

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**Кафедра управления в технических системах**

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_ Е.И. Луковникова

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ**

**Б1.В.ДВ.03.02**

**НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ**

**11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи**

**ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ**

**Многоканальные телекоммуникационные системы**

Программа академического бакалавриата

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

<b>1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>	<b>3</b>
<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>	<b>3</b>
<b>3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ</b>	<b>4</b>
3.1 Распределение объёма дисциплины по формам обучения.....	4
3.2 Распределение объёма дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости .....	4
<b>4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>5</b>
4.1 Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий .....	5
4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам .....	6
4.3 Лабораторные работы.....	19
4.4 Семинары / практические занятия.....	19
4.5. Контрольные мероприятия: курсовая работа.....	19
<b>5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>21</b>
<b>6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b>	<b>22</b>
<b>7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>22</b>
<b>8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>22</b>
<b>9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>23</b>
9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ/практических работ	23
<b>10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>30</b>
<b>11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>30</b>
<b>Приложение 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.....</b>	<b>31</b>
<b>Приложение 2. Аннотация рабочей программы дисциплины .....</b>	<b>35</b>
<b>Приложение 3. Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе .....</b>	<b>36</b>
<b>Приложение 4. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости по дисциплине.....</b>	<b>37</b>

# 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

## Вид деятельности выпускника

Дисциплина охватывает круг вопросов, относящихся к экспериментально-исследовательскому виду профессиональной деятельности выпускника в соответствии с компетенциями и видами деятельности, указанными в учебном плане.

## Цель дисциплины

Формирование у обучающихся компетенций в области моделирования, построения систем управления и их математических моделей.

## Задачи дисциплины

Подготовить студентов к самостоятельной работе по построению математических моделей систем, применению различных методов моделирования и оптимизации.

Код компетенции	Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
1	2	3
ОПК-4	способность иметь навыки самостоятельной работы на компьютере и в компьютерных сетях, осуществлять компьютерное моделирование устройств, систем и процессов с использованием универсальных пакетов прикладных компьютерных программ	<b>знать:</b> современные теоретические и экспериментальные методы математического моделирования. <b>уметь:</b> проводить эксперименты по заданной методике, обработке и анализу полученных результатов с привлечением соответствующего математического аппарата. <b>владеть:</b> навыками свободного обращения с компьютерными программами по моделированию систем.
ПК-16	готовность изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования	<b>знать:</b> виды математического моделирования. <b>уметь:</b> выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе математического моделирования объектов. <b>владеть:</b> методами математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.

# 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Б1.В.ДВ.03.02 Моделирование систем управления является дисциплиной по выбору.

Дисциплина Моделирование систем управления базируется на знаниях, полученных при изучении дисциплины Б1.Б.07 Дискретная математика.

Основываясь на изучении этой дисциплины, Моделирование систем управления представляет основу для изучения дисциплин: Б1.В.13 Многоканальные телекоммуникационные системы, Б1.В.15 Проектирование и эксплуатация систем передачи.

Такое системное междисциплинарное изучение направлено на достижение требуемого ФГОС уровня подготовки по квалификации бакалавр.

### 3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1. Распределение объема дисциплины по формам обучения

Форма обучения	Курс	Семестр	Трудоемкость дисциплины в часах						Курсовая работа (проект), контрольная работа, реферат, РГР	Вид промежуточной аттестации
			Всего часов	Аудиторных часов	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Очная	2	4	108	54	18	18	18	54	КР	Зачет
Заочная	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Заочная (ускоренное обучение)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Очно-заочная	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

#### 3.2. Распределение объема дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости

Вид учебных занятий	Трудоемкость (час.)	в т.ч. в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)	Распределение по семестрам, час
			4
1	2	3	4
<b>I. Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего)</b>	54	16	54
Лекции (Лк)	18	4	18
Лабораторные работы (ЛР)	18	6	18
Практические занятия (ПЗ)	18	6	18
Курсовая работа (КР)	+	-	+
Групповые (индивидуальные) консультации	+	-	+
<b>II. Самостоятельная работа обучающихся (СР)</b>	54	-	54
Подготовка к лабораторным работам	12		12
Подготовка к практическим занятиям	12	-	12
Подготовка к зачету	15		15
Выполнение курсовой работы	15	-	15
<b>III. Промежуточная аттестация зачет</b>	+	-	+
Общая трудоемкость дисциплины	108	-	108
зач. ед.	3	-	4

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий - для очной формы обучения:

№ раздела и темы	Наименование раздела и тема дисциплины	Трудоемкость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость; (час.)			
			учебные занятия			самостоятельная работа обучающихся
			лекции	лабораторные работы	практические занятия	
1	2	3	4	5	6	7
<b>1.</b>	<b>Моделирование - основные положения и определения</b>	<b>24</b>	<b>3</b>	<b>-</b>	<b>9</b>	<b>12</b>
1.1	Классификация видов моделирования	8	1	-	3	4
1.2.	Материальное моделирование	8	1	-	3	4
1.3.	Аналоговое моделирование.	8	1	-	3	4
<b>2.</b>	<b>Математическое моделирование</b>	<b>28</b>	<b>5</b>	<b>-</b>	<b>9</b>	<b>14</b>
2.1.	Классификация математических моделей	6	1	-	3	2
2.2.	Вычислительный эксперимент	8	1	-	3	4
2.3.	Способы проведения эксперимента	14	3	-	3	8
<b>3.</b>	<b>Задачи и методы оптимизации</b>	<b>28</b>	<b>5</b>	<b>9</b>	<b>-</b>	<b>14</b>
3.1.	Параметры и факторы оптимизации	6	1	3	-	2
3.2.	Методы нахождения оптимума	6	1	3	-	2
3.3.	Методы оптимизации	16	3	3	-	10
<b>4.</b>	<b>Линейное программирование</b>	<b>28</b>	<b>5</b>	<b>9</b>	<b>-</b>	<b>14</b>
4.1.	Основные понятия линейного программирования	6	1	2	-	3
4.2.	Симплекс–метод линейного программирования	8	2	3	-	3
4.3.	Транспортная задача	7	1	2	-	4
4.4.	Игровые критерии оптимизации	7	1	2	-	4
	<b>ИТОГО</b>	<b>108</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>54</b>

## 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам

### Раздел 1. Моделирование – основные понятия и определения

Занятие проводится в интерактивной форме с разбором конкретных ситуаций (1 ч)

**МОДЕЛЬ** (франц. *modèle*, итал. *modello*, от лат. *modulus* — мера, мерило, образец, норма):

- образец, служащий эталоном (стандартом) для серийного или массового воспроизведения (модель автомобиля, модель одежды и т. п.), а также тип, марка какого-либо изделия, конструкции);
- изделие (изготовленное из дерева, глины, воска, гипса и др.), с которого снимается форма для воспроизведения в другом материале (металле, гипсе и др.);
- человек, позирующий художнику (натурщик), и вообще изображаемые объекты («натура»);
- устройство, воспроизводящее, имитирующее (обычно в уменьшенном масштабе) строение и действие какого-либо другого устройства в научных, практических (например, в производственных испытаниях) или спортивных целях.

Модель – это упрощенная система, отражающая отдельные стороны явлений изучаемого объекта. Каждый изучаемый процесс можно описать различными моделями, при этом ни одна модель не может сделать это абсолютно полно и всесторонне. Однако использование упрощенной модели, отражающей отдельные черты исследуемого объекта, позволяет яснее увидеть взаимосвязь причин и следствий, входов и выходов, быстрее сделать необходимые выводы, принять правильные решения.

Таким образом, модель нужна для того, чтобы:

- 1) понять, как устроен объект, его структуру, свойства, законы взаимодействия с окружающим миром;
- 2) научиться управлять объектом или процессом, определить наилучшие способы управления;
- 3) прогнозировать последствия воздействий на объект.

Процесс построения модели называется моделированием.

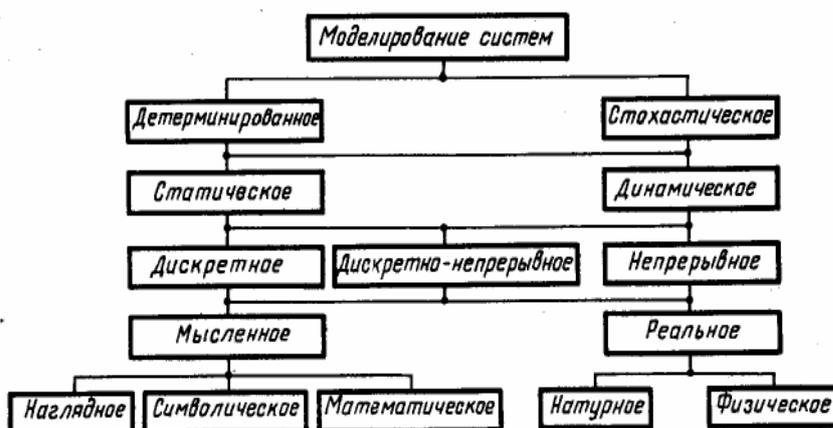
#### Тема 1.1 Классификация видов моделирования.

Основным методом исследования систем является метод моделирования, т.е. способность теоретического анализа и практического действия, направленная на разработку и использование моделей.

**Модель** - это материальный или мысленно представляемый объект, который в процессе исследования замещает - объект-оригинал так, что его изучение дает новые знания о реальном объекте.

**Моделирование** - циклический процесс, при котором знания об исследуемом объекте расширяются и уточняются, а исходная модель постепенно совершенствуется.

*Классификация видов моделирования*



По учету неизвестных факторов математические модели делятся на детерминированные и стохастические.

В стохастических моделях неизвестные факторы - это случайные величины, для которых известны функции распределения и различные статистические характеристики (математическое ожидание, дисперсия, среднее квадратическое отклонение и т.п.).

В детерминированных моделях неизвестные факторы не учитываются.

Статическое моделирование описывает поведение объекта в какой-либо определенный момент времени, а динамическое моделирование отражает поведение объекта во времени.

Дискретное моделирование служит для описания прерывистых процессов, т.е., проходящих через какой-то промежуток времени, а непрерывное моделирование описывает непрерывные процессы.

В зависимости от формы представления объекта виды моделирования делятся на мысленное и реальное.

Мысленное моделирование может быть реализовано в виде наглядного, символического и математического.

При наглядном моделировании создаются наглядные модели, отображающие явления и процессы, протекающие в объекте.

Символическое моделирование представляет собой искусственный процесс создания логического объекта, с помощью определенной системы знаков или символов.

