных объектов исследования (систем, процессов, явлений) и указывают требования, при удовлетворении которых один из объектов может рассматриваться как модель по отношению к остальным.

Характеристикой подобных объектов являются критерии подобия, с помощью которых устанавливаются закономерности взаимоднозначного соответствия модели и оригинала.

Критерии подобия – это идентичные по форме алгебраические записи и равные численно для подобных объектов безразмерные степенные комплексы определенных групп параметров, характеризующих эти объекты.

Способ определения критериев подобия по известному математическому описанию путем приведения его к безразмерному виду, при котором символы дифференцирования и интегрирования в выражениях для критериев подобия опускаются, называется правилом интегральных аналогов.

Критерии подобия подобных процессов можно получить и в том случае, когда неизвестны математические описания процессов. Доказательство этого положения как математической теоремы было дано рядом ученых. Практическое его содержание в том, что любую функциональную зависимость, полученную из эксперимента или расчета и имеющую в размерных физических параметрах  $P_1, \dots, P_j, \dots, P_m$  вид

$$F(P_1, \dots, P_j, \dots, P_m) = 0,$$

можно представить как

$$F_{\pi}(\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_{m-k}) = 0,$$

где  $\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_{m-k}$  - критерии подобия.

Для определения критериев подобия в данном случае применяется метод анализа размерностей физических величин  $P_j$ , определяемых характер рассматриваемого процесса.

Рассмотрим методику определения критериев подобия правилом интегральных аналогов на примере переходного процесса  $i(t)$  в цепи, образованной последовательным соединением элементов с активным сопротивлением  $R$ , индуктивностью  $L$  и емкостью  $C$ , которая включается на напряжение  $u$ , меняющееся во времени по синусоидальному закону с угловой скоростью  $\omega$ .

Уравнение исследуемого процесса имеет вид:

$$L \frac{di}{dt} + \frac{1}{C} \int i dt + iR = u \sin \omega t.$$

Используя указанное правило необходимо:

1. Записать исходное уравнение в виде

$$\varphi_0 = \sum_{i=1}^m \varphi_i = 0,$$

т.е.

$$\varphi_0 = \varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 + \varphi_4 = L \frac{di}{dt} + \frac{1}{C} \int i dt + iR - u \sin \omega t = 0.$$

2. Опустить символы связи «+», «-», «=» между членами уравнения

$$\varphi_1 = L \frac{di}{dt}, \varphi_2 = \frac{1}{C} \int i dt, \varphi_3 = iR, \varphi_4 = u \sin \omega t.$$

3. Исключить из выражений  $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_m$  неоднородные функции, приняв в качестве дополнительных критериев подобия аргументы этих функций:

$$\varphi_4 = u \sin \omega t \rightarrow \sin \omega t \rightarrow \pi_{дон} = \omega t;$$

$$\varphi_4^* = u.$$

4. Опустить в выражениях для  $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_m$  символы дифференцирования и интегрирования, символы *grag*, *div* и т.д., заменяя  $\frac{d^n x}{dy^n}$  на  $\frac{x}{y^n}$ ,  $\int x dy$  на  $xy$  и т.д.:

$$\varphi_1 = L \frac{di}{dt} \rightarrow \varphi_1^* = L \frac{i}{t},$$

$$\varphi_2 = \frac{1}{C} \int i dt \rightarrow \varphi_2^* = \frac{1}{C} it.$$

5. Заменить члены уравнения  $\varphi_i, \varphi_j$ , преобразованные на этапах 3 и 4, их аналогами  $\varphi_i^*, \varphi_j^*$ , записать выражения для  $\varphi_1, \dots, \varphi_i^*, \dots, \varphi_j^*, \dots, \varphi_m$ :

$$\varphi_1^* = L \frac{i}{t}, \varphi_2^* = \frac{1}{C} it, \varphi_3 = iR, \varphi_4 = u.$$

6. Разделить  $\varphi_1, \dots, \varphi_i^*, \dots, \varphi_j^*, \dots, \varphi_m$  на какой-либо один из них и записать выражения для основных критериев подобия в одной из возможных форм записи:

$$\pi_1^* = \frac{\varphi_1^*}{\varphi_4^*} = \frac{Li}{ut}, \pi_2^* = \frac{\varphi_2^*}{\varphi_4^*} = \frac{it}{uC}, \pi_3 = \frac{\varphi_3}{\varphi_4} = \frac{iR}{u}.$$

7. Дополнить полученную систему основных критериев подобия критериями подобия, полученными на этапе 3:

$$\pi_1 = \frac{Li}{ut}, \pi_2 = \frac{it}{uC}, \pi_3 = \frac{iR}{u}, \pi_{\text{дон}} = \omega t.$$

Рассмотрим методику определения критериев подобия путем анализа размерностей участвующих в процессе факторов:

1. Выявление параметров  $P_1, \dots, P_j, \dots, P_m$ , характеризующих рассматриваемый процесс и соотношение, отражающие существенные связи между параметрами процесса и элементов системы, в которой этот процесс протекает, представляется полной функциональной зависимостью вида:

$$f(P_1, \dots, P_j, \dots, P_m) = 0.$$

2. Составление полной матрицы размерностей  $\|A\|$  для параметров  $P_1, \dots, P_j, \dots, P_m$

Количество строк полной матрицы размерностей  $\|A\|$  соответствует общему числу параметров  $m$ , а количество столбцов – числу основных единиц измерения  $q$ . Строки матрицы образуются показателями степеней при основных единицах измерения параметров  $P_1, \dots, P_j, \dots, P_m$  - значениями  $\alpha_i, \beta_i, \dots, \xi_i, i = \overline{1, m}$ :

$$\|A\| = \begin{matrix} \text{ж} & \alpha_1 & \beta_1 & \dots & \xi_1 & \text{ч} \rightarrow [P_1] \\ \text{з} & \dots & \dots & \dots & \dots & \text{ч} \\ \text{з} & \dots & \dots & \dots & \dots & \text{ч} \\ \text{з} & \alpha_i & \beta_i & \dots & \xi_i & \text{ч} \rightarrow [P_i] \\ \text{з} & \dots & \dots & \dots & \dots & \text{ч} \\ \text{з} & \dots & \dots & \dots & \dots & \text{ч} \\ \text{з} & \alpha_m & \beta_m & \dots & \xi_m & \text{ч} \rightarrow [P_m] \end{matrix} .$$

3. Определение числа независимых параметров и числа критериев подобия.

Число  $k$  независимых параметров равно рангу  $k$  полной матрицы размерностей  $\|A\|$ , а число критериев подобия  $k_\pi$  - разности между общим числом параметров  $m$  и числом независимых параметров.

4. Определение выражений для критериев подобия  $\pi_1, \dots, \pi_{m-k}$  в какой-либо форме записи.

Для определения выражений критериев подобия в исходной зависимости

$$f(P_1, \dots, P_j, \dots, P_m) = 0$$

параметры  $P_1, \dots, P_j, \dots, P_m$  перегруппировываются и эта зависимость представляется в виде

$$f(P_1, \dots, P_i, \dots, P_k, P_{k+1}, \dots, P_s, \dots, P_m) = 0 ,$$

где  $P_1, \dots, P_i, \dots, P_k$  - независимые параметры,  $P_{k+1}, \dots, P_s, \dots, P_m$  - зависимые параметры.

