

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

«_____» _____ 201__ г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НА ЭВМ**

Б1.В.06

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ

13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ

Промышленная теплоэнергетика

Программа академического бакалавриата

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ		Стр.
1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ		3
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ		3
3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ		4
3.1 Распределение объёма дисциплины по формам обучения.....		4
3.2 Распределение объёма дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости		4
4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ		5
4.1 Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий		5
4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам		8
4.3 Лабораторные работы.....		15
4.4 Семинары / практические занятия.....		15
4.5 Контрольные мероприятия: курсовой проект (курсовая работа), контрольная работа, РГР, реферат.....		15
5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ		16
6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ		17
7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....		17
8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ		17
9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....		18
9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ/ семинаров / практических работ		18
10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ		25
11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ		25
Приложение 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.....		26
Приложение 2. Аннотация рабочей программы дисциплины		30
Приложение 3. Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе		31
Приложение 4. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости по дисциплине.....		32

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

Вид деятельности выпускника

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

Цель дисциплины

Формирование у обучающихся профессиональных компетенций в области построения математических моделей с применением ЭВМ.

Задачи дисциплины

Подготовить обучающихся к самостоятельной работе по построению математических моделей, применению различных методов решения задач линейного программирования, транспортных задач, задач оптимизации с применением ЭВМ.

Код компетенции	Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
1	2	3
ОПК-2	способность демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, готовностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; применять их для разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	Знать: - виды математического моделирования; - методы решения задач линейного программирования. Уметь: - выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе математического моделирования объектов. Владеть: - методами математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.
ПК-4	способность к проведению экспериментов по заданной методике, обработке и анализу полученных результатов с привлечением соответствующего математического аппарата	Знать: - современные теоретические и экспериментальные методы математического моделирования. Уметь: - проводить эксперименты по заданной методике, обработке и анализу полученных результатов с привлечением соответствующего математического аппарата. Владеть: - навыками свободного обращения с компьютерными программами по моделированию систем.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Б1.В.06 Математическое моделирование на ЭВМ относится к вариативной части.

Дисциплина Математическое моделирование на ЭВМ базируется на знаниях, полученных при изучении учебных дисциплин Б1.Б.06 Математика (общий курс), Б1.Б.10

Информационные технологии.

Основываясь на изучении перечисленных дисциплин, Математическое моделирование на ЭВМ представляет основу для изучения дисциплин: Б1.В.13 Теория автоматического управления, Б1.Б.20 Метрология, сертификация, технические измерения и автоматизация тепловых процессов.

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 (с экз.)	Аудиторных часов	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Очная	2	3	180	34	17	-	17	92	-	экзамен
Заочная	1	-	180	12	6	-	6	159	-	экзамен
Заочная (ускоренное обучение)	1	-	180	10	4	-	6	161	-	экзамен
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
			3
1	2	3	4
I. Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего)	34	10	34
Лекции (Лк)	17	5	17
Практические занятия (ПЗ)	17	5	17
II. Самостоятельная работа обучающихся (СР)	92	-	92
Подготовка к практическим занятиям	46		46
Подготовка к экзамену в течении семестра	46		46
III. Промежуточная аттестация экзамен	54	-	54
Общая трудоемкость дисциплины	180	-	180
зач. ед.	5	-	5

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	практические занятия	
1	2	3	4	5	6
1.	Виды математического моделирования объекта.	27	2	2	23
1.1.	Основные положения и определения. Классификация видов моделирования.	12	1	-	11
1.2.	Построение математической модели.	15	1	2	12
2.	Задачи линейного программирования.	33	5	5	23
2.1.	Математическая формулировка задачи линейного программирования (ЛП). Каноническая форма записи задачи ЛП.	6	1	-	5
2.2.	Графический метод решения задач линейного программирования.	11	1	2	9
2.3.	Симплексный метод решения задач линейного программирования.	15	3	3	9
3.	Транспортная задача.	33	5	5	23
3.1.	Определение опорного решения задачи методом северо-западного угла.	7	1	1	5
3.2.	Определение опорного решения задачи методом наименьшего элемента.	7	1	1	5
3.3.	Определение оптимального решения задачи методом потенциалов.	19	3	3	13
4.	Игровые критерии оптимизации	34	5	5	23
4.1.	Игровой критерий Вальда.	6	1	1	4
4.2.	Критерий азартного игрока.	6	1	1	4
4.3.	Критерий Гурвица.	8	1	1	5
4.4.	Критерий Лапласа-Байеса.	7	1	1	5
4.5.	Критерий минимального риска Сэвиджа.	7	1	1	5
	ИТОГО	126	17	17	92