Математическое моделирование это процесс установления соответствия реальному объекту некоторого математического объекта, называемого математической моделью, и исследование этой модели, позволяющее получать характеристики рассматриваемого реального объекта.

Для реального моделирования используются различные характеристики полученные с реального объекта. Такое моделирование является наиболее адекватным, но его возможности с учетом особенностей реальных объектов ограничены. Реальное моделирование разделяется на натурное и физическое.

### **Тема 1.2 Материальное моделирование.**

Материальным (физическим) является вид моделирования, который состоит в замене изучения некоторого объекта или явления экспериментальным исследованием его модели, имеющей ту же физическую природу.

В науке любой эксперимент, производимый для выявления тех или иных закономерностей изучаемого явления или для проверки правильности и границ применимости найденных теоретическим путем результатов, по существу представляет собою моделирование, т. к. объектом эксперимента является конкретная модель, обладающая необходимыми физическими свойствами, а в ходе эксперимента должны выполняться основные требования, предъявляемые к физическому моделированию.

В технике физическое моделирование используется при проектировании и сооружении различных объектов для определения на соответствующих моделях тех или иных свойств (характеристик) как объекта в целом, так и отдельных его частей.

К физическому моделированию прибегают не только по экономическим соображениям, но и потому, что натурные испытания очень трудно или вообще невозможно осуществить, когда слишком велики (малы) размеры натурального объекта или значения других его характеристик (давления, температуры, скорости протекания процесса и т. п.).

В основе физического моделирования лежат теория подобия и анализ размерностей.

Необходимыми условиями физического моделирования являются геометрическое подобие (подобие формы) и физическое подобие модели и натуры: в сходственные моменты времени и в сходственных точках пространства значения переменных величин, характеризующих явления для натуры, должны быть пропорциональны значениям тех же величин для модели. Наличие такой пропорциональности позволяет производить пересчет экспериментальных результатов, получаемых для модели, на натуру путем умножения каждой из определяемых величин на постоянный для всех величин данной размерности множитель — коэффициент подобия.

Чаще всего к физическому моделированию прибегают при исследовании различных механических (включая гидроаэромеханику и механику деформируемого твердого тела),

тепловых и электродинамических явлений. При этом число и вид критериев подобия для каждого моделируемого явления зависит от его природы и особенностей.

### **Тема 1.3 Аналоговое моделирование.**

Это один из важнейших видов моделирования, основанный на аналогии явлений, имеющих различную физическую природу, но описываемых одинаковыми математическими (дифференциальными, алгебраическими или какими-либо другими) уравнениями. Эти уравнения могут служить «теоретической моделью» обеих систем, любая же из них — «экспериментальной моделью» этого уравнения и «аналоговой моделью» друг друга.

В настоящее время значение аналогового моделирования значительно уменьшилось, т.к. моделирование на ЭВМ имеет большие преимущества перед ним в отношении точности моделирования и универсальности. Но в достаточно фиксированных и специальных задачах аналоговое моделирование имеет свои преимущества (простота, а тем самым и дешевизна технического выполнения).

## **Раздел 2. Математическое моделирование**

*Занятие проводится в интерактивной форме с разбором конкретных ситуаций (1 ч)*

### **Тема 2.1 Классификация математических моделей**

1. Модели прогноза, или расчетные модели без управления Основное назначение этих моделей – дать прогноз о поведении системы во времени и в пространстве, зная начальное состояние и информацию о поведении ее на границе.

2. Оптимизационные модели:

- Стационарные модели используются на уровне проектирования различных технологических систем.
- Динамические – как на уровне проектирования, так и для оптимального управления различными процессами – технологическими, экономическими и др.

В задачах оптимизации имеется два направления. К первому относятся детерминированные задачи. Вся входная информация в них является полностью определяемой.

Второе направление относится к стохастическим процессам. В этих задачах некоторые параметры носят случайный характер или содержат элемент неопределенности.

Методы отыскания экстремума функции многих переменных с различными ограничениями часто называются методами математического программирования.

#### **Этапы математизации знаний**

Современная методология науки выделяет три этапа математизации знаний:

- математическая обработка эмпирических (экспериментальных) данных;
- моделирование;
- относительно полные математические теории.

Первый этап – это математическая, чаще всего количественная обработка эмпирических (экспериментальных) данных. Это этап выявления и выделения чисто функциональных феноменологических взаимосвязей (корреляций) между входными сигналами (входами)  $X_i$  и выходными реакциями (откликами)  $Y_i$  на уровне целостного объекта (явления, процесса), которые наблюдают в экспериментах с объектами-оригиналами. Данный этап математизации имеет место во всякой науке и может быть определен как этап первичной обработки ее эмпирического материала.

Второй этап математизации знаний - модельный. На этом этапе математизации, т.е. этапе математического моделирования, осуществляется попытка теоретического воспроизведения некоторого интересующего нас объекта-оригинала в форме другого объекта - математической модели.

Третий этап – это этап относительно полной математической теории данного уровня организации материи в данной или рассматриваемой предметной области. Третий этап предполагает существование логически полной системы понятий и аксиом. Математическая теория дает методологию и язык, пригодные для описания явлений, процессов и систем различного назначения.

## Тема 2.2 Вычислительный эксперимент.

Основой вычислительного эксперимента является математическое моделирование, теоретической базой – прикладная математика, а технической – ЭВМ.

Вычислительный эксперимент – это эксперимент над математической моделью объекта на ЭВМ, который состоит в том, что по одним параметрам модели вычисляются другие ее параметры и на этой основе делаются выводы о свойствах явления, описываемого математической моделью.

Основные этапы эксперимента:

- проведение натурального эксперимента;
- построение математической модели;
- выбор и применение численного метода для нахождения решения;
- обработка результатов вычислений;
- сравнение с результатами натурального эксперимента;
- принятие решения о продолжении натуральных экспериментов;
- продолжение натурального эксперимента для получения данных, необходимых для уточнения модели;
- накопление экспериментальных данных;
- построение математической модели;
- автоматическое построение программной реализации математической модели;
- автоматизированное нахождение численного решения;
- автоматизированное преобразование вычислительных результатов в форму, удобную для анализа;
- принятие решения о продолжении натуральных экспериментов.

Вычислительный эксперимент включает в себя следующие этапы:

- 1) физическое описание процесса, т.е. уяснение закономерности протекаемых явлений;
- 2) разработка математической модели;
- 3) алгоритм или метод решения уравнений;
- 4) разработка программ;
- 5) проведение расчетов, анализ результатов и оптимизация.



Тем самым основу вычислительного эксперимента составляет: модель – алгоритм – программа. Опыт решения крупных задач показывает, что метод математического моделирования и вычислительный эксперимент соединяют в себе преимущества традиционных теоретических и экспериментальных методов исследования.

## Тема 2.3. Способы проведения эксперимента

Активный эксперимент состоит в целенаправленном изменении входных параметров технологического процесса. В основе этого метода лежит планирование эксперимента. Активный эксперимент позволяет за счет целенаправленного изменения входных параметров получать необходимый объем информации при существенно меньшем числе опытов, чем при пассивном эксперименте. Различают следующие активные методы эксперимента.

### *Эмпирический метод*

При использовании эмпирических методов математическое описание составляется следующим образом:

- 1) проводятся эксперименты методом «черного ящика», т.е. изучается реакция объекта на различные возмущения;
- 2) осуществляется статистическая обработка результатов и поиск наилучшей формы аппроксимации полученных данных;

3) строится математическое описание.

Единственным критерием применимости полученного математического описания является наибольшая простота уравнений при хорошей аппроксимации экспериментальных данных.

Достоинства:

- простота описания;
- доступность получения моделей;
- возможность построения модели при отсутствии теории процесса.

Недостатки:

- невозможность применения модели для режимов, в которых не проводились измерения;
- невозможность применения модели при переходе к другим установкам;
- невозможность экстраполяции результатов.

Эмпирические методы применимы для изучения сложных систем, если их структура не изменяется во времени, теория процесса неизвестна и когда необходимо быстро получить модель без исследования процесса.

*Экспериментально – аналитический метод*

При использовании этого метода исследователь пытается определить физическую сущность явлений, протекающих в объекте. Используется декомпозиция сложного явления, т.е. на основе анализа определяются более простые, элементарные процессы, которые можно исследовать более доступными способами.

После анализа влияния элементарных процессов на процесс в целом несущественные факторы отбрасываются и выбирается тот элементарный процесс, который оказывает наиболее существенное влияние. Затем составляется математическое описание, причем не в форме полинома, а в виде зависимости, которая характерна для данного элементарного процесса. Влияние остальных элементарных процессов учитывается посредством изменения коэффициентов, входящих в эту зависимость.

Достоинства: лучше описывает нелинейные свойства объекта моделирования, т.к. позволяет более надежно выбирать вид уравнения.

Недостатки: эффективные коэффициенты изменяются в зависимости от условия проведения опытов, поэтому экспериментально – аналитическая модель справедлива лишь в том интервале, в котором производился эксперимент.

*Теоретический метод*

Этот метод предполагает составление математического описания на основе детального изучения и глубокого понимания физических и химических закономерностей процессов, протекающих в нем. Составленное на основе этого метода математическое описание дает возможность с большей точностью предсказывать результаты протекания процесса в заданных нами условиях.

Теоретический метод – наиболее надежный способ составления математического описания.

Достоинства: возможность широкой экстраполяции, разделение сложного процесса на отдельные составляющие и исследование процесса по частям облегчает составление модели процесса в целом, возможность изучения процесса на разных уровнях.

Недостатки: трудность создания надежной теории сложных процессов, невозможность использования при неизвестном механизме процесса, большие затраты времени.

Выбор того или иного метода зависит от важности и степени сложности процесса.

### **Раздел 3. Задачи и методы оптимизации**

#### **Тема 3.1. Параметры и факторы оптимизации**

Оптимизация технологического процесса производства любой продукции содержит важный этап – определение (отыскание) математической модели или уравнения связи выходного показателя качества изделия (целевой функции, параметра оптимизации) с параметрами этого изделия или технологического процесса (входными факторами).

Поиск оптимальных условий является одной из наиболее распространенных научно-технических задач. Процесс решения этих задач называется процессом оптимизации или просто оптимизацией.

Для описания объекта исследования используют схему «черного» ящика»

Любое экспериментальное исследование содержит три этапа:

- 1) этап постановки задачи;
- 2) этап планирования и проведения эксперимента;
- 3) анализ и интерпретация результатов.