Исходные формулы для выражений критериев подобия, общее число которых  $k_\pi = m - k$  имеет вид:

$$\pi_1 = \frac{P_{k+1}}{P_1^{x_1} \dots P_k^{z_1}}, \dots, \pi_i = \frac{P_s}{P_1^{x_s} \dots P_k^{z_s}}, \dots, \pi_{m-k} = \frac{P_m}{P_1^{x_{m-k}} \dots P_k^{z_{m-k}}}.$$

Необходимо найти значения  $x_1, \dots, x_{m-k}, z_1, \dots, z_{m-k}$  из следующих выражений

$$x_1 = \frac{D_{1,k+1}}{D}, \dots, x_s = \frac{D_{i,s}}{D}, \dots, x_{m-k} = \frac{D_{m-k,m}}{D},$$

где  $D$  - определитель матрицы размерностей независимых параметров  $P_1, \dots, P_i, \dots, P_k$ ;  $D_{i,s}$  - определитель, полученный из определителя  $D$  заменой  $i$ -ой строки на строку, соответствующую формуле размерностей  $s$ -го параметра.

5. Представление описания исследуемого процесса в виде критериального уравнения:

$$\psi(\pi_1, \dots, \pi_{m-k}) = 0.$$

## Тема 5. Основы теории инженерного эксперимента (6 часов)

Экспериментальные исследования систем энергетики. Классификация, типы и задачи эксперимента. Постановка инженерного эксперимента. Обработка результатов экспериментальных исследований в электроэнергетике. Планирование эксперимента. Полный и дробный факторный эксперимент. Регрессионный анализ. Оценка адекватности теоретических решений. Оформление результатов научных исследований. Отчет, статья, доклад, монография. Защита результатов научно-исследовательской работы. Эффективность и критерии оценки научной работы.

Экспериментальная проверка является самым трудоемким и весьма ответственным этапом алгоритма исследования.

Для инженерного исследования характерно органическое сочетание экспериментального и аналитического методов изучения явлений и процессов. В философском смысле эксперимент выступает как метод познания, при помощи которого в контролируемых и управляемых условиях исследуются явления действительности. Обычно эксперимент осуществляется на основании некоторой теории, определяющей постановку задачи и интерпретацию

результатов эксперимента. Проведенный эксперимент может служить основой дальнейшего развития теории, уточнения аналитического описания явления.

Эксперименты делятся на:

- качественные;
- измерительные;
- пассивные;
- активные;
- натурные;
- модельные.

Планирование эксперимента рассматривается как раздел математической статистики, изучающий рациональную организацию измерений, подверженных случайным ошибкам.

Задача планирования эксперимента заключается в разработке оптимальной схемы исследования – выборе значений изучаемых факторов и количество опыта. Планирование эксперимента применяют и для нахождения математической модели объекта и ее экстремумов.

*Объектом исследования* называется изучаемый процесс, физическое явление, агрегат.

*Факторами* называются независимые величины, с помощью которых можно воздействовать на исследуемый объект или факторы – это параметры процессов и системы.

Значения, которые могут принимать факторы, называются *уровнями*.

Количественно найденная характеристика процесса – показатель, наиболее полно отражающий его сущность или эффективность, называется параметром оптимизации или функцией отклика.

Методы планирования эксперимента позволяют установить зависимость между рядом фактором и одним параметром оптимизации.

В зависимости от того, сколько в эксперименте рассматривается переменных факторов, он называется одно-, двух-, многофакторным экспериментом.

Многофакторный эксперимент позволяет:

1. получить математическую модель процесса, которую можно использовать при управлении;
2. вскрыть объективные закономерности и получить информацию о процессе;
3. проверить адекватность представления результатов эксперимента определенной интерполяционной зависимостью.

Планирование эксперимента резко повышает точность и снижает объем экспериментальных исследований, позволяет находить оптимум функции, описывающей процесс.

Содержание планирования эксперимента можно проиллюстрировать на примере «черного ящика» (рис. 3), в качестве которого выступает объект, имеющий  $n$  входов  $[x_1, x_2, \dots, x_n]$  и  $m$  выходов  $[y_1, y_2, \dots, y_m]$

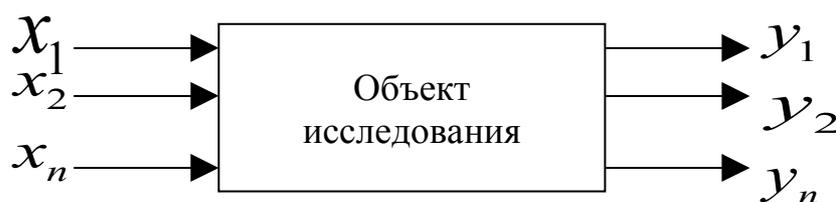


Рис. 3. Объект исследования

Входами могут быть какие-нибудь внешние для объекта воздействия или параметры самого объекта, а выходными величинами – состояние или параметры (количественные и качественные характеристики объекта).

Например, если в качестве объекта исследования рассматривать системы электроснабжения промышленных предприятий, то входами являются напряжение, ток, активная и реактивная составляющие мощности на границах балансовой принадлежности, а выходами – напряжение и ток узла, ветви, показатели качества электрической энергии, потоки активной и реактивной мощности и т.д.

Обычно аналитическая связь между входом и выходом (модель объекта) неизвестна, а известны факторы  $x_i$  и подлежащие исследованию выходные величины  $y_i$ .

Определим одну выходную величину, являющуюся неизвестной функцией  $k$  факторов:

$$y = f_1(x_1, x_2, \dots, x_k). \quad (1)$$

В этом случае задачами планирования будут:

1. Раскрытие механизма явления, т.е. нахождение аналитического выражения, которое в области возможных значений факторов  $x_i$  достаточно точно совпадает с неизвестной зависимостью (1);
2. Определение экстремума отклика в области определения. Такие эксперименты называются экстремальными.
3. Выбор модели для описания объекта или определения параметров известной функциональной зависимости.

Приступая к планированию эксперимента необходимо выбрать факторы и определить:

- их влияние на  $y$ ;
- зависимые или независимые параметры.

Выбранные факторы должны быть доступны измерению с точностью на порядок выше, чем измерение выходной величины. Они должны быть совместны и независимы.

Для каждого эксперимента нужно выбрать интервал варьирования факторов  $I$ , являющийся половиной разности между большим (верхним) и меньшим (нижним) значениями фактора:

$$I = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{m - 1}.$$

Для удобства записи плана эксперимента и обработки экспериментальных данных обычно пользуются кодированными значениями факторов  $\tilde{x}_1, \tilde{x}_2$ :

$$\tilde{x}_i = \frac{x_i - x_{i0}}{I_i},$$

где  $x_i$  - физический фактор,  $x_{i0}$  - натуральное значение фактора на нулевом уровне,  $I_i$  - натуральное значение интервала варьирования.

При проведении многофакторных экспериментов выбирается классический или факторный план.

Рассмотрим методику составления плана для проведения эксперимента на примере полного факторного эксперимента (ПФЭ). ПФЭ – это эксперимент, в котором реализуются все возможные комбинации уровней факторов.

План эксперимента задается в виде таблицы матрицы. Матрица двухфакторного эксперимента представлена таблицей 4.

Таблица 4

**Матрица двухфакторного эксперимента**

№ опыта	Уровни переменных		Отклики		
	$x_1$	$x_2$	$y_{1(u)}$	$y_{2(u)}$	$y_{j(u)}$
1	-1	-1	$y_{11}$	$y_{12}$	$y_{1j}$
2	+1	-1	$y_{21}$	$y_{22}$	$y_{2j}$
3	-1	+1	$y_{31}$	$y_{32}$	$y_{3j}$
4	+1	+1	$y_{41}$	$y_{42}$	$y_{4j}$

Введя фиктивную переменную  $x_0 = +1$ , уравнение простейшей двухфакторной модели представляется в виде:

$$y = \beta_0 x_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2. \quad (2)$$

Тогда матрица планирования эксперимента имеет вид:

№ опыта	Уровни переменных			Отклики
	$x_0$	$x_1$	$x_2$	
1	+	-	-	$y_1$
2	+	+	-	$y_2$
3	+	-	+	$y_3$
4	+	+	+	$y_4$

По аналогии фиктивную переменную можно ввести в любой план эксперимента.