для заочной формы обучения:

№ раз- дела и темы	Наименование раздела и тема дисциплины	Трудоем- кость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость; (час.)		
			учебные занятия		самостоя- тельная работа обучаю- щихся
			лекции	практические занятия	
1	2	3	4	5	6
1.	Виды математического моделирования объекта.	14,75	0,5	0,25	14
1.1.	Основные положения и определения. Классификация видов моделирования.	7,25	0,25	-	7
1.2.	Построение математической модели.	7,5	0,25	0,25	7
2.	Задачи линейного программирования.	64,75	2,25	2,5	60
2.1.	Математическая формулировка задачи линейного программирования (ЛП). Каноническая форма записи задачи ЛП.	10,25	0,25	-	10
2.2.	Графический метод решения задач линейного программирования.	22,25	1	1,25	20
2.3.	Симплексный метод решения задач линейного программирования.	32,25	1	1,25	30
3.	Транспортная задача.	64	2	2	60
3.1.	Определение опорного решения задачи методом северо-западного угла.	16	0,5	0,5	15
3.2.	Определение опорного решения задачи методом наименьшего элемента.	16	0,5	0,5	15
3.3.	Определение оптимального решения задачи методом потенциалов.	32	1	1	30
4.	Игровые критерии оптимизации	27,5	1,25	1,25	25
4.1.	Игровой критерий Вальда.	5,5	0,25	0,25	5
4.2.	Критерий азартного игрока.	5,5	0,25	0,25	5
4.3.	Критерий Гурвица.	5,5	0,25	0,25	5
4.4.	Критерий Лапласа-Байеса.	5,5	0,25	0,25	5
4.5.	Критерий минимального риска Сэвиджа.	5,5	0,25	0,25	5
	ИТОГО	171	6	6	159

- для заочной (ускоренное обучение) формы обучения:

№ раз- дела и темы	Наименование раздела и тема дисциплины	Трудоем- кость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость; (час.)		
			учебные занятия		самостоя тельная работа обучаю- щихся
			лекции	практические занятия	
1	2	3	4	5	6
1.	Виды математического моделирования объекта.	19	0,5	0,5	18
1.1.	Основные положения и определения. Классификация видов моделирования.	9,25	0,25	-	9
1.2.	Построение математической модели.	9,75	0,25	0,5	9
2.	Задачи линейного программирования.	61,75	1,25	1,5	59
2.1.	Математическая формулировка задачи линейного программирования (ЛП). Каноническая форма записи задачи ЛП.	10,25	0,25	-	10
2.2.	Графический метод решения задач линейного программирования.	21,25	0,5	0,75	20
2.3.	Симплексный метод решения задач линейного программирования.	31,25	0,5	0,75	29
3.	Транспортная задача.	61,5	1	1,5	59
3.1.	Определение опорного решения задачи методом северо-западного угла.	15,5	0,25	0,5	15
3.2.	Определение опорного решения задачи методом наименьшего элемента.	15,5	0,25	0,5	15
3.3.	Определение оптимального решения задачи методом потенциалов.	31	0,5	0,5	29
4.	Игровые критерии оптимизации	28,75	1,25	2,5	25
4.1.	Игровой критерий Вальда.	5,5	0,25	0,5	5
4.2.	Критерий азартного игрока.	5,5	0,25	0,5	5
4.3.	Критерий Гурвица.	5,5	0,25	0,5	5
4.4.	Критерий Лапласа-Байеса.	5,5	0,25	0,5	5
4.5.	Критерий минимального риска Сэвиджа.	5,5	0,25	0,5	5
	ИТОГО	171	4	6	161

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам

Раздел 1. Виды математического моделирования объекта.