Главной трудностью на этапе постановки задачи является переход с языка специальности на язык планирования эксперимента, на язык математики. Построение математической модели технологического процесса в зависимости от поставленной задачи может преследовать следующие цели:

- минимизировать расход материала на единицу выпускаемой продукции при сохранении качества;
- произвести замену дорогостоящих материалов на более дешевые или дефицитных – на распространенные;
- сократить время обработки в целом или на отдельных операциях, перевести отдельные режимы в некритические зоны;
- снизить трудовые затраты на единицу продукции;
- улучшить частные показатели и общее количество готовой продукции;
- повысить однородность продукции;
- улучшить показатели надежности;
- увеличить надежность и быстродействие управления;
- увеличить эффективность контроля качества;
- создать условия для автоматизации процесса управления и т.п.

#### *Параметры оптимизации*

Прежде всего необходимо выбрать зависимую переменную  $Y$ , которую называется целевой функцией или параметром оптимизации, за который принимают один из показателей качества продукции либо по каждой технологической операции отдельно, либо по всему технологическому процессу сразу.

В зависимости от объекта и цели исследования параметры оптимизации могут быть самыми разными.

Параметр оптимизации должен соответствовать следующим требованиям:

- параметр должен измеряться при любом изменении (комбинации) режимов технологического процесса;
- параметр должен быть статистически эффективным, то есть измеряться с наибольшей точностью;
- параметр должен быть информационным, то есть всесторонне характеризовать технологический процесс (операцию);
- параметр должен иметь физический смысл, то есть должна присутствовать возможность достижения полезных результатов при соответствующих условиях процесса;
- параметр должен быть однозначным, то есть должна минимизироваться или максимизироваться только одна целевая функция.

В тех случаях, когда оптимизироваться должны две целевые функции ( $P$  и  $W$ ), их можно объединить в один параметр оптимизации посредством линейной комбинации.

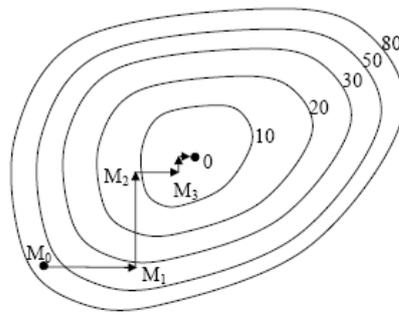
### **Тема 3.2. Методы нахождения оптимума**

Существует несколько вариантов:

- перебор всех значений факторов – очень трудоемкая операция;
- случайный выбор некоторых состояний и определение откликов в надежде на оптимальный вариант. Таким способом можно попасть в оптимум быстро, но существует также вероятность перебирать их слишком долго;
- построение математической модели и предсказание по ней значений откликов, которые не изучались экспериментально.

#### *Метод покоординатного спуска*

Пусть нужно найти наименьшее значение целевой функции. Выберем какую-нибудь начальную точку  $M_0$  и зафиксируем значения всех факторов, кроме первого.

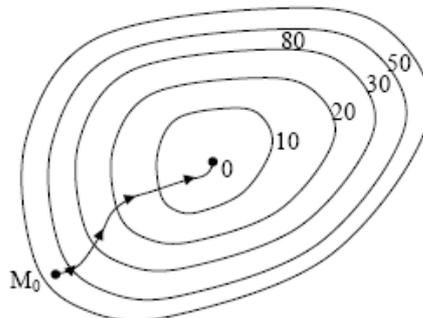


Изменяя значения этого фактора, будем двигаться в сторону убывания функции, пока не дойдем до ее минимума. Обозначим эту точку  $M_1$ . Фиксируем теперь все факторы, кроме второго, и движемся к минимуму функции (точка  $M_3$ ). Фиксируем следующий фактор и так далее. Дойдя до последнего фактора, снова вернемся к первому фактору и продолжим поиск наименьшего значения функции.

#### *Метод градиентного спуска*

Направление градиента является направлением наиболее быстрого возрастания функции в данной точке. Противоположное направление называют антиградиентом. Метод градиентного спуска реализуется следующим образом.

Выберем начальную точку  $M_0$ , вычисляем в этой точке градиент функции и делаем небольшой шаг в обратном антиградиентном направлении. В новой точке повторяем процедуру, пока не дойдем до точки минимума функции. Метод градиентного спуска требует вычисления градиента целевой функции на каждом шаге. Если функция задана аналитически, то это, как правило, не проблема: для частных производных, определяющих градиент, можно получить явные формулы. В противном случае частные производные приходится вычислять приближенно, заменяя их соответствующими разностными отношениями



### **Тема 3.3. Методы оптимизации**

#### *Метод крутого восхождения*

Рассмотрим вопрос о том, как использовать эти модели для оптимизации процессов или свойств многокомпонентных систем.

Следует иметь в виду, что качество процесса обычно характеризуется несколькими функциями отклика. Однако обычно невозможно найти такое сочетание значений влияющих факторов, при котором одновременно достигаются экстремумы всех интересующих экспериментатора функций отклика. Например, максимальная производительность оборудования и минимальная себестоимость продукции обычно достигаются при различных технологических режимах.

Важно отметить, что как влияющие факторы, так и функции отклика могут изменяться только в определенных пределах. Так, концентрации реагентов не могут быть отрицательными, температура и давление в аппарате не могут превышать безопасных пределов, себестоимость продукции должна быть не выше плановой и т.п. Следовательно, оптимизацию процессов, как правило, осуществляют в условиях ограничений на влияющие факторы и функции отклика.

Величина, характеризующая уровень оптимизации процесса, называется критерием оптимальности. В частном случае критерием оптимальности может быть одна из функций отклика, характеризующих процесс.

Оптимизация процесса представляет собой целенаправленный поиск значений влияющих факторов, при которых достигается экстремум критерия оптимальности (с учетом ограничений, наложенных на все влияющие факторы и функции отклика).

Движение к оптимуму начинают из центра плана, который использовался для получения математического описания функции отклика.

Значения факторов на каждом новом шаге находят путем прибавления  $\Delta x_i$  к соответствующим предыдущим значениям. Так осуществляется оптимизация по методу крутого восхождения.

Если же ищется минимум функции  $y$ , то новые значения факторов находят из предыдущих путем вычитания  $\Delta x_i$ . Такой способ оптимизации называют методом наискорейшего спуска.

Движение к оптимуму прекращают в следующих случаях:

- значения (одного или нескольких) факторов или функций отклика вышли на границы допустимых значений;
- достигнут экстремум критерия оптимальности  $y$ .

В первом случае на этом оптимизация заканчивается, а во втором – в области экстремума функции  $y$  ищут ее новое математическое описание, используя полный или дробный факторный эксперимент. Если удастся получить адекватное описание этой функции в виде полинома, то продолжают оптимизацию методом крутого восхождения. Очевидно, оптимум, найденный в результате первого крутого восхождения, был локальным.

*Симплексный метод*

Симплексом называется правильный многогранник, имеющий  $n + 1$  вершину, где  $n$  – число факторов, влияющих на процесс. Так, если факторов два, то симплексом является правильный треугольник.

Начальная серия опытов соответствует вершинам исходного симплекса (точки 1, 2 и 3). Условия этих первых опытов берутся из области значений факторов, соответствующих наиболее благоприятным из известных режимов оптимизируемого процесса.

Сравнивая между собой результаты опытов в точках 1, 2 и 3, находят среди них самый «плохой» с точки зрения выбранного критерия оптимальности.

Пусть, например, самым «неудачным» оказался опыт в точке 1. Далее сравнивают между собой результаты опытов в вершинах нового симплекса, отбрасывают самый «неудачный» из них и переносят соответствующую вершину симплекса в точку 5. Затем рассмотренная процедура повторяется в течение всего процесса оптимизации.

Если достигнут экстремум критерия оптимальности, то дальнейшее движение симплекса прекращается. Это значит, что новый шаг возвращает исследователя в предыдущую точку факторного пространства.

Следует иметь в виду, что симплексный метод, так же как и метод крутого восхождения, является локальным методом поиска экстремума. Если существует несколько экстремумов критерия оптимальности, то этот метод позволяет найти тот из них, который расположен ближе к точкам исходного симплекса. Поэтому если есть подозрение о существовании нескольких экстремумов критерия оптимальности, то нужно осуществить их поиск, каждый раз начиная оптимизацию из новой области факторного пространства. Затем следует сравнить между собой найденные оптимальные условия и из всех вариантов выбрать наилучший.

## **Раздел 4. Линейное программирование**

### **Тема 4.1 Основные понятия линейного программирования**

Линейным программированием называют задачи оптимизации, в которых целевая функция является линейной функцией своих аргументов, а условия, определяющие их допустимые значения, имеют вид линейных уравнений и неравенств.

Линейное программирование начало развиваться в первую очередь в связи с задачами экономики, с поиском способов оптимального распределения и использования ресурсов. Оно послужило основой широкого использования математических методов в экономике. Следует подчеркнуть, что в рамках реальных экономических задач число независимых переменных

обычно бывает очень большим (тысячи, десятки тысяч аргументов). Поэтому практическая реализация алгоритмов решения таких задач принципиально невозможна без использования современной вычислительной техники.

Рассмотрим линейную целевую функцию с одной переменной управления:

$$F(Y,X) = A + BX + CY, \quad (4.1)$$

причем линейная модель физического процесса выражается как

$$Y = D + EX. \quad (4.2)$$

Подставив (4.1) в (4.2), получим G-форму целевой функции:

$$G(X) = A + BX + CD + CEX$$

Или  $G(X) = \psi_0 + \psi_1 X$ ,

где  $\psi_0 = A + CD$ ;  $\psi_1 = B + CE$ .

Видно, что при  $\psi_1 > 0$  максимум достигается при  $X = +\infty$ , а минимум – при  $X = -\infty$ .

Таким образом, линейные целевые функции (как с одной переменной, так и с  $n$ -переменными) при отсутствии ограничений не имеют конечного оптимума, поэтому в задачах оптимизации целевой функции ограничения играют принципиальную роль.

Заданная в стандартной форме основная задача линейного программирования состоит в следующем – найти минимальное (или максимальное) значение линейного выражения:

$$G = \psi_0 + \psi_1 X_1 + \psi_2 X_2 + \dots + \psi_m X_m$$

при наличии линейных ограничений, наложенных на неизвестные  $X_1, X_2, \dots, X_m$ , т.е. при наличии ограничений и при условии неотрицательности всех переменных ( $X_i > 0$ ).