Уравнение модели (2) содержит неизвестные коэффициенты  $\beta_i$ . Если эти коэффициенты определяются по статистическим данным, то мы имеем дело не с самими коэффициентами, а с их оценками, и, следовательно, получаем не точное уравнение (2), а его оценку:

$$y = b_0x_0 + b_1x_1 + b_2x_2.$$

Для отыскания оценок  $b_i$  применяется метод наименьших квадратов, а сама процедура называется регрессионным анализом.

## **Тема 6. Задачи оптимизации в научных исследованиях (8 часов)**

Оптимизационные задачи в большинстве случаев формулируются как задачи поиска экстремальных значений функции отклика объекта (максимумов или минимумов). Например, инженеру часто приходится решать задачи поиска оптимальных условий производства продукции с максимальной производительностью или минимальной себестоимостью.

Поведение объекта во многих случаях приходится описывать несколькими функциями отклика. Очень редко удается найти такое сочетание значений всех влияющих факторов, при котором достигаются все желаемые экстремумы функций отклика объекта. Большинство влияющих факторов можно изменять только в реальных пределах: концентрации реагентов не могут быть отрицательными, температуры процессов не могут превышать безопасные значения и т.д. Исследователю нужны и реальные значения функции отклика объекта: неотрицательные значения выхода продукции, степени очистки, себестоимости продукции и др. Поэтому в большинстве случаев оптимизационные задачи решают при условии различных ограничений на величину влияющих факторов и значений функций откликов объектов, т.е. проводят поиск рациональных значений влияющих факторов.

При традиционном поиске рациональных условий стабилизируют все факторы, кроме одного. При этом зачастую обнаруживается только часть экстремальных значений функции отклика объекта («локальные» экстремумы).

Для получения более полной информации о поведении объекта рекомендуется проводить поиск рациональных условий при одновременном

изменении нескольких факторов, используя специальные методы математического планирования эксперимента.

Все методы математического планирования эксперимента для решения оптимизационных задач делят на две группы: методы, требующие знаний уравнения регрессии функции отклика объекта, и методы, не требующие таких знаний.

К группе методов, требующих знаний уравнения регрессии функции отклика объекта, относятся:

метод крутого восхождения или наискорейшего спуска по поверхности функции отклика объекта;

метод обобщенной функции желательности и др.

К другой группе методов относится симплекс-метод.

Коротко рассмотрим суть некоторых из этих методов.

*Метод крутого восхождения или наискорейшего спуска по поверхности функции отклика объекта*

Применение данного метода начинается с получения функции отклика объекта в виде исходного уравнения регрессии. Для этого выбирают влияющие факторы и области их изменения  $(X_j^0, \Delta X_j)$ , планируют и реализуют план эксперимента первого или второго порядка.

После нахождения исходного уравнения регрессии определяют шаг и направление поиска экстремума функции отклика объекта. Для этого один из факторов принимают за базовый и для него выбирают шаг движения, который должен быть не больше шага варьирования этого фактора при получении исходного уравнения регрессии  $(\Delta X_j)$ , например, если за базовый фактор взять  $X_1$ , то для базового шага движения  $(\Delta X_1^*)$  должно выполняться соотношение

$$\Delta X_1^* \leq \Delta X_1.$$

Шаги движения остальных факторов рассчитывают следующим образом:

$$\gamma = \frac{\Delta X_1}{b_1 \Delta X_1}; \Delta X_j^* = \gamma b_j \Delta X_j,$$

где  $b_j$  – линейные эффекты факторов (с учетом их знаков!) в исходном уравнении регрессии.

Движение к экстремуму функции отклика объекта начинают из центра плана эксперимента, использованного при получении исходного уравнения регрессии ( $X_j = X_j^0, x_j = 0$ ).

При поиске **максимума** функции отклика объекта (**метод крутого восхождения**) для определения условий проведения последующего опыта к координатам предыдущего опыта в факторном пространстве прибавляют шаги движения по каждому фактору. При поиске **минимума** (**метод наискорейшего спуска**) из координат предыдущего опыта вычитают шаги движения.

Движение к экстремуму прекращают в следующих случаях:

1. Значения функции отклика объекта или хотя бы одного фактора вышли за пределы допустимых значений.

2. Найден экстремум (возможно, локальный) функции отклика объекта.

В первом случае оптимизацию заканчивают. Во втором случае проводят дополнительные эксперименты по получению нового уравнения регрессии в области обнаруженного экстремума и поиску нового экстремума на основе нового уравнения регрессии.

К недостаткам метода крутого восхождения или наискорейшего спуска следует отнести достаточно большое число экспериментов при его реализации.

### *Симплекс-метод*

Название метода произошло от названия геометрической фигуры "регулярный симплекс", т.е. правильный выпуклый многогранник. Если исследуется влияние на свойство объекта  $k$  факторов, то факторное пространство можно задать в виде регулярного симплекса с  $(k+1)$  вершиной. Так, например, для двух факторов ( $k=2$ ) факторное пространство можно задать

в виде правильного треугольника (правильный многогранник с 3 вершинами), а для трех факторов ( $k=3$ ) – в виде тетраэдра (правильный многогранник с 4 вершинами).

Разработаны простые в построении матрицы планов эксперимента с использованием для исследований факторного пространства в виде регулярных симплексов, центр которых совпадает с центром факторного пространства с кодированными значениями факторов (т.е. координаты центра начального плана эксперимента задаются как  $x_j = 0$ ) и одна из вершин исходного симплекса лежит на одной из координатных осей этого пространства. Для такого случая построение плана эксперимента начинается с матрицы E (матрицы исходного симплекс-плана с кодированными значениями факторов, табл. 22):

Данные табл. 22 показывают, что число опытов в исходном симплекс-плане всегда на единицу больше ( $N = k+1$ ), чем число исследуемых факторов  $k$ .

Таблица

**Исходный симплекс-план эксперимента с кодированными значениями факторов**

Номер опыта $i$	Кодированные значения факторов								y
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	...	$x_j$	...	$x_{k-1}$	$x_k$	
1	$e_1$	$e_2$	$e_3$	...	$e_j$	...	$e_{k-1}$	$e_k$	
2	$-1e_1$	$e_2$	$e_3$	...	$e_j$	...	$e_{k-1}$	$e_k$	
3	0	$-2e_2$	$e_3$	...	$e_j$	...	$e_{k-1}$	$e_k$	
4	0	0	$-3e_3$	...	$e_j$	...	$e_{k-1}$	$e_k$	
...	0	0	0	...	$e_j$	...	$e_{k-1}$	$e_k$	
$j+1$	0	0	0	0	$-je_j$	...	$e_{k-1}$	$e_k$	
...	0	0	0	0	0	...	$e_{k-1}$	$e_k$	
k	0	0	0	0	0	0	$-(k-1)e_{k-1}$	$e_k$	
k+1	0	0	0	0	0	0	0	$-ke_k$	

Конкретные цифровые значения  $e_j$  рассчитываются по формуле

$$e_j = \sqrt{\frac{1}{2j(j+1)}}.$$

После завершения эксперимента по исходному симплекс-плану оценивают полученные значения отклика объекта и определяют номер опыта (h) с наихудшим для исследователя значением  $y$  (минимальным или максимальным в зависимости от цели оптимизации). По координатам наихудшего опыта рассчитывают координаты нового дополнительного (k+2) опыта:

$$x_j^{(k+2)} = 2x_j^{(c)} - x_j^{(h)}; \quad x_j^{(c)} = \frac{\sum_{i=1}^{k+1} x_j^{(i)}}{k} \quad \text{при } i \neq h.$$

После реализации нового опыта (k+2) вновь анализируют значения  $y$  и если значение  $y^{(k+2)}$  лучше значения  $y^{(h)}$ , снова определяют номер наихудшего опыта во всей совокупности проведенных опытов (исключая из рассмотрения опыт h) и рассчитывают координаты следующего дополнительного (k+3) опыта. Если новый опыт не приводит к получению лучшего значения  $y$ , то эксперименты заканчивают и за рациональное значение факторов принимают координаты опыта, в котором получено наилучшее значение  $y$ .