Лекция проходит в интерактивной форме в виде презентации (1 час).

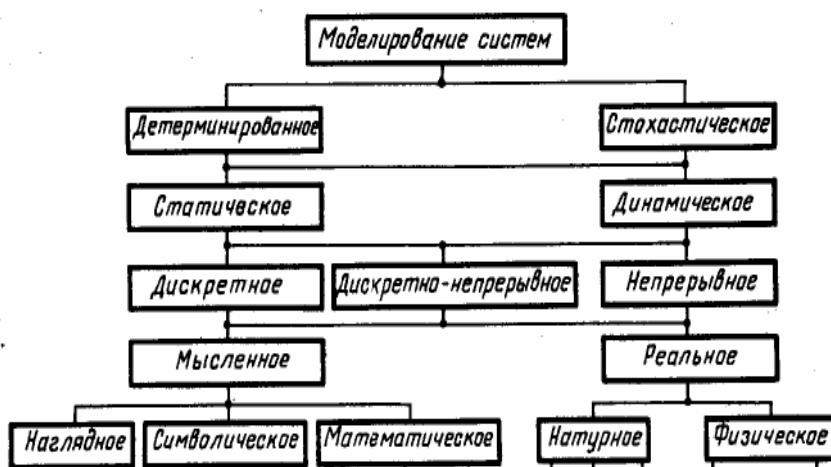
Тема 1.1 Основные положения и определения. Классификация видов моделирования.

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 Построение математической модели.

При построении математической модели можно выделить следующие этапы:

1. Выбор неизвестных величин, которые будем обозначать $X = (x_1, \dots, x_n)$, это воздействуя на которые можно изменять поведение изучаемого процесса. Их называют переменными, планом, стратегией и т.д.

2. Выбор цели (максимизация прибыли, минимизация затрат и др.) функционирования изучаемого процесса и запись ее в виде математической функции от выбранных переменных. Такая функция называется целевой, критерием оптимальности, показатель эффективности и т.д. и позволяет, изменяя значения управляемых параметров $X = (x_1, \dots, x_n)$, выбрать наилучший вариант из множества возможных. Будем обозначать функцию цели $L = f(X)$.

3. Запись условий в виде математических соотношений (уравнений, неравенств), налагаемых на переменные. Эти соотношения называют ограничениями. Совокупность всех ограничений составляет область допустимых решений (ОДР). Будем обозначать ее буквой G ($X \in G$). При таких обозначениях модель задачи математического программирования примет вид:

$$L = f(X) \rightarrow \text{extr}(\max, \min), \\ X \in G$$

Раздел 2. Задачи линейного программирования.

Тема 2.1 Математическая формулировка задачи линейного программирования (ЛП). Каноническая форма записи задачи ЛП.

Математическая формулировка задачи ЛП.

Пусть имеется целевая функция

$$L = f(x) = \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \text{extr} \quad j = \overline{1, n} \quad L = f(x) = \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \text{extr} \quad j = \overline{1, n}$$

и имеется система ограничений G .

Тогда существует два вида математической формулировки задачи линейного программирования.

1. Задача минимизации расходов

$$L = \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \min \\ \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \geq b_i \\ x_j \geq 0; i = \overline{1, m}$$

2. Задача максимизации прибыли

$$L = \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \max \\ \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i \\ x_j \geq 0; i = \overline{1, m}$$

Любая задача максимизации $\max[f(x), G(x)]$ может быть представлена задачей минимизации, характеризующейся $\min[-f(x), G(x)]$ при этом оптимальное решение будет одно и то же.

Каноническая форма записи задачи линейного программирования.

Каноническая задача линейного программирования отличается от задачи программирования общего вида тем, что ограничения в ней заданы в виде системы уравнений.

Для решения такой системы выделяют базисные и свободные переменные и получают общее решение, в котором свободные переменные выступают как произвольные постоянные, а базисные – как функции обмена.

Определение. Решение основной задачи линейного программирования называется базисным, если все свободные переменные равны нулю, а базисные не отрицательны.

Если система ограничений представляет собой совокупность уравнений и неравенств или только неравенств, задача не является канонической.