#### Тема 4.2 Симплексный метод решения задач линейного программирования.

1. Систему ограничений приводят к виду, когда все знаки в ограничениях одинаковы.
2. Задача ЛП записывается в канонической форме.
3. Определяют любое базисное решение. Наиболее простое решение: когда основные переменные являются свободными и  $= 0$ , а дополнительные переменные являются базисными и равны правым частям СЛУ.
4. Проверяют, является ли базисное решение опорным.
5. Если не является опорным, то из базиса вычёркивают определённую переменную и вводят в базис другую (свободную).
6. Последовательной заменой находят опорное решение.
7. Проверяют опорное решение на оптимальность по определённому алгоритму.
8. Если решение не оптимальное опять проводят замену переменных: базисные на свободные.
9. В результате многократного повторения будет получено либо оптимальное решение, либо противоречивость ограничениям, либо неограниченность целевой функции.

Такая процедура пересчёта коэффициентов в уравнениях при переходе к новому базису может быть формализована и сведена к заполнению стандартных симплексных таблиц.

Алгоритм пересчёта элементов симплексной таблицы при замене базисной переменной  $x_r$  на свободную  $x_k$ .

$$S_{rk}^{нов} = \frac{1}{S_{rk}^{стар}} \quad \text{- для разрешающего элемента (1)}$$

$$S_{rj}^{нов} = \frac{S_{rj}^{стар}}{S_{rk}^{стар}} \quad \text{- для разрешающей строки (2)}$$

$$S_{ik}^{нов} = -\frac{S_{ik}^{стар}}{S_{rk}^{стар}} \quad \text{- для разрешающего столбца (3)}$$

$$S_{ij}^{нов} = S_{ij}^{стар} - \frac{S_{rj}^{стар} S_{ik}^{стар}}{S_{rk}^{стар}} \quad \text{- для всех оставшихся элементов (4).}$$

Строка  $r$ , соответствующая переменной, выводимой из базиса, называется разрешающей строкой.

Столбец  $k$ , соответствующий переменной вводимой в базис называется разрешающим.

Элемент  $g_k$  называется разрешающим элементом.

Алгоритм поиска симплекс метода состоит из 2-х этапов:

1. поиск опорного решения (A □ C)
2. поиск оптимального решения (B □ C)

A – алгоритм выбора разрешающего элемента при поиске опорного.

B – алгоритм выбора разрешающего элемента при поиске оптимального решения.

C – коэффициент пересчёта коэффициентов симплексной таблицы по соотношению (1-4).

#### **АЛГОРИТМ ВЫБОРА РАЗРЕШАЮЩЕГО ЭЛЕМЕНТА ПРИ ПОИСКЕ ОПОРНОГО РЕШЕНИЯ**

Проводим анализ столбца свободных членов. Если все свободные члены являются положительными, то решение является опорным. Пусть какой-то элемент из столбца свободных членов имеет отрицательное значение, тогда проводим анализ элементов этой строки: если среди остальных элементов строки нет отрицательных значений, то система несовместна и не имеет решения. За разрешающий выбирается столбец с наибольшим по модулю отрицательным значением в соответствующей строке, который будем обозначать “k”.

Разрешающая строка определяется по дополнительному соотношению:

$$\alpha_i = \frac{S_{i0}}{S_{ik}} \quad (5),$$

где  $S_{i0}$  – свободный член  $i$ -ой строки;

$S_{ik}$  – коэффициент разрешающего столбца;

В качестве разрешающей выбирается та строка, которая имеет минимальное положительное  $\alpha$ . Разрешающую строку будем обозначать как “r”.

#### **АЛГОРИТМ ВЫБОРА РАЗРЕШАЮЩЕГО ЭЛЕМЕНТА ПРИ ПОИСКЕ ОПТИМАЛЬНОГО РЕШЕНИЯ**

Проводим анализ строки целевой функции L. Если все элементы этой строки являются положительными, то решение является оптимальным. Пусть какой-то элемент из свободных переменных строки целевой функции имеет отрицательное значение, тогда за разрешающий выбирается столбец с наибольшим по модулю отрицательным значением в этой строке, который будем обозначать “k”.

Разрешающая строка  $\alpha$ . выбирается аналогично опорному решению по соотношению (5).

### **Тема 4.3 Транспортная задача.**

*Занятие проводится в интерактивной форме с разбором конкретных ситуаций (1 ч)*

Пусть имеется  $m$  пунктов  $A_1, A_2, \dots, A_m$  в которых производится некоторый однородный продукт, соответственно в количествах  $a_1, \dots, a_m$  единиц. Этот продукт необходимо доставить в  $n$  пунктов потребления  $B_1, B_2, \dots, B_n$  потребности которых в продукте составляют  $b_1, \dots, b_n$  единиц. Стоимость перевозки из каждого пункта производства  $A_i$  ( $i = \overline{1, m}$ ) в каждый пункт потребления  $B_j$  ( $j = \overline{1, n}$ ) известна и равна  $C_{ij}$  единиц.

Требуется найти план перевозок, при котором были бы удовлетворены все потребности, а суммарная стоимость всех перевозок была бы наименьшей. Все запросы производителей должны быть израсходованы.

Обозначим через  $X_{ij}$  - количество единиц груза, запланированных к перевозке от  $i$ -го поставщика к  $j$ -му потребителю.

Тогда условие задачи можно записать в виде таблицы, которую будем называть матрицей планирования.

<i>Поставщики</i>	<i>Потребители</i>				<i>Запасы</i>
	<b>B<sub>1</sub></b>	<b>B<sub>2</sub></b>	.....	<b>B<sub>n</sub></b>	
<b>A<sub>1</sub></b>	$c_{11}$	$c_{12}$	.....	$c_{1n}$	<b>a<sub>1</sub></b>
<b>A<sub>2</sub></b>	$c_{21}$	$c_{22}$	.....	$c_{2n}$	<b>a<sub>2</sub></b>

.....	.....	.....	.....	.....	.....
$A_m$	$c_{m1}$	$c_{m2}$	.....	$c_{mn}$	$a_m$
<b>Потребность и</b>	$b_1$	$b_2$	.....	$b_n$	$\sum a_i = \sum b_j$

Решение ТЗ состоит из двух этапов:

- 1) поиск опорного решения
- 2) поиск оптимального решения.

Поиск опорного решения производится одним из двух методов.

*Определение опорного решения задачи методом северо-западного угла.*

Заключается в последовательном заполнении строк таблицы, начиная с левого верхнего угла (в каждом правом верхнем углу каждой клетки записана стоимость перевозки).

*Определение опорного решения задачи методом наименьшей стоимости.*

Клетки заполняются количеством грузов по мере возрастания стоимости перевозок, т.е. сначала заполняется клетка с минимальной стоимостью, затем следующая и т.д.

*Определение оптимального решения задачи методом потенциалов.*

1. Каждому поставщику и потребителю ставится в соответствии переменная, называемая потенциалом. ( $U_i$  - для поставщика,  $V_j$  - для потребителя).

2. Для каждой заполненной клетки (где имеется  $X$ ) составляем уравнение вида  $C_{ij} = U_i + V_j$ . Из этой системы определяются значения переменных  $U_i$  и  $V_j$ .

3. Используя полученные значения переменных для пустых клеток, определяется величина псевдостоймости:  $Z_{ij} = U_i + V_j$ , и затем для этих пустых клеток вычисляем величина  $\delta$ , как разность между исходной стоимостью и найденной  $\delta_{ij} = C_{ij} - Z_{ij}$ .

4. Полученное значение  $\delta_{ij}$  заносится в левый верхний угол незаполненных клеток.

5. Если среди полученных  $\delta_{ij}$  ( $\delta_{ij} < 0$ ) нет отрицательных, то получено оптимальное решение, при этом  $L \rightarrow \min$

6. Иначе, среди полученных отрицательных  $\delta_{ij}$  выбирается наибольшее по модулю и соответствующая пустая клетка принимается за вершину цикла.

Цикл - прямоугольный многоугольник, одна из вершин которого находится в выбранной незаполненной клетке, где  $|\delta_{ij}|$  имеет максимальное значение среди остальных отрицательных  $\delta$ , остальные вершины находятся в заполненных клетках.

Т.о. цикл может быть 4-х, 6-ти, 8-ми угольником.

7. Вершины цикла маркируются последовательно чередующимися знаками "+" и "-", начиная с исходной величины (где  $\delta$  - отрицательная). В исходной вершине ставим знак "+".

8. Находим минимальный объем перевозимого груза  $X_{ij}$  среди отрицательных величин. Эта величина груза списывается со всех отрицательных вершин и добавляется к положительным вершинам, при этом состав клеток изменяется.

Для нового состава клеток повторяются шаги поиска оптимального решения (п.п. 1-8).

Для полученного оптимального решения ( $\delta_{ij} > 0$ ) рассчитывают  $L$  - стоимость всего плана.

#### **Тема 4.4 Игровые критерии оптимизации.**

*Занятие проводится в интерактивной форме с разбором конкретных ситуаций (1 ч)*

Пусть предполагается строительство пяти типов станций:  $U_1$  – электрических;  $U_2$  - тепловых,  $U_3$  - приплотинных,  $U_4$  - бесшлюзовых и  $U_5$  - шлюзовых. Эффективность каждого из типов зависит от различных факторов: режима течения рек, стоимости топлива и его перевозки, режима работы, удалённости от дорог и стоимости перевозок машин и механизмов в данные регионы. Такие факторы обозначим через  $P_1, P_2, P_3, P_4$  и  $P_5$ . В каждом

из этих случаев рассчитана экономическая эффективность для определенного типа станций в данном регионе.

	P1	P2	P3	P4	P5
U1					
U2					
U3					
U4					
U5					

$U_i$  - называется альтернативой, вариантом решения или стратегией игрока.

$P_j$  - условия или пути развития.

$Z_{ij}$  - исход  $i$ -го решения при  $j$ -ом условии (выигрыш или проигрыш игрока при выборе им стратегии  $i$  в ситуации  $j$ ).

Выбор альтернативы или стратегии игроком может производиться с помощью различных критериев.

Классические критерии принятия решений.

*Критерий Лапласа-Байеса.*

Когда условия (пути развития) неизвестны, то для их оценки используют принцип недостаточного обоснования Лапласа. Пусть известно, что природа может принимать  $n$  различных состояний, вероятности которых в каждый момент равновероятны. Вероятность

$$p_i = \frac{1}{n}$$

того, что природа примет определенное состояние равна  $\frac{1}{n}$ . Тогда для каждой стратегии выигрыш может рассчитываться как среднее арифметическое по всем состояниям природы (вычисляется столбец средних значений строк, из них выбирается максимальное).

$$Z_i = \text{medium}_i Z_{ij} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n Z_{ij} \quad Z^{opt} = \max_j Z_j$$

Основная формула:

$$Z^{opt} = \max_j \text{medium}_i Z_{ij} = \max_j \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Z_{ij}$$

Выбираем, в какой строке находится данное значение, т.е. по критерию Лапласа-Байеса рекомендуется строить в данной местности такую то станцию и выигрыш составит ... единицы.