#### Достоинства симплекс- метода:

1. Экономное число опытов из-за необязательности их повторения.
2. Возможность увеличения числа исследуемых факторов на любом этапе исследований без значительного увеличения числа опытов.
3. Возможность при оптимизации одного свойства объекта учитывать изменения других свойств.
4. Возможность получения уравнения регрессии по симплекс-планам при  $k = 4a - 1$ , где  $a$  равно 1,2,3, ...n.

#### Недостатки симплекс- метода:

1. Позволяет найти только один экстремум функции отклика объекта, и для поиска других экстремумов необходимо повторять реализацию исходного симплекс-плана в другой области факторного пространства.

2. Эффективность поиска экстремумов функции отклика объекта зависит от величины выбранного интервала варьирования факторов.

Для поиска всех возможных экстремумов функции отклика объекта проводят исследование ее поверхности по уравнению регрессии в стандартном каноническом виде.

При переходе от лабораторных условий к промышленным результаты исследований довольно часто плохо воспроизводятся в основном из-за резко увеличивающегося числа случайных факторов. Поэтому приходится продолжать эксперименты и при промышленном производстве продукции.

С целью уменьшения доли выпуска бракованной продукции при промышленных экспериментах применяют небольшие интервалы варьирования факторов по сравнению с лабораторными исследованиями. Планы промышленных экспериментов составляют таким образом, чтобы путем осторожного изменения факторов получить информацию об изменениях отклика объекта и при этом выпустить качественную продукцию.

Такой подход к планированию промышленных экспериментов был предложен Боксом и получил название "Метод эволюционного планирования эксперимента".

Одной из часто встречающихся задач хозяйственного управления является задача по разработке рационального плана транспортных перевозок. Основная цель организации перевозок – минимизация затрат на их выполнение. В экономико-математическом моделировании эта задача получила название транспортной задачи. Она формулируется для задач электроэнергетики следующим образом: имеется  $n$  пунктов производства электроэнергии и  $m$  пунктов потребления. Заданы объемы производства электроэнергии  $a_i$  для каждого пункта и размеры потребления  $b_j$  для каждого потребления. Известна стоимость транзита  $c_{ij}$  из  $i$  - го пункта в  $j$  -й. Требуется составить наиболее экономическую схему транзита.

Математическая формулировка транспортной задачи в общем виде – требуется перевезти определенное количество однородного груза из  $n$  пунктов отправления в  $m$  пунктов назначения.

Введем следующие обозначения:

$n$  - число пунктов отправления;

$m$  - число пунктов назначения;

$a_i$  - общее число груза в  $i$ -м пункте отправления;

$b_j$  - общее число груза, необходимое в  $j$ -м пункте назначения;

$c_{ij}$  - затраты на транспортировку единицы груза из  $i$ -го пункта отправления в  $j$ -й пункт назначения;

$z$  - совокупные затраты на транспортировку всего груза;

$x_{ij}$  - исходно неизвестное число груза, которое перевозится из пункта  $i$  в пункт  $j$ .

Получим модель линейного программирования:

$$z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min,$$

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = a_i,$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = b_j,$$

$$x_{ij} > 0.$$

Транспортная задача является задачей линейного программирования с  $n + m$  ограничениями и с  $n + m$  неизвестными. Ее решение может быть получено с помощью правил наименьшего элемента и северо-западного угла.

## Тема 7. Методы активизации творческого процесса (2 часа)

«Изобретение целиком зависит от знаний». Великий ученый Альберт Эйнштейн в одной из своих работ писал: «Без знания нельзя изобретать, как

нельзя слагать стихи, не зная языка». Применяя точную математическую терминологию, можно сказать, что наличие знаний — условие, необходимое для изобретательства, но еще недостаточное. Если бы успех зависел только от знаний, больше всего изобретений делали бы академики, затем профессора, затем кандидаты технических наук и т. д. В жизни же бывает иначе: крупнейшие изобретения нередко делаются рядовыми рабочими, техниками, инженерами. Все объясняется просто. Есть задачи, для решения которых важен не столько общий объем знаний, сколько детальное знакомство с особенностями и тонкостями данного участка производства. В таких случаях главное — конкретный производственный опыт. Бывает и так, что для решения задачи требуются не капитальные знания в данной области техники, а довольно обычные, но «посторонние» знания. Нужен иной подход к задаче, привлечение иных, пусть весьма скромных, но новых для данной области технических средств.

«Изобретение зависит только от экспериментов». Защищая эту точку зрения, любят ссылаться на Эдисона. В поисках устойчивого волоска для электрической лампочки Эдисон проделал 8 000 опытов. Это были довольно бессистемные опыты: Эдисон испытывал все материалы, которые только можно было испытать. Была проверена даже нить, полученная обугливанием волоска, вырванного из бороды сотрудника лаборатории. Работая над щелочным аккумулятором, Эдисон поставил 50 000 опытов...

На протяжении истории человечества техника непрерывно обогащалась новыми и новыми приемами изобретательства. Если сформулировать коротко, это был путь **от случайного открывательства к сознательному и планомерному решению новых технических задач**. В разных отраслях техники люди по-разному продвинулись на этом пути. Есть такие отрасли техники, в которых открытия и изобретения делаются почти планомерно. И есть отрасли техники, где все еще преобладает элемент случайности.

Незадолго до смерти знаменитый физик Ньютон сказал: «Не знаю, чем я могу казаться миру, но сам себе я кажусь только мальчиком, играющим на морском берегу, развлекающимся тем, что от поры до времени отыскиваю камешек более цветистый, чем обыкновенно, или красную раковину, в то время, как великий океан истины расстилается передо мной неисследованным».

Со времени Ньютона «океан истин» пересечен во многих направлениях, и ученые извлекли из его глубин удивительные находки. Исследование мира продолжается и теперь. И каждый раз, когда ученые добавляют к тому, что уже известно о мире, что-нибудь новое, они совершают открытие. Открытием признается установление неизвестных ранее объективно существующих закономерностей, свойств и явлений материального мира. Само по себе открытие еще не вызывает технического прогресса. Так, например, открытие Максвеллом электромагнитной природы света имело теоретическое значение. Затем Герц открыл электромагнитные волны длиннее световых. Но эти важнейшие открытия только тогда оказали непосредственное влияние на технику связи и на многие производственные процессы, когда Попов изобрел передатчик и приемник электромагнитных волн. Эдисон открыл тепловую эмиссию электронов. Но лишь благодаря ряду изобретений, сделанных другими людьми, это открытие было использовано для регулирования больших токов малым напряжением и в конце концов легло в основу современной радиотехники.

Открытия расширяют горизонт изобретателей, вооружают их новыми сведениями о материалах, из которых создаются машины и приборы, о закономерностях, которым подчиняется работа машин.

Развитие науки создает возможность для появления новых изобретений. Изобретения же двигают вперед технику.

Изобретение — это существенно новое решение технической задачи.

Однако не всякая новизна делает предложение изобретением: новизна должна сочетаться с полезностью, с положительным эффектом.

В наше время трудно удивить идеей управления каким-либо процессом. Любая идея об управлении чем-то, сегодня еще неуправляемым, воспринимается спокойно: разберемся, найдем средства управления, будем управлять. И **только идея управления творческим процессом**, как правило, вызывает резкое сопротивление. Вот типичное высказывание. Принадлежит оно драматургу В.Розову: "Как известно, акт творчества непроизволен. Он не покорен даже очень мощному волевому усилию или категорическому повелению... Как ни парадоксально, но художник в момент творческого акта как бы не мыслит, мысль убьет творчество... Как мне кажется, художник мыслит до момента творчества и после него, во время самого акта творчества рефлексии быть не должно. Сложнее, конечно, обстоит дело с научным творчеством. Но и оно сестра художественному, возможно, даже родная. Несколько лет назад в одной статье я прочел замечание о том, что первоисточником величайших достижений и открытий во всех сферах культуры, науки, техники и искусства является внезапное и без видимой причины возникающее озарение. Это и есть творчество".

Обычная технология производства новых идей основана на **методе проб и ошибок**: "А если сделать так?.. Не получается... Может быть, попробовать вот так?.." Метод этот столь же древний, как и сам человек. Правда, за долгую историю человечества были в него внесены некоторые усовершенствования: мы теперь не делаем явно нелепых проб (хотя ключом к задаче иногда оказывается то, что кажется нам нелепым), научились вести мысленные эксперименты — они быстрее вещественных, научились наваливаться на трудные задачи коллективно... Но суть метода осталась неизменной. И стоит ли удивляться, что понятие "творчество" нередко совпадает в нашем представлении с технологией решения творческих задач методом проб и ошибок? "Счастливым случаем", "талант", "терпеливый перебор вариантов",

"озарение" — эти понятия, присущие одной определенной технологии, приписываются творчеству вообще.

Мысль убивает творчество, говорит В.Розов. Да, при работе методом проб и ошибок бывает и такое. **Неуправляемая** мысль в силу психологической инерции уводит от, казалось бы, очевидной идеи. **А если управлять мыслью?** Мы ввели один **приём** управления (делай "шиворот-навыворот"), и он начал давать новые технические идеи— продукцию, которая ничем не отличается от полученной в результате озарения. Потом мы использовали сочетание трёх приёмов — и оказалось, что такое сочетание качественно сильнее одного приёма: мы получили нечто большее, чем даёт озарение, — у нас появился **метод**, позволяющий разворачивать какую-то одну схему в "пространство схем". Ну а если приёмов и методов у нас будет 100, 200 или 1 000?..

Приёмы известны давно. И очевидная мысль "чем больше приёмов, тем лучше" приходила в голову многим. Но с увеличением числа приёмов быстро растёт неопределенность их применения: обладатель коллекции в 1 000 приёмов вынужден был бы решать задачу все тем же методом проб и ошибок, наугад перебирая приёмы.

Приёмы — огромная сила, если знать, когда и как их использовать. Необходимы **теория и методика**, позволяющие препарировать творческую задачу, добираться до её глубинной сущности и точно определять, когда и какой приём использовать. Для построения теории решения инженерных задач (о науке мы поговорим позже), нужно принять постулат: **технические системы развиваются закономерно; эти закономерности можно познать и использовать для сознательного решения творческих задач.**

Если решение задач — это процесс выявления и преодоления противоречий, можно сформулировать требования к теории решения задач. Теория должна:

- дать четкую программу обработки задачи, позволяющую шаг за шагом добираться до физического противоречия, спрятанного в "недрах" задачи;
- указать, какие именно приёмы следует применять для устранения тех или иных противоречий (разумеется, надо иметь обширный фонд таких приёмов);
- оберегать от психологических помех, и прежде всего от вторжения метода проб и ошибок, который будет вламываться в ход решения, навязывая пустые пробы ("Давайте взвешивать лампы!.. Ах, нет нужной точности?.. Тогда давайте просвечивать лампы рентгеном!..").

Построить теорию решения творческих задач весьма непросто. Скажем, для создания фонда приемов нужно перевернуть сотни тысяч патентов и авторских свидетельств, отобрать десятки тысяч сильных решений и тщательно их исследовать. Но многое уже сделано

Следует отметить, что технические системы развиваются по определенным законам. Эти законы можно познать и использовать для решения изобретательских задач "по формулам", т. е. на основе научной теории, а не бессистемным перебором вариантов. С некоторыми "формулами" мы познакомились, рассматривая принципы одного из разделов теории - вепольного анализа. Задача содержит техническое противоречие (а в глубине его спрятано противоречие физическое), поэтому суть "формул" в том, что они дают правила преодоления противоречий. Ни отдельные правила, ни набор правил еще не гарантируют успешного решения задачи. Необходимо объединить правила в жесткую систему и снабдить эту систему "правилами против нарушения правил". Нужна программа, заставляющая последовательно применять правила и делать это без отклонений и ошибок. Такая программа, разработанная в нашей стране, получила название **алгоритма решения изобретательских задач (АРИЗ)**. Первые модификации АРИЗ появились еще в 40-х годах; с тех пор АРИЗ систематически

совершенствовался, и нынешний АРИЗ-77 работает вполне надежно.

АРИЗ делит процесс решения задачи на семь этапов (частей). Каждый этап осуществляется постепенно - по шагам. "Лестница" АРИЗ имеет и "перила" - правила выполнения шагов. Если нарушено то или иное правило, через 2-3 шага ошибка становится явной: формулировки "не стыкуются". АРИЗ снабжен обширным фондом сжатой, спрессованной информации, полученной путем анализа десятков тысяч патентных описаний. Известно, что правильно поставить задачу - значит наполовину ее решить. Обычно же приходится иметь дело с задачей "сырой", нечетко или вовсе неверно сформулированной. Поэтому, в сущности, процесс нахождения решения в значительной мере состоит в том, чтобы переосмыслить и изменить ее условия, ясно представить себе конечную цель. "Сырая" задача (ее называют ситуацией) содержит лишь указание на ту или иную техническую систему (или часть системы) и присущий этой системе недостаток. Одна и та же ситуация может быть превращена в множество различных задач. Возьмем, например, такую ситуацию: "Парусные суда передвигаются с малой скоростью. Как быть?" Эту ситуацию можно перевести в ряд задач: как улучшить парусное оснащение, как уменьшить сопротивление воды, как вообще обойтись без парусов и т. д. При работе методом проб и ошибок мысль стихийно перескакивает от одной задачи к другой. А бывает и хуже: выбрав одну задачу, человек упорно перебирает вариант за вариантом, не замечая, что взята не та задача. В АРИЗ есть надежные правила перехода от ситуации к задаче. В частности, каждая ситуация сначала должна быть переведена в **мини-задачу** по принципу: все остается без изменений, но исчезает тот отрицательный фактор, который указан в ситуации (или появляется требуемый положительный фактор). Если даже ситуация относится к безнадежно устаревшей технической системе, все равно сначала целесообразно рассмотреть мини-задачу. На замену технической системы неизбежно уйдут многие годы, поэтому полезно иметь пусть частичное, временное, но легко внедряемое решение. А решение мини-

задачи всегда легко внедрить: это предопределено самой сутью мини-задачи. В условиях задачи (даже мини-задачи) обычно указывается техническая система, к которой относится задача: в поле зрения попадают лишние элементы системы, а иногда, наоборот, не хватает нужных элементов. Поэтому от задачи надо перейти к ее **модели** - выделить пару элементов, конфликт между которыми порождает задачу. Затем следует определить тот элемент пары, который должен быть изменен, и ту зону элемента, в которой "прячется" физическое противоречие.

Очень важный шаг на этом пути - определение **ИКР** (идеального конечного результата), т. е. идеального решения. Любая задача в принципе имеет множество ответов. Но наилучший ответ всегда один: это такой ответ, в котором требуемый результат достигается сам собой, "без ничего", без перестройки системы, без затраты материалов, энергии, средств, словно по мановению волшебной палочки. Разумеется, реально достичь такого идеала невозможно. ИКР служит маяком, позволяющим ориентироваться на самое лучшее из решений. Реальное решение должно быть максимально близким к идеалу, а чтобы этого добиться, нужно стремиться к ИКР.