*Игровой критерий Вальда.*

Это решение, при котором максимизируется минимально возможный доход. Это наиболее осторожный подход к принятию решений учитывающий все возможные риски. Его называют пессимистическим или критерием сверхосторожности. При минимаксе минимизируются максимально возможные потери.

Для каждой стратегии выбирается минимальный выигрыш (по строкам) и из них выбирается максимальный выигрыш (по столбцам).

$Z_j = \min_i Z_{ij}$ ; оптимальные затраты  $Z^{opt} = \max_j Z_j$ .

Основная формула:

$$Z^{opt} = \max_j \min_i Z_{ij}$$

Выбираем, в какой строке находится данное значение, т.е. по критерию Вальда рекомендуется строить в данной местности такую то станцию и выигрыш составит ...единицу.

*Критерий азартного игрока.*

Это критерий, при котором принимается решение по максимизации максимально возможных доходов. Данный метод очень оптимистичен, то есть не учитывает возможные потери и, следовательно, самый рискованный.

Для каждой стратегии выбирается максимальный выигрыш (по строкам) и из них выбирается максимальный выигрыш (по столбцам).

$$Z_j = \max_i Z_{ij} \quad Z^{onm} = \max_j Z_j$$

Основная формула:

$$Z^{onm} = \max_i \max_j Z_{ij}$$

Выбираем, в какой строке находится данное значение, т.е. по критерию азартного игрока рекомендуется строить в данной местности такую то станцию и выигрыш составит ... единицы.

*Критерий Гурвица.*

Данный критерий является компромиссом между максиминным и максимаксным решениями, т.е. любое из решений имеет наибольший или наименьший выигрыш. Тогда имеет смысл найти промежуточное между ними решение. Данный критерий является одним из самых оптимальных

При этом выигрыш по строке:

$$Z_i = \alpha \max_j Z_{ij} + (1 - \alpha) \min_j Z_{ij}$$

$$Z^{onm} = \max_j Z_i$$

Основная формула:

$$Z^{onm} = \max_i \left[ \alpha \max_j Z_{ij} + (1 - \alpha) \min_j Z_{ij} \right]$$

, где  $0 \leq \alpha \leq 1$

Значение  $\alpha$  выбирают на основании субъективных соображений. Если эти состояния природы могут появиться с одинаковой вероятностью, то  $\alpha$  выбирают равной 0,5.

Выбираем, в какой строке находится данное значение, т.е. по критерию Гурвица рекомендуется строить в данной местности такую то станцию и выигрыш составит ... единицы.

*Критерий минимального риска Сэвиджа.*

Согласно этому критерию на основании платежной матрицы составляют матрицу риска, в которой записываются не приведенные выигрыши  $Z_{ij}$ , а риски  $R_{ij}$  - разности между максимальными выигрышами и  $Z_{ij}$  при условиях  $j$ .

Для этого вначале для любого столбца  $j$  отыскивается максимальное значение выигрыша:

$$Z_{ik} = \max_j Z_{ij}$$

И в матрицу рисков записывается величина

$$R_{ij} = Z_{ik} - Z_{ij}$$

Основная формула:

$$R^{onm} = \min_j \max_i R_{ij}$$

	P1	P2	P3	P4	P5
R1					
R2					
R3					
R4					
R5					

Выбираем, в какой строке находится данное значение, т.е. по критерию Сэвиджа рекомендуется строить в данной местности такую то станцию потери выигрыша составят ... единиц. В «играх с природой», как правило, расчёты делают сразу по всем критериям и выбирают ту стратегию, которая чаще рекомендуется использованными критериями.

#### 4.3. Лабораторные работы

<i>№ п/п</i>	<i>Номер раздела дисциплины</i>	<i>Наименование лабораторной работы</i>	<i>Объем (час.)</i>	<i>Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
1	3,4	Решение задачи линейного программирования средствами программы Excel или Matlab.	6	разбор конкретных ситуаций (2 часа)
2	3,4	Решение транспортной задачи с помощью программы Excel или Matlab.	6	разбор конкретных ситуаций (2 часа)
3	3,4	Решение игровых критериев оптимизации с помощью программы Excel или Matlab.	6	разбор конкретных ситуаций (2 часа)
<b>ИТОГО</b>			<b>18</b>	<b>6</b>

#### 4.4. Практические занятия

<i>№ п/п</i>	<i>Номер раздела дисциплины</i>	<i>Наименование тем практических занятий</i>	<i>Объем (час.)</i>	<i>Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
1	1,2	Моделирование передающей части цифровой системы связи	3	разбор конкретных ситуаций (1 час)
2	1,2	Моделирование канала связи	2	разбор конкретных ситуаций (1 час)
3	1,2	Моделирование приемной части цифровой системы связи	3	разбор конкретных ситуаций (2 часа)
4	1,2	Моделирование системы восстановления несущего колебания	5	разбор конкретных ситуаций (1 час)
5	1,2	Моделирование петли символьной синхронизации.	5	разбор конкретных ситуаций (1 час)
<b>ИТОГО</b>			<b>18</b>	<b>6</b>

#### 4.5. Контрольные мероприятия: курсовая работа.

Цель: закрепить теоретические знания в области математического моделирования, познакомиться с построением математических моделей объектов, найти решение моделей различными методами.

Структура: каждое индивидуальное задание предполагает выполнение студентом следующих разделов:

1. Построение математической модели объекта.
2. Применение графического метода решения задач линейного программирования.
3. Расчет симплексным методом задач линейного программирования.
4. Решение транспортной задачи.
5. Решение игровых критериев оптимизации
6. Сделать вывод о проделанной работе.

Основная тематика: решение задач линейного программирования.

Рекомендуемый объем: пояснительная записка объемом 15 - 20 страниц должна

содержать титульный лист, задание, описание выполняемых действий по каждому разделу и полученные результаты.

### График контрольных мероприятий

Выдача задания, защита курсовых работ проводится в соответствии с календарным учебным графиком.

<b>Оценка</b>	<b>Критерии оценки</b>
отлично	Курсовая работа сдана в первую неделю защит. В курсовой работе полностью раскрыта тема работы. Правильно решены все задания работы.
хорошо	Курсовая работа сдана в срок, но содержит незначительные ошибки.
удовлетворительно	Курсовая работа сдана в срок, но содержит значительное количество ошибок, или ошибка подразумевает полную переработку всей курсовой работы.
неудовлетворительно	Курсовая работа не сдана в установленный срок и/или требует полной переработки.

**5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

<i>№, наименование разделов дисциплины</i>	<i>Кол-во часов</i>	<i>Компетенции</i>		<i>Σ комп.</i>	<i>t<sub>ср</sub> час</i>	<i>Вид учебных занятий</i>	<i>Оценка результатов</i>
		<i>ОПК</i>	<i>ПК</i>				
		<i>4</i>	<i>16</i>				
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>
<b>1.</b> Моделирование - основные положения и определения	24	+	+	2	12	Лк, ПЗ, СРС	зачет, КР
<b>2.</b> Математическое моделирование	28	+	+	2	14	Лк, ПЗ, СРС	зачет, КР
<b>3.</b> Задачи и методы оптимизации	28	+	+	2	14	Лк, ЛР, СРС	зачет, КР
<b>4.</b> Линейное программирование	28	+	+	2	14	Лк, ЛР, СРС	зачет, КР
<b>всего часов</b>	<b>108</b>	<b>54</b>	<b>54</b>	<b>2</b>	<b>54</b>		

## 6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Черный А.А. Теория и практика эффективного математического моделирования: Учеб. Пособие/А.А. Черный, Пенза: Пенз.гос.ун-т, 2010. – 419 с. (стр. 202-360)

<http://ecat.brstu.ru/catalog/Ресурсы%20свободного%20доступа/Черный%20А.А.%20Теория%20и%20практика%20эффективного%20математического%20моделирования.%20Уч.пособие.2010.pdf>

## 7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	Наименование издания	Вид занятия	Количество экземпляров в библиотеке, шт.	Обеспеченность, (экз./ чел.)
1	2	3	4	5
<b>Основная литература</b>				
1.	Черный А.А. Теория и практика эффективного математического моделирования: Учеб. Пособие/А.А. Черный, Пенза: Пенз.гос.ун-т, 2010. – 419 с. <a href="http://ecat.brstu.ru/catalog/Ресурсы%20свободного%20доступа/Черный%20А.А.%20Теория%20и%20практика%20эффективного%20математического%20моделирования.%20Уч.пособие.2010.pdf">http://ecat.brstu.ru/catalog/Ресурсы%20свободного%20доступа/Черный%20А.А.%20Теория%20и%20практика%20эффективного%20математического%20моделирования.%20Уч.пособие.2010.pdf</a>	Лк, ЛР, ПЗ, КР	ЭР	1
2.	Введение в математическое моделирование: Учеб. пособие/ Под редакцией П.В. Трусова, М.: Логос, 2007, - 440 с. <a href="http://ecat.brstu.ru/catalog/Ресурсы%20свободного%20доступа/Введение%20в%20математическое%20моделирование.Уч.пособие.2007.pdf">http://ecat.brstu.ru/catalog/Ресурсы%20свободного%20доступа/Введение%20в%20математическое%20моделирование.Уч.пособие.2007.pdf</a>	Лк, ЛР, ПЗ, КР	ЭР	1
<b>Дополнительная литература</b>				
3.	Дойников, А. Н. Математические модели и методы: методические указания к выполнению лаб. работ / А. Н. Дойников, Е. В. Косинцева, Т. В. Темгеновская. - Братск: БрГТУ, 2001. - 38 с.	Лк, ЛР, ПЗ, КР	50	1
4.	Дойников, А. Н. Математические модели и методы: учебное пособие / А. Н. Дойников, М. К. Сальникова. - Братск : БрГУ, 2006. - 99 с.	Лк, ЛР, ПЗ, КР	124	1

## 8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО - ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Электронный каталог библиотеки БрГУ

[http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r\\_15/cgiirbis\\_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=.](http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r_15/cgiirbis_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=)

2. Электронная библиотека БрГУ

<http://ecat.brstu.ru/catalog> .

3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online»

<http://biblioclub.ru> .

4. Электронно-библиотечная система «Издательство «Лань»

<http://e.lanbook.com> .

5. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"

<http://window.edu.ru> .

6. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru> .
7. Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ) <https://uisrussia.msu.ru/> .
8. Национальная электронная библиотека НЭБ <http://xn--90ax2c.xn--p1ai/how-to-search/> .