## **Тема 8. Методы поиска новых технических решений (2 часа)**

Разработка вепольного анализа начата была именно с выявления особой роли фэполей (работа Д.М. Хитеевой была выполнена после появления вепольного анализа). Выяснилось, что многие сложные изобретательские задачи удается решить переходом от нефэпольных технических систем к фэпольным. Даже в тех случаях, когда по условиям задачи надо использовать явно не ферромагнитные объекты, эти объекты могут быть соединены с ферромагнитными частицами. Это обстоятельство делает фэпольные системы весьма широко применимыми: многие системы можно превратить в фэполи, а это значит, что им можно придать присущие фэполям свойства - гибкость, подвижность, управляемость.

Хороший пример - заметка «Магнитные следы» в журнале «Знание-сила» № 7-1973, стр.7: «Борьба за чистоту планеты приобретает все больший размах. Особенно важно, чтобы танкеры, перевозящие нефть, не загрязняли воду. Но как проследить, чтобы после мытья трюмов-танков грязную воду не сливали за борт, а перекачивали в емкости на берегу? Как установить личность нарушителя? Вот одно из предложений. В нефть подмешивают небольшое количество железного порошка, намагниченного так, что разные партии его отличаются по магнитным свойствам. Груз танкера оказывается помеченным. Теперь, если промывочная вода с остатками нефти будет слита в море, нарушителя легко обнаружить».

Фэполи могут отличаться друг от друга частностями, однако у всех фэполей есть общие признаки. Каждый фэполь включает **поле** (электромагнитное, магнитное), **ферромагнитные частицы** и **внешнюю среду**, с которой они взаимодействуют. В а. с. 156133 внешней средой является пыль; а.с. 155500 - СЛОЙ воды, прилегающий к стенкам трубы.

Но если может быть разная среда, то почему не могут быть и разные поля? Электромагнитное поле хорошо тем, что активно взаимодействует с ферромагнитными частицами. Можно подобрать и другие пары. Например, ультрафиолетовый свет и люминесцирующие частицы. Таким образом, кроме фэполей, могут быть и **вэполи** - системы, включающие поля (любые), вещества (любые) и среды (любые).

Любой технический объект энергетики также можно рассматривать как вещество, находящееся в некоей среде. При этом всегда происходит (или должно происходить) какое-то взаимодействие между данным объектом и средой или между данным объектом и другими объектами (веществами). Такое взаимодействие неизбежно сопровождается (или должно сопровождаться) энергетическим обменом, поэтому в системе всегда есть поле -электромагнитное, оптическое, гравитационное, тепловое, механическое.

Иными словами, любой технический объект, данный в задаче, можно рассматривать как систему вепольную или могущую стать вепольной. Отсюда универсальность вепольного подхода: развитие технических систем идет либо путем перехода невепольных систем в вепольные, либо развитием от простых вепольных систем к более сложным.

## **5. Методические указания к практическим занятиям**

При проведении практических занятий студенты должны научиться практическому использованию основных методов теории планирования эксперимента, теории подобия, оптимизационных методов и применять алгоритм научных исследований для решения конкретных электроэнергетических задач.

## **6. Методические указания по выполнению домашних заданий и контрольных работ.**

Выполнение домашних заданий и контрольных работ предусматривает использование теоретического материала, изученного на лекции, применение знаний, умений и навыков, полученных на практических занятиях

## **7. Методические указания по применению современных информационных технологий для преподавания учебной дисциплины.**

Развитие информационных и телекоммуникационных технологий в России повышает требования к профессиональной подготовке студентов. От будущих специалистов требуются всесторонние знания, развитые коммуникативные навыки, умение работать в условиях мирового информационного пространства. Система методов, способов и инструментальных средств сбора, передачи, накопления, обработки, хранения, представления и использования информации на базе ИТ-инфраструктуры становится доминирующим звеном в надежном функционировании систем энергетики. В связи с этим информационная компетентность является

компонентом профессиональной компетентности специалиста энергетического профиля.

Под информационной компетентностью понимаются основанные на знаниях, умениях и навыках и опыте способность и готовность студента грамотно извлекать и обрабатывать информацию, критически ее оценивать и продуктивно использовать, создавать новую информацию, принимать на основе информации эффективные решения, свободно ориентироваться в сфере современных информационных технологий и использовать их для решения инженерных задач. Уровень информационной компетентности специалиста определяется знаниями об информации, информационных процессах, моделях и технологиях; умениями и навыками применения средств и методов обработки и анализа информации в различных видах деятельности; умениями использовать современные информационные технологии в образовательной и профессиональной деятельности; мировоззренческим видением окружающего мира как открытой информационной системы.

Системы энергетики испытывают потребность в инженерных кадрах, воспринимающих и владеющих прикладными информационными технологиями. Умения работать с информацией, решать задачи производства и эксплуатации объектов энергетики с широким использованием информационных технологий определяют эффективность деятельности инженера в условиях конкурентоспособных рыночных отношений.

Сказанное требует повышения уровня информационной культуры специалистов в области энергетики, перестройки инженерного образования в направлении формирования информационной компетентности. Переход к инженерному образованию на основе современных информационных технологий рассматривается как необходимое условие обеспечения качества отечественного образования, информатизация становится одним из ведущих направлений развития высшего образования в России.

Под информатизацией образования понимается комплекс социально-педагогических преобразований, связанных с насыщением образовательных

систем информационной продукцией средствами и технологией (греч. *techne* – искусство, мастерство, умение; *логия* – наука, знание, учение). Информатизация образования обеспечивает:

- реализацию идей развивающего обучения, активизацию познавательной деятельности, повышение творческой и интеллектуальной составляющих учебной деятельности;
- совершенствование форм, методов и технологий организации учебного процесса, обеспечивающих овладением умением самостоятельно приобретать новые знания;
- оперативный контроль за усвоением знаний, формированием навыков и умений, объективную оценку и хорошую информированность как студента, так и преподавателя;
- повышение мотивации освоения информационных технологий для эффективного применения в профессиональной деятельности;
- интеграцию различных видов деятельности в рамках единой методологии, основанной на применении информационных технологий;
- увеличение степени доступности образования за счет развития средств телекоммуникаций и системы дистанционного обучения;
- создание единого информационного образовательного пространства, интеграцию национальной системы образования в научную, производственную инфраструктуру.

Реализация идей информатизации образования связана с решением комплекса задач, к которым относятся: формирование новой парадигмы образования, основанной на совершенствовании материальной базы инфраструктуры информатизации и информационной среды вузов; подготовка преподавателей, обладающих высокой информационной культурой, готовых и умеющих применять новые информационные технологии в процессе обучения, активно участвующих в процессе информатизации образования. Для решения указанных задач необходимы - оптимизация обучения, разработка системы

обучения, позволяющие реализовать образовательный потенциал новых информационных технологий.

Разработка методической системы и эффективной технологии обучения должна осуществляться с учетом тенденций образования на основе психолого-педагогических теорий и подходов. Методологической базой при проектировании и конструировании методической системы информационной компетентности будущего специалиста могут служить системный и компетентностный подходы в образовании.

Системный подход позволяет организовать взаимосвязь элементов методической системы и обеспечить непрерывность обучения, междисциплинарный связи и т.д. Компетентностный подход позволяет на основе модели деятельности специалиста определить структуру и содержание компетентности специалиста, разработать систему целей и задач для этапов обучения, обеспечить отбор содержания обучения.

Таким образом возможна подготовка инженеров, способных к эффективному решению профессиональных задач в условиях информационного пространства.

## **8. Методические указания профессорско-преподавательскому составу по организации межсессионного и экзаменационного контроля знаний студентов (материалы по контролю качества образования).**

К межсессионной форме контроля знаний относится:

- блиц-опрос на лекциях, практических занятиях по пройденному материалу;
- Выступление с докладом по темам, указанным в пункте 2.5. рабочей программы дисциплины.

## **9. Комплекты домашних заданий.**

Домашнее задание №1

Составить математическую модель на основе анализа размерностей для дальнейшего исследования на ЭВМ: переходной процесс распространения волны напряжения по длинной линии при включении ее на постоянное напряжение.

Домашнее задание №2

Составить математическую модель на основе интегральных аналогов для дальнейшего исследования на ЭВМ. Определить критерии подобия волнового уравнения Шредингера

$$-\frac{\hbar}{2m}\Delta\psi - U(x, y, z, t)\psi = i\hbar\frac{d\psi}{dt}.$$

Домашнее задание №3.

Исследовать влияние на свойство  $y$  четырех факторов  $x_j$  ( $k = 4$ ) и описать их зависимость уравнением регрессии в виде следующего нелинейного полинома ( $L = 11$ ):

$$\hat{y} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{14}x_1x_4 + b_{23}x_2x_3 + b_{24}x_2x_4 + b_{34}x_3x_4.$$

Составить план ПФЭ

Домашнее задание №4

Определить минимум целевой функции симплекс-методом

$$F(x_1, x_2, x_3, x_4) = 12x_1 + 12x_2 + 12x_3 + 12x_4 \rightarrow \min,$$

при ограничениях

$$12x_1 + x_2 + 5x_3 \leq 350,$$

$$7x_1 + 3x_3 + 4x_4 \leq 100,$$

$$8x_1 + 11x_2 \leq 500.$$

**10. Фонд тестовых и контрольных заданий для оценки качества знаний по дисциплине.**

## Задача 1

Выбрать оптимальную мощность конденсаторных батарей в распределительной электрической сети, обеспечивающую минимум приведенных затрат. Принять стоимость компенсации 1 квар на стороне НН ТП  $K_0$  равной 11 руб/квар, суммарные ежегодные отчисления для БК равным  $E = 0.22$ , стоимость 1 кВт потерь -  $C_0 = 70$  руб/кВт<sup>ч</sup>год. ЛЭП выполнены проводами АС-35; потери учитывать в линиях, трансформаторах и конденсаторах. Удельные потери в конденсаторах  $\Delta P_{\text{уд}} = 0,0045$  кВт/квар.

Варианты задания выбираются с помощью таблицы и схемы. В таблице указаны номера пунктов, в которых предполагается установка БК для данного варианта (в остальных пунктах считать, что БК не устанавливаются. В исключаемых пунктах нагрузку не учитывать, учитывать только линии. Кроме того, там указан номер пункта, в котором по условиям режима напряжения необходимо с помощью БК повысить уровень напряжения на величину  $\Delta U$ , указанную в соседней графе.

Задачу решить классическим методом определения условного экстремума, методом Лагранжа. В последнем учесть необходимость повышения напряжения на шинах НН заданного пункта.

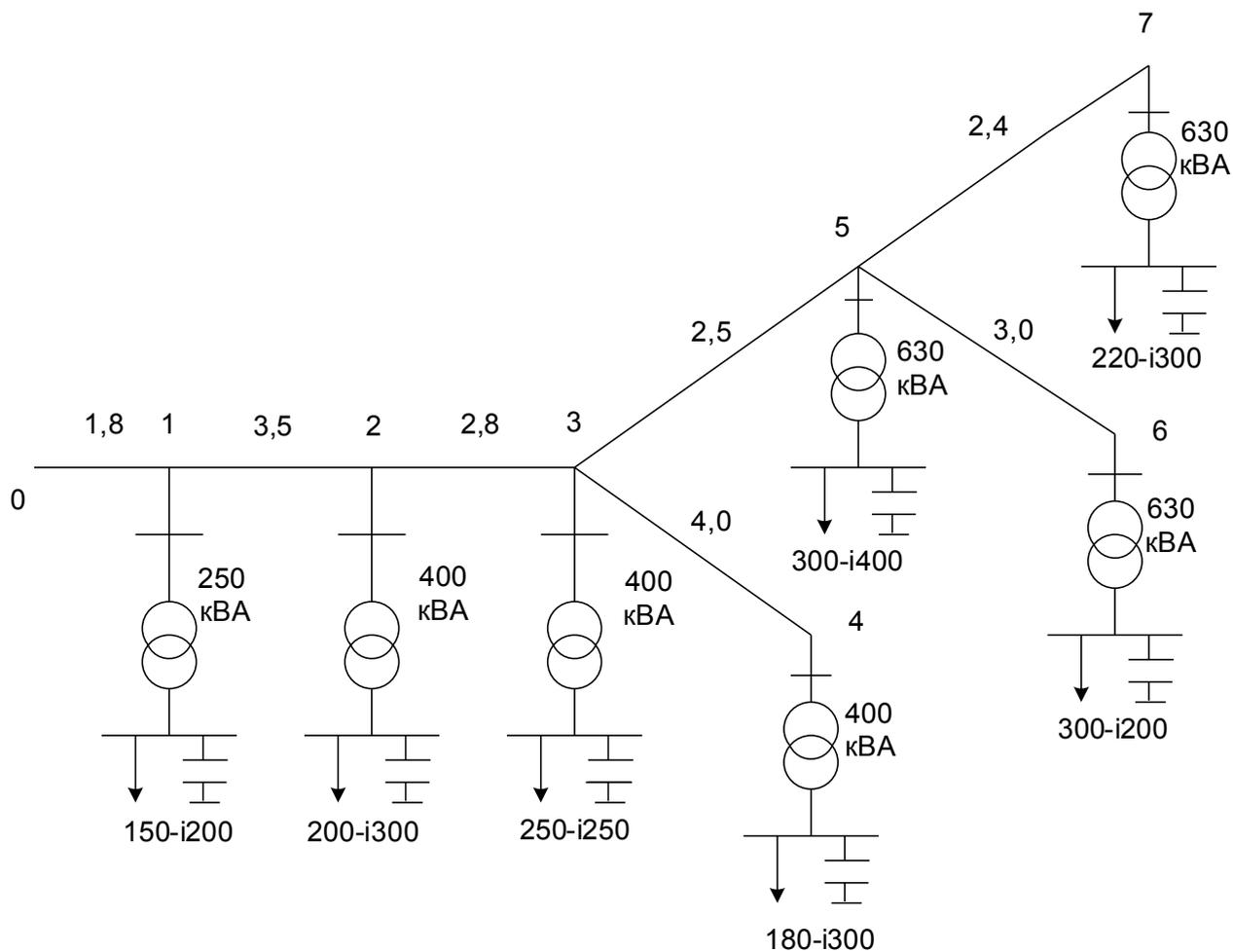


Рис. Схема распределенной сети

Таблица

Таблица вариантов задачи

Номер варианта	Номер пунктов Установки БК	Исключаемые пункты	Повысить напряжение	
			пункта	$\Delta U, \%$
1	1	2	6	1,5
2	2	3	4	1,8
3	3	1	7	2,0
4	2	1	3	1,7
5	2	1	7	1,5
6	4	2	4	1,4

7	1	3	5	1,5
8	2	3	2	1,2
9	3	2	6	1,8

## Задача 2

Выбрать мощности батарей конденсаторов на промышленном предприятии, исходя из минимума капитальных вложений, соблюдая при этом следующие требования:

А) поддерживать на границе балансовой принадлежности заданное энергосистемой значение  $Q_{зр}$ ;

Б) трансформаторы ТП не должны перегружаться;

В) суммарная мощность батарей конденсаторов не должна превышать суммарной реактивной нагрузки потребителей сети.

Стоимость батарей конденсаторов на напряжения 10 кВ и 0,4 кВ составляет соответственно  $K_0 = 4$  руб/квар и  $K_0 = 11$  руб/квар.

При решении задачи предусмотреть установку двух батарей конденсаторов на стороне 0,4 кВ и двух – на стороне 10 кВ.

Задачу решить симплекс-методом.