## **9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ/практических занятий**

#### **Лабораторная работа №1**

#### **Решение задачи линейного программирования средствами программы Excel или Matlab.**

*Занятие проводится в интерактивной форме с разбором конкретных ситуаций (2 ч).*

#### Цель занятия:

приобрести навыки решения задачи линейного программирования средствами программы Excel.

#### Задание:

1. По заданному варианту составить математическую модель задачи.
2. Найти решение полученной модели задачи линейного программирования средствами программы Excel.

#### Порядок выполнения:

соответствует пунктам 1 – 2 задания.

#### Форма отчетности:

отчёт сдаётся в печатном виде. В отчёте должны присутствовать:

1. Номер варианта индивидуального задания;
2. Цель работы;
3. Задание;
4. Поэтапное выполнение всех заданий варианта индивидуального задания;
5. Заключение.

#### Задания для самостоятельной работы:

Предусмотрены индивидуальным заданием обучающегося.

#### Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным во втором разделе данной дисциплины.

#### **Основная литература**

1. Черный А.А. Теория и практика эффективного математического моделирования: Учеб. Пособие/А.А. Черный, Пенза: Пенз.гос.ун-т, 2010. – 419 с.  
<http://ecat.brstu.ru/catalog/Ресурсы%20свободного%20доступа/Черный%20А.А.%20Теория%20и%20практика%20эффективного%20математического%20моделирования.%20Уч.пособие.2010.pdf>
2. Введение в математическое моделирование: Учеб. пособие / Под редакцией П.В. Трусова, М.: Логос, 2007, - 440 с.  
<http://ecat.brstu.ru/catalog/Ресурсы%20свободного%20доступа/Введение%20в%20математическое%20моделирование.Уч.пособие.2007.pdf>

#### **Дополнительная литература**

1. Дойников, А. Н. Математические модели и методы: методические указания к выполнению лаб. работ / А. Н. Дойников, Е. В. Косинцева, Т. В. Темгеновская. - Братск: БрГТУ, 2001. - 38 с.
2. Дойников, А. Н. Математические модели и методы: учебное пособие / А. Н. Дойников, М. К. Сальникова. - Братск : БрГУ, 2006. - 99 с.

#### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Дать краткое описание решения задачи линейного программирования средствами программы Excel.

### **Лабораторная работа №2**

*Занятие проводится в интерактивной форме с разбором конкретных ситуаций (2 ч)*

#### **Решение транспортной задачи с помощью программы Excel или Matlab.**

##### Цель занятия:

приобрести навыки решения транспортной задачи средствами программы Excel.

##### Задание:

1. По заданному варианту составить математическую модель задачи.
2. Найти решение полученной модели задачи линейного программирования средствами программы Excel.

##### Порядок выполнения:

Соответствует пунктам 1 – 2 задания.

##### Форма отчетности:

Отчёт сдаётся в печатном виде. В отчёте должны присутствовать:

1. Номер варианта индивидуального задания;
2. Цель работы;
3. Задание;
4. Поэтапное выполнение всех заданий варианта индивидуального задания;
5. Заключение.

##### Задания для самостоятельной работы:

Предусмотрены индивидуальным заданием обучающегося.

##### Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в третьем разделе данной дисциплины.

##### Основная литература

1. Черный А.А. Теория и практика эффективного математического моделирования: Учеб. Пособие/А.А. Черный, Пенза: Пенз.гос.ун-т, 2010. – 419 с.

<http://ecat.brstu.ru/catalog/Ресурсы%20свободного%20доступа/Черный%20А.А.%20Теория%20и%20практика%20эффективного%20математического%20моделирования.%20Уч.пособие.2010.pdf>

2. Введение в математическое моделирование: Учеб. пособие / Под редакцией П.В. Трусова, М.: Логос, 2007, - 440 с.

<http://ecat.brstu.ru/catalog/Ресурсы%20свободного%20доступа/Введение%20в%20математическое%20моделирование.Уч.пособие.2007.pdf>

##### Дополнительная литература

1. Дойников, А. Н. Математические модели и методы: методические указания к выполнению лаб. работ / А. Н. Дойников, Е. В. Косинцева, Т. В. Темгеновская. - Братск: БрГТУ, 2001. - 38 с.

2. Дойников, А. Н. Математические модели и методы: учебное пособие / А. Н. Дойников, М. К. Сальникова. - Братск : БрГУ, 2006. - 99 с.

##### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Дать краткое описание решения транспортной задачи средствами программы Excel.

### **Лабораторная работа №3**

#### **Решение игровых критериев оптимизации с помощью программы Excel или Matlab.**

*Занятие проводится в интерактивной форме с разбором конкретных ситуаций (2 ч).*

##### Цель занятия:

Приобрести навыки решения игровых критериев оптимизации средствами программы Excel.

##### Задание:

1. По заданному варианту составить математическую модель критериев Вальда, азартного игрока, Гурвица, Лапласа-Байеса, минимального риска Сэвиджа.
2. Найти решение полученных моделей игровых критериев средствами программы Excel.

##### Порядок выполнения:

Соответствует пунктам 1 – 2 задания.

Форма отчетности:

Отчёт сдаётся в печатном виде. В отчёте должны присутствовать:

1. Номер варианта индивидуального задания;
2. Цель работы;
3. Задание;
4. Поэтапное выполнение всех заданий варианта индивидуального задания;
5. Заключение.

Задания для самостоятельной работы:

Предусмотрены индивидуальным заданием обучающегося.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в четвертом разделе данной дисциплины.

Основная литература

1. Черный А.А. Теория и практика эффективного математического моделирования: Учеб. Пособие/А.А. Черный, Пенза: Пенз.гос.ун-т, 2010. – 419 с.

<http://ecat.brstu.ru/catalog/Ресурсы%20свободного%20доступа/Черный%20А.А.%20Теория%20и%20практика%20эффективного%20математического%20моделирования.%20Уч.пособие.2010.pdf>

2. Введение в математическое моделирование: Учеб. пособие / Под редакции П.В. Трусова, М.: Логос, 2007, - 440 с.

<http://ecat.brstu.ru/catalog/Ресурсы%20свободного%20доступа/Введение%20в%20математическое%20моделирование.Уч.пособие.2007.pdf>

Дополнительная литература

1. Дойников, А. Н. Математические модели и методы: методические указания к выполнению лаб. работ / А. Н. Дойников, Е. В. Косинцева, Т. В. Темгеновская. - Братск: БрГТУ, 2001. - 38 с.

2. Дойников, А. Н. Математические модели и методы: учебное пособие / А. Н. Дойников, М. К. Сальникова. - Братск : БрГУ, 2006. - 99 с.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Дать краткое описание решения игровых критериев средствами программы Excel.

**Практическое занятие №1**

**Моделирование передающей части цифровой системы связи.**

*Занятие проводится в интерактивной форме с разбором конкретных ситуаций (1 ч).*

Цель занятия:

изучение принципов формирования сигнала в системах цифровой связи

Задание:

создать теоретическую модели исследуемой системы передачи данных;  
создать модель передающего устройства цифровой системы связи в Simulink;  
провести моделирование работы системы при различных начальных условиях;  
измерить основные параметры работы передающей системы.

Порядок выполнения:

Соответствует пунктам задания.

Форма отчетности:

Отчёт сдаётся в печатном виде. В отчёте должны присутствовать:

1. Номер варианта индивидуального задания;
2. Цель работы;
3. Задание;
4. Поэтапное выполнение всех заданий варианта индивидуального задания;
5. Заключение.

Задания для самостоятельной работы:

Предусмотрены индивидуальным заданием обучающегося.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в первом разделе данной

дисциплины.

#### Основная литература

1. Черный А.А. Теория и практика эффективного математического моделирования: Учеб. Пособие/А.А. Черный, Пенза: Пенз.гос.ун-т, 2010. – 419 с.

<http://ecat.brstu.ru/catalog/Ресурсы%20свободного%20доступа/Черный%20А.А.%20Теория%20и%20практика%20эффективного%20математического%20моделирования.%20Уч.пособие.2010.pdf>

2. Введение в математическое моделирование: Учеб. пособие / Под редакции П.В. Трусова, М.: Логос, 2007, - 440 с.

<http://ecat.brstu.ru/catalog/Ресурсы%20свободного%20доступа/Введение%20в%20математическое%20моделирование.Уч.пособие.2007.pdf>

#### Дополнительная литература

1. Дойников, А. Н. Математические модели и методы: методические указания к выполнению лаб. работ / А. Н. Дойников, Е. В. Косинцева, Т. В. Темгеновская. - Братск: БрГТУ, 2001. - 38 с.

2. Дойников, А. Н. Математические модели и методы: учебное пособие / А. Н. Дойников, М. К. Сальникова. - Братск : БрГУ, 2006. - 99 с.

Контрольные вопросы для самопроверки

1) Общая структура систем цифровой связи.

2) Структурная схема передатчика цифровой системы связи, варианты реализации.

3) Дискретизация и квантование сигнала.

4) Кодирование источника.

### **Практическое занятие №2**

#### **Моделирование канала связи**

*Занятие проводится в интерактивной форме с разбором конкретных ситуаций (1 ч).*

Цель занятия:

исследование явлений, возникающих в канале связи системы передачи цифровой информации.

Задание:

описать теоретическую модель процессов, происходящих в канале связи; провести моделирование канала связи в Simulink.

Порядок выполнения:

Соответствует этапам задания.

Форма отчетности:

Отчёт сдаётся в печатном виде. В отчёте должны присутствовать:

1. Номер варианта индивидуального задания;
2. Цель работы;
3. Задание;
4. Поэтапное выполнение всех заданий варианта индивидуального задания;
5. Заключение.

Задания для самостоятельной работы:

Предусмотрены индивидуальным заданием обучающегося.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным во втором разделе данной дисциплины.

#### Основная литература

1. Черный А.А. Теория и практика эффективного математического моделирования: Учеб. Пособие/А.А. Черный, Пенза: Пенз.гос.ун-т, 2010. – 419 с.

<http://ecat.brstu.ru/catalog/Ресурсы%20свободного%20доступа/Черный%20А.А.%20Теория%20и%20практика%20эффективного%20математического%20моделирования.%20Уч.пособие.2010.pdf>

2. Введение в математическое моделирование: Учеб. пособие / Под редакции П.В. Трусова, М.: Логос, 2007, - 440 с.

<http://ecat.brstu.ru/catalog/Ресурсы%20свободного%20доступа/Введение%20в%20математическое%20моделирование.Уч.пособие.2007.pdf>

#### Дополнительная литература

1. Дойников, А. Н. Математические модели и методы: методические указания к выполнению лаб. работ / А. Н. Дойников, Е. В. Косинцева, Т. В. Темгеновская. - Братск: БрГТУ, 2001. - 38 с.

2. Дойников, А. Н. Математические модели и методы: учебное пособие / А. Н. Дойников, М. К. Сальникова. - Братск : БрГУ, 2006. - 99 с.

#### Контрольные вопросы для самопроверки

- 1) Общие вопросы моделирования канала связи.
- 2) Затухание сигнала в канале связи.
- 3) Воздействие АБГШ на сигнал.
- 4) Частотный и фазовый сдвиг сигнала.

### **Практическое занятие №3**

#### **Моделирование приемной части цифровой системы связи**

*Занятие проводится в интерактивной форме с разбором конкретных ситуаций . (2 ч)*

#### Цель занятия:

изучение основ работы приемников цифровых систем связи

#### Задание:

описать теоретическую модель процессов, происходящих в приемниках цифровых систем связи;

провести моделирование системы связи в Simulink.

#### Порядок выполнения:

Соответствует этапам задания.

#### Форма отчетности:

Отчёт сдаётся в печатном виде. В отчёте должны присутствовать:

1. Номер варианта индивидуального задания;
2. Цель работы;
3. Задание;
4. Поэтапное выполнение всех заданий варианта индивидуального задания;
5. Заключение.

#### Задания для самостоятельной работы:

Предусмотрены индивидуальным заданием обучающегося.

#### Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным во втором разделе данной дисциплины.

#### Основная литература

1. Черный А.А. Теория и практика эффективного математического моделирования: Учеб. Пособие/А.А. Черный, Пенза: Пенз.гос.ун-т, 2010. – 419 с.

<http://ecat.brstu.ru/catalog/Ресурсы%20свободного%20доступа/Черный%20А.А.%20Теория%20и%20практика%20эффективного%20математического%20моделирования.%20Уч.пособие.2010.pdf>

2. Введение в математическое моделирование: Учеб. пособие / Под редакцией П.В. Трусова, М.: Логос, 2007, - 440 с.

<http://ecat.brstu.ru/catalog/Ресурсы%20свободного%20доступа/Введение%20в%20математическое%20моделирование.Уч.пособие.2007.pdf>

#### Дополнительная литература

1. Дойников, А. Н. Математические модели и методы: методические указания к выполнению лаб. работ / А. Н. Дойников, Е. В. Косинцева, Т. В. Темгеновская. - Братск: БрГТУ, 2001. - 38 с.

2. Дойников, А. Н. Математические модели и методы: учебное пособие / А. Н. Дойников, М. К. Сальникова. - Братск : БрГУ, 2006. - 99 с.

#### Контрольные вопросы для самопроверки

- 1) Общие вопросы построения приемных систем цифровой связи.

- 2) Архитектура цифровых приемников.
- 3) Согласованная фильтрация сигнала.
- 4) Демодуляция сигнала.

#### **Практическое занятие №4**

##### **Моделирование системы восстановления несущего колебания**

*Занятие проводится в интерактивной форме с разбором конкретных ситуаций (1 ч).*

##### Цель занятия:

исследование систем синхронизации приемных устройств цифровой связи

##### Задание:

описать теоретическую модель процессов, происходящих в блоках синхронизации цифровых систем связи;

провести моделирование системы цифровой связи с блоком восстановления несущего колебания в Simulink.

##### Порядок выполнения:

Соответствует этапу задания.

##### Форма отчетности:

Отчёт сдаётся в печатном виде. В отчёте должны присутствовать:

1. Номер варианта индивидуального задания;
2. Цель работы;
3. Задание;
4. Поэтапное выполнение всех заданий варианта индивидуального задания;
5. Заключение.

##### Задания для самостоятельной работы:

Предусмотрены индивидуальным заданием обучающегося.

##### Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в третьем разделе данной дисциплины.

##### Основная литература

1. Черный А.А. Теория и практика эффективного математического моделирования: Учеб. Пособие/А.А. Черный, Пенза: Пенз.гос.ун-т, 2010. – 419 с.

<http://ecat.brstu.ru/catalog/Ресурсы%20свободного%20доступа/Черный%20А.А.%20Теория%20и%20практика%20эффективного%20математического%20моделирования.%20Уч.пособие.2010.pdf>

2. Введение в математическое моделирование: Учеб. пособие / Под редакцией П.В. Трусова, М.: Логос, 2007, - 440 с.

<http://ecat.brstu.ru/catalog/Ресурсы%20свободного%20доступа/Введение%20в%20математическое%20моделирование.Уч.пособие.2007.pdf>

##### Дополнительная литература

1. Дойников, А. Н. Математические модели и методы: методические указания к выполнению лаб. работ / А. Н. Дойников, Е. В. Косинцева, Т. В. Темгеновская. - Братск: БрГТУ, 2001. - 38 с.

2. Дойников, А. Н. Математические модели и методы: учебное пособие / А. Н. Дойников, М. К. Сальникова. - Братск : БрГУ, 2006. - 99 с.

##### Контрольные вопросы для самопроверки

- 1) Системы восстановления несущего колебания.
- 2) Фазовая неоднозначность при приеме сигналов с подавленным несущим колебанием. Способы решения фазовой неоднозначности.
- 3) Системы автоматического регулирования уровня усиления сигнала.

#### **Практическое занятие №5**

##### **Моделирование петли символьной синхронизации**

*Занятие проводится в интерактивной форме с разбором конкретных ситуаций (1 ч).*

##### Цель занятия:

исследование систем символьной синхронизации приемных устройств цифровой связи.

### Задание:

описать теоретическую модель процессов, происходящих в блоках символьной синхронизации цифровых систем связи;

провести моделирование системы цифровой связи с блоком восстановления несущего колебания и блоком символьной синхронизации в Simulink.

### Порядок выполнения:

Соответствует этапу задания.

### Форма отчетности:

Отчёт сдаётся в печатном виде. В отчёте должны присутствовать:

1. Номер варианта индивидуального задания;
2. Цель работы;
3. Задание;
4. Поэтапное выполнение всех заданий варианта индивидуального задания;
5. Заключение.

### Задания для самостоятельной работы:

Предусмотрены индивидуальным заданием обучающегося.

### Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в четвертом разделе данной дисциплины.

#### Основная литература

1. Черный А.А. Теория и практика эффективного математического моделирования: Учеб. Пособие/А.А. Черный, Пенза: Пенз.гос.ун-т, 2010. – 419 с.

<http://ecat.brstu.ru/catalog/Ресурсы%20свободного%20доступа/Черный%20А.А.%20Теория%20и%20практика%20эффективного%20математического%20моделирования.%20Уч.пособие.2010.pdf>

2. Введение в математическое моделирование: Учеб. пособие / Под редакцией П.В. Трусова, М.: Логос, 2007, - 440 с.

<http://ecat.brstu.ru/catalog/Ресурсы%20свободного%20доступа/Введение%20в%20математическое%20моделирование.Уч.пособие.2007.pdf>

#### Дополнительная литература

1. Дойников, А. Н. Математические модели и методы: методические указания к выполнению лаб. работ / А. Н. Дойников, Е. В. Косинцева, Т. В. Темгеновская. - Братск: БрГТУ, 2001. - 38 с.

2. Дойников, А. Н. Математические модели и методы: учебное пособие / А. Н. Дойников, М. К. Сальникова. - Братск : БрГУ, 2006. - 99 с.

### Контрольные вопросы для самопроверки

- 1) Системы синхронизации по символьной частоте.
- 2) Детекторы ошибки синхронизации по символьной частоте.
- 3) Схемы построения генератора, управляющего фильтром-интерполятором.

**10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

- ОС Windows 7 Professional
- Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level
- Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Security
- MATLAB Academic new Product Concurrent Licenses
- Simulink Academic new Product Concurrent Licenses

**11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

<i>Вид занятия</i>	<i>Наименование аудитории</i>	<i>Перечень основного оборудования</i>	<i>№ Лк, ПЗ</i>
1	2	3	4
Лк	Дисплейная аудитория	Интерактивная доска SMART Board 680I, проектор Casio XJ-UT310WN; 16-ПК: CPU 5000/RAM 2Gb/HDD; Монитор TFT 19 LG1953S-SF; Принтер: HP LaserJet P3005n;	Лк 1-4
ЛР	Дисплейная аудитория	Интерактивная доска SMART Board 680I, проектор Casio XJ-UT310WN; 16-ПК: CPU 5000/RAM 2Gb/HDD; Монитор TFT 19 LG1953S-SF; Принтер: HP LaserJet P3005n;	ЛР 1-3
ПЗ	Дисплейная аудитория	Интерактивная доска SMART Board 680I, проектор Casio XJ-UT310WN; 16-ПК: CPU 5000/RAM 2Gb/HDD; Монитор TFT 19 LG1953S-SF; Принтер: HP LaserJet P3005n;	ПЗ 1-5
КР	ЧЗЗ	Оборудование 15- CPU 5000/RAM 2Gb/HDD (Монитор TFT 19 LG 1953S-SF);принтер HP LaserJet P3005	-
СРС	ЧЗЗ	-	-

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ  
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)**

№ компетенции	Элемент компетенции	Раздел	Тема	ФОС
ОПК-4	способность иметь навыки самостоятельной работы на компьютере и в компьютерных сетях, осуществлять компьютерное моделирование устройств, систем и процессов с использованием универсальных пакетов прикладных компьютерных программ	<b>1.</b> Моделирование - основные положения и определения	<b>1.1</b> Классификация видов моделирования <b>1.2</b> Материальное моделирование. <b>1.3.</b> Аналоговое моделирование.	Вопросы к зачету 1.1 – 1.4
		<b>2.</b> Математическое моделирование	<b>2.1</b> Классификация математических моделей <b>2.2</b> Вычислительный эксперимент <b>2.3</b> Способы проведения эксперимента	Вопросы к зачету 2.1 – 2.5
		<b>3.</b> Задачи и методы оптимизации	<b>3.1</b> Параметры и факторы оптимизации <b>3.2</b> Методы нахождения оптимума <b>3.3</b> Методы оптимизации	Вопросы к зачету 3.1 – 3.6
ПК-16	готовность изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования	<b>4.</b> Линейное программирование.	<b>4.1</b> Основные понятия линейного программирования <b>4.2</b> Симплекс–метод линейного программирования <b>4.3</b> Транспортная задача <b>4.4</b> Игровые критерии оптимизации	Вопросы к зачету 4.1 – 4.10