Исходные данные приведены в таблице

Таблица

### Исходные данные к задаче

Номер варианта	Параметры трансформаторов и нагрузок						$Q_{з1}$
	$S_{T1}$ , кВА	$P_1$ , кВт	$Q_1$ , квар	$S_{T2}$ , кВА	$P_2$ , кВт	$Q_2$ , квар	
1	630	490	520	400	320	300	390
2	630	500	500	630	510	480	333
3	400	300	320	400	280	350	280
4	400	250	340	250	150	240	245
5	250	180	220	250	210	190	130
6	250	200	180	160	140	110	160
7	160	130	130	160	120	140	165
8	1000	800	800	630	550	500	650
9	1000	850	850	1000	700	800	480

### Задача 3

Транспортная задача. Имеется 3 пункта производства электроэнергии  $n_i$  и 5 пункта потребления  $m_j$ . Заданы объемы производства электроэнергии  $a_i$  для каждого пункта и размеры потребления  $b_j$  для каждого потребления. Известна стоимость транзита  $c_{ij}$  из  $i$ -го пункта в  $j$ -й. Требуется составить наиболее экономическую схему транзита. Решить правилом наименьшего элемента, правилом «северо-западного угла».

#### Вариант-1

	B1	B2	B3	B4	B5	Наличие
A1	2	4	5	5	3	120
A2	1	6	4	3	6	180
A3	4	5	1	10	9	230
Потребность	70	120	105	125	110	530

#### Вариант-2

	B1	B2	B3	B4	B5	Наличие
A1	2	4	5	7	9	1000
A2	1	6	3	5	4	4000
A3	6	3	2	1	10	2000
Потребность	450	650	3200	500	2200	7000

**Вариант-3**

	B1	B2	B3	B4	B5	Наличие
A1	21	4	12	7	9	150
A2	11	16	3	5	13	200
A3	15	3	2	10	10	150
Потребность	80	110	60	140	110	500

**Вариант-4**

	B1	B2	B3	B4	B5	Наличие
A1	11	4	15	7	2	350
A2	20	9	7	14	5	350
A3	18	10	3	8	6	300
Потребность	180	220	230	270	100	1000

**Вариант-5**

	B1	B2	B3	B4	B5	Наличие
A1	7	4	20	3	15	225
A2	12	3	14	10	20	250
A3	18	15	25	11	15	125
Потребность	150	110	135	85	120	600

**Задача 4**

Номер варианта	Составить математическую модель для дальнейшего исследования на ЭВМ, определить критерии подобия и масштабы модели на основе метода анализа размерностей, на основе правила интегральных аналогов
1	Построить модель лавинообразного пробоя изолятора в зависимости от температуры окружающей среды

2	Оценить процесс вынужденных механических колебаний, возникающих при включении (отключении) масляного выключателя
3	Построить модель потерь реактивной мощности в асинхронном двигателе при изменении параметров сети
4	Построить модель зависимости теплового режима обмоток трансформатора при коротком замыкании на вводе
5	Составить математическую модель кольцевой эл. сети, состоящей из 5 двухтрансформаторных подстанций, соединенных ЛЭП 110 кВ для исследования потоков мощности и потерь на участках сети
6	Определить механическое усилие, действующее на обмотки трансформатора при переходном процессе
7	Оценить частоту и момент на валу синхронного двигателя при изменении параметров сети
8	Оценить влияние искажений напряжения на режим работы группы асинхронных двигателей
9	Оценить влияние электромагнитного поля, создаваемого ЛЭП, на потери в ЛЭП

### Задача 5

Применить статистический метод факторного планирования эксперимента и расчета к оценке статической устойчивости электрических систем. Система содержит два эквивалентных генератора  $G_1$  и  $G_2$ , работающих на общую нагрузку (рис. ).

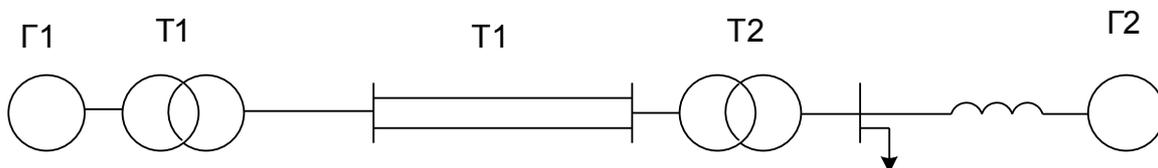


Рис. Эквивалентная схема системы

### 11. Контрольные вопросы к зачету.

1. Научно-технический прогресс (НТП) и инженерная деятельность.
2. Развитие науки на современном этапе.
3. История науки и изобретательства.
4. Роль энергетики и развитие НТП.
5. Изобретательство и новая техника. Роль научного и технического творчества в инженерной деятельности.

6. Значение квалифицированного специалиста в хозяйственной деятельности общества.
7. Организационная структура науки.
8. Планирование научных исследований.
9. Управление научными исследованиями, связь с производством.
10. Система подготовки и использования научно-технических кадров.
11. Научно-исследовательская работа в вузе.
12. Организация учебно-исследовательской работы студентов.
13. Научные и изобретательские общественные организации.
14. Структура научного исследования.
15. Научная проблема, гипотеза, теория.
16. Сущность этапов научного исследования.
17. Анализ этапов научного исследования: объект исследования, научная задача, модель, постановка научной задачи, решение, экспериментальная проверка.
18. Выбор объекта исследования. Выбор научной задачи.
19. Источники научных задач.
20. Математическое моделирование.
21. Физическое моделирование.
22. Классификация моделирования. Два аспекта моделирования.
23. Принципы построения моделей.
24. Задачи теории подобия как основы научно-технического эксперимента.
25. Теоремы подобия.
26. Преобразование критериев подобия и критериальное описание подобных процессов.
27. Методика определения критериев подобия способом интегральных аналогов.
28. Определение масштабов модели на основе анализа размерностей.
29. Постановка научной задачи. Задачи и методы теоретических исследований.

30. Приемы и методы упрощения решения уравнений.
31. Использование математических методов в исследовании электроэнергетики.
32. Аналитические методы.
33. Вероятностно-статистический анализ.
34. Экспериментальные исследования систем энергетики.
35. Классификация, типы и задачи эксперимента.
36. Постановка инженерного эксперимента.
37. Обработка результатов экспериментальных исследований в электроэнергетике. Планирование эксперимента.
38. Полный и дробный факторный эксперимент.
39. Регрессионный анализ.
40. Оценка адекватности теоретических решений.
41. Оформление результатов научных исследований. Отчет, статья, доклад, монография.
42. Защита результатов научно-исследовательской работы.
43. Эффективность и критерии оценки научной работы.
44. Задача оптимизации, основные принципы построения целевой функции.
45. Методы дифференцирования целевой функции.
46. Общая задача математического программирования.
47. Методы линейного программирования.
48. Симплекс-метод.
49. Транспортная задача. Правило северо-западного угла.
50. Транспортная задача. Правило наименьшего элемента.
51. Эвристика и ее сущность.
52. Морфологический анализ.
53. Ассоциативные методы поиска технических решений.
54. Метод контрольных вопросов.
55. Обобщенный эвристический алгоритм.
56. Этапы творческого процесса. Выбор изобретательской задачи, ее анализ.

- 57.Выявление противоречий. Виды противоречий.
- 58.Физические эффекты и явления, их применение при решении электроэнергетической задачи.
- 59.Фонд технических решений. Новые материалы и их применение при решении изобретательских задач.
- 60.Типовые приемы устранения технических противоречий.
- 61.Фонд эвристических приемов.
- 62.Стандарты на решение изобретательских задач.
- 63.Вепольный анализ и его применение для устранения физических противоречий.
64. Синтез нового технического решения.

**12. Карта обеспеченности дисциплины кадрами профессорско-преподавательского состава**

*Таблица*

**Карта обеспеченности дисциплины кадрами профессорско-преподавательского состава**

Вид учебной нагрузки	ППС
Лекции	Гурина Л.А., доц., канд. техн. наук
Практические занятия	Гурина Л.А., Панькова Д.Н., ст. преподаватель
Зачет	Гурина Л.А.