**2. Вопросы к зачету**

№ п/п	Компетенции		ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ	№ и наименование раздела
	Код	Определение		
1	2	3	4	5
1.	ОПК-4	способность иметь навыки самостоятельной работы на компьютере и в компьютерных сетях, осуществлять	<b>1.1.</b> понятие модели и моделирования <b>1.2.</b> классификация видов моделирования <b>1.3.</b> материальное моделирование <b>1.4.</b> аналоговое моделирование	<b>1.</b> Моделирование – основные понятия и определения

		компьютерное моделирование устройств, систем и процессов с использованием универсальных пакетов прикладных компьютерных программ	<p><b>2.1.</b> Математическая модель, классификация</p> <p><b>2.2.</b> этапы математизации знаний</p> <p><b>2.3.</b> вычислительный эксперимент, основные этапы</p> <p><b>2.4.</b> активный и пассивный эксперимент</p> <p><b>2.5.</b> методы активного эксперимента</p>	<b>2.</b> Математическое моделирование
<b>2.</b>	ПК-16	готовность изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования	<p><b>3.1</b> задачи оптимизации</p> <p><b>3.2</b> параметры оптимизации</p> <p><b>3.3.</b> требования к параметрам оптимизации</p> <p><b>3.4.</b> факторы оптимизации</p> <p><b>3.5.</b> методы нахождения оптимума</p> <p><b>3.6.</b> методы оптимизации</p>	<b>3.</b> Задачи и методы оптимизации
			<p><b>4.1</b> Линейное программирование-основные понятия и определения</p> <p><b>4.2</b> Задачи ЛП</p> <p><b>4.3</b> Симплексный метода решения ЗЛП</p> <p><b>4.4</b> Методы поиска опорного решения транспортной задачи</p> <p><b>4.5</b> Поиск оптимального решения транспортной задачи</p> <p><b>4.6.</b> Критерий Лапласа-Байеса.</p> <p><b>4.7</b> Критерий азартного игрока.</p> <p><b>4.8</b> Критерий Гурвица.</p> <p><b>4.9</b> Критерий Лапласа-Байеса.</p> <p><b>4.10</b> Критерий минимального риска Сэвиджа.</p>	<b>4.</b> Линейное программирование

### 3. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
<p><b>Знать</b> (ОПК-4): -современные теоретические и экспериментальные методы математического моделирования. (ПК-16): - виды математического моделирования.</p> <p><b>Уметь</b> (ОПК-4): - проводить эксперименты по заданной методике, обработке и анализу полученных результатов с привлечением соответствующего математического аппарата. (ПК-16): - выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе математического моделирования объектов.</p> <p><b>Владеть</b> (ОПК-4): - навыками свободного обращения с компьютерными программами по моделированию систем. (ПК-16): - методами математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.</p>	<p><b>зачтено</b></p>	<p>Во время ответа обучающийся демонстрирует глубокое и прочное усвоение программного материала: знает основные разделы и современные теоретические и экспериментальные методы математического моделирования, виды математического моделирования; умеет проводить эксперименты по заданной методике, обработке и анализу полученных результатов с привлечением соответствующего математического аппарата, выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе математического моделирования объектов; владеет навыками свободного обращения с компьютерными программами по моделированию систем, методами математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.</p>
	<p><b>не зачтено</b></p>	<p>На оба вопроса обучающийся отвечает неуверенно. На дополнительные вопросы преподавателя также не может ответить.</p>

### 4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности

Дисциплина «Моделирование систем управления» направлена на изучение и построение математических моделей систем, применение различных методов моделирования и оптимизации, анализа теоретических и экспериментальных исследований в сфере профессиональной деятельности.

Изучение дисциплины «Моделирование систем управления» предусматривает:

- лекции;
- лабораторные работы;
- практические занятия;
- курсовую работу;
- самостоятельную работу обучающихся;
- зачет.

В ходе освоения раздела 1 «Моделирование - основные положения и определения» обучающиеся должны изучить основные положения, определения и классификацию видов моделирования.

В ходе освоения раздела 2 «Математическое моделирование» обучающиеся должны изучить математические модели, принципы их построения, а также рассмотреть этапы вычислительного эксперимента и способы его проведения.

В ходе освоения раздела 3 «Задачи и методы оптимизации» обучающиеся должны уметь определять параметры и факторы оптимизации, знать и уметь применять методы нахождения локального оптимума, а также методы оптимизации.

В ходе освоения 4 раздела «Линейное программирование» обучающиеся должны усвоить основные понятия линейного программирования, уметь находить оптимальное решение ЗЛП симплексным методом, решать транспортную задачу, а также применять критерии Вальда, азартного игрока, Гурвица, Лапласа-Байеса, минимального риска Сэвиджа для поиска оптимального решения.

В процессе выполнения лабораторных, практических работ и решения курсовой работы происходит закрепление знаний, формирование умений и навыков математического моделирования и построения систем с применением компьютерных программ.

Работа с литературой является важнейшим элементом в получении знаний по дисциплине. Прежде всего, необходимо воспользоваться списком рекомендуемой по данной дисциплине литературой. Дополнительные сведения по изучаемым темам можно найти в периодической печати и Интернете.

К зачету допускаются студенты, которые выполнили и оформили все лабораторные, практические работы, сдали и защитили курсовые работы.

Оценка знаний, умений, навыков осуществляется в процессе промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине, которая осуществляется в виде зачета. Для оценивания знаний, умений, навыков используются ФОС по дисциплине, содержащие, вопросы к зачету.

Предусмотрено проведение аудиторных занятий в интерактивной форме в сочетании с внеаудиторной работой.

## **АННОТАЦИЯ**

### **рабочей программы дисциплины**

### **Моделирование систем управления**

#### **1. Цель и задачи дисциплины**

Целью изучения дисциплины является: формирование у обучающихся компетенций в области математического моделирования, построения систем управления и их математических моделей.

Задачей изучения дисциплины является: подготовить студентов к самостоятельной работе по построению математических моделей систем, применению различных методов моделирования и оптимизации.

#### **2. Структура дисциплины**

3. Распределение трудоемкости по отдельным видам учебных занятий, включая самостоятельную работу: лекций – 18 часов, лабораторные работы – 18 часов, практические работы – 18 часов, самостоятельная работа студента – 54 часа, Общая трудоемкость дисциплины составляет 108 часов, 3 зачетных единицы.

##### **2.2 Основные разделы дисциплины:**

1. Моделирование - основные положения и определения
2. Математическое моделирование
3. Задачи и методы оптимизации
4. Линейное программирование.

#### **3. Планируемые результаты обучения (перечень компетенций)**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-4 - способность иметь навыки самостоятельной работы на компьютере и в компьютерных сетях, осуществлять компьютерное моделирование устройств, систем и процессов и использованием универсальных пакетов прикладных компьютерных программ.

ПК-16 - готовность изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования.

#### **4. Вид промежуточной аттестации: зачет.**

*Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе  
на 20\_\_-20\_\_ учебный год*

1. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие дополнения:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие изменения:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.,  
*(разработчик)*

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
*(подпись)*

\_\_\_\_\_  
*(Ф.И.О.)*

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО  
КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)**

<b>№ компетенции</b>	<b>Элемент компетенции</b>	<b>Раздел</b>	<b>Тема</b>	<b>ФОС</b>
ОПК-4	способность иметь навыки самостоятельной работы на компьютере и в компьютерных сетях, осуществлять компьютерное моделирование устройств, систем и процессов с использованием универсальных пакетов прикладных компьютерных программ	<b>1.</b> Моделирование - основные положения и определения	1.1 Классификация видов моделирования 1.2 Материальное моделирование. 1.3. Аналоговое моделирование.	Отчеты по ПЗ
		<b>2.</b> Математическое моделирование	2.1 Классификация математических моделей 2.2 Вычислительный эксперимент 2.3 Способы проведения эксперимента	Отчеты по ПЗ
		<b>3.</b> Задачи и методы оптимизации	3.1 Параметры и факторы оптимизации 3.2 Методы нахождения оптимума 3.3 Методы оптимизации	Отчет по ЛР
ПК-16	готовность изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования	<b>4.</b> Линейное программирование.	4.1 Основные понятия линейного программирования 4.2 Симплекс–метод линейного программирования 4.3 Транспортная задача 4.4 Игровые критерии оптимизации	Отчет по ЛР

## 2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
<p><b>Знать</b> (ОПК-4): -современные теоретические и экспериментальные методы математического моделирования. (ПК-16): - виды математического моделирования.</p> <p><b>Уметь</b> (ОПК-4): - проводить эксперименты по заданной методике, обработке и анализу полученных результатов с привлечением соответствующего математического аппарата. (ПК-16): - выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе математического моделирования объектов.</p> <p><b>Владеть</b> (ОПК-4): - навыками свободного обращения с компьютерными программами по моделированию систем. (ПК-16): - методами математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования</p>	<p><b>зачтено</b></p>	<p>Во время защиты лабораторных, практических работ обучающийся ответил на поставленные преподавателем вопросы, показав знания: видов математического моделирования, методов решения задач линейного программирования, современных теоретических и экспериментальных методов математического моделирования, умеет выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе математического моделирования объектов, умеет проводить эксперименты по заданной методике, обработке и анализу полученных результатов с привлечением соответствующего математического аппарата, владеет методами математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования, навыками свободного обращения с компьютерными программами по моделированию систем., а также отчет по практической, лабораторной работе не вызывает нарекания.</p>
	<p><b>незачтено</b></p>	<p>Во время защиты работ студент не смог дать ответы на поставленные преподавателем вопросы и/или отчет по практической, лабораторной работе вызывает нарекания.</p>

Программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи от «б» марта 2015 г. №174

для набора 2015 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от 13.07.2015 №475

для набора 2016 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от 06.06.2016 №429

для набора 2017 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от 06.03.2017 № 125

**Программу составил:**

Темгеновская Т.В. ст. преподаватель кафедры УТС \_\_\_\_\_

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры УТС от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г., протокол № \_\_\_\_

Заведующий кафедрой УТС \_\_\_\_\_ Игнатьев И.В.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий выпускающей кафедрой УТС \_\_\_\_\_ Игнатьев И.В.

Директор библиотеки \_\_\_\_\_ Сотник Т.Ф.

Рабочая программа одобрена методической комиссией факультета ЭиА

от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г., протокол № \_\_\_\_

Председатель методической комиссии факультета ЭиА \_\_\_\_\_ Ульянов А.Д.

**СОГЛАСОВАНО:**

Начальник учебно-методического управления \_\_\_\_\_ Нежевец Г.П.

Регистрационный № \_\_\_\_\_