В этом случае все неравенства приводят к уравнениям, вводя новые (балансовые) переменные в каждое неравенство системы.

Балансовые переменные положительны, их экономический смысл в том, что в решении они показывают либо остатки ресурсов, либо избытки при данном оптимальном решении.

Существует несколько методов решения задач ЛП, два основных из них симплексный и графический методы.

Тема 2.2 Графический метод решения задач линейного программирования.

Графический метод основан на геометрической интерпретации задач линейного программирования.

Пусть задача линейного программирования задана в двухмерном пространстве, т.е. содержит две переменные $x_1 \geq 0$ и $x_2 \geq 0$.

Содержит систему ограничений G и целевую функцию $L = f(x) = c_1x_1 + c_2x_2 \rightarrow \max$. Каждое из неравенств системы определяет на координатной плоскости (x_1, x_2) некоторую полуплоскость. Следовательно, допустимое множество G есть пересечение конечного числа полуплоскостей, т. е. некоторая многоугольная область на плоскости (x_1, x_2) . В общем случае, область может быть незамкнута или её может не существовать.

Если эта область существует, то алгоритм оптимального решения предполагает шаги:

1. По заданным ограничениям строится многоугольная область на плоскости, которая является пересечением множества полуплоскостей.

2. Перпендикулярно вектору градиента целевой функции $N\text{-grad}$ строится сама целевая функция L , так, чтобы она пересекала допустимую область.

3. Перемещая прямую целевой функции L параллельно самой себе (в направлении возрастания grad (убывания $\text{grad}(\min)$)) достигаем такого положения, когда дальнейшее перемещение целевой функции L ведёт к потере общих точек с областью.

4. Последнее положение целевой функции, когда она имеет соприкосновение с областью, определяет одно или множество оптимальных решений при $L \square \max$. с областью, то целевая функция L не ограничена на множестве G и задача не имеет оптимальных решений.

Тема 2.3 Симплексный метод решения задач линейного программирования.

Лекция проходит в интерактивной форме в виде презентации (2 часа).

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_k на свободную x_j .

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

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

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

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

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

Столбец k , соответствующий переменной вводимой в базис называется разрешающим.

Элемент rk называется разрешающим элементом.

Алгоритм поиска симплекс метода состоит из 2-х этапов:

1. поиск опорного решения ($A \square C$)
2. поиск оптимального решения ($B \square C$)

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 α . 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 α . выбирается аналогично опорному решению по соотношению (5).

Раздел 3. Транспортная задача.

Лекция проходит в интерактивной форме в виде презентации (2 часа).

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.

Поставщики	Потребители				Запасы
	B_1	B_2	.....	B_n	
A_1	c_{11}	c_{12}	.....	c_{1n}	a_1
A_2	c_{21}	c_{22}	.....	c_{2n}	a_2
.....
A_m	c_{m1}	c_{m2}	.....	c_{mn}	a_m
Потребности <i>и</i>	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.

Тема 3.1 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).

Тема 3.2 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.

Тема 3.3 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 δ , как разность между исходной стоимостью и найденной $\delta_{ij} = C_{ij} - Z_{ij}$.

4. Полученное значение δ_{ij} заносится в левый верхний угол незаполненных клеток.

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

6. Иначе, среди полученных отрицательных δ_{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 δ , 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 δ - 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.

Раздел 4. Игровые критерии оптимизации.

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.

	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
U_1					
U_2					
U_3					
U_4					
U_5					

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.

Тема 4.1 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).

$Z_j = \min Z_{ij}$; оптимальные затраты $Z_{opt} = \max Z_j$.

Основная формула:

$$Z^{opt} = \max_i \min_j Z_{ij}$$

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

Тема 4.2 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.

Тема 4.3 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:

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

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

Основная формула:

, где $0 \leq \alpha \leq 1$

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

Значение α выбирают на основании субъективных соображений. Если эти состояния природы могут появиться с одинаковой вероятностью, то α 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.

Тема 4.4 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).

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

Основная формула:

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

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.

Тема 4.5 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

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

После заполнения матрицы решения принимаются как в мини-максе:

$$R_i = \max_j R_{ij} \quad \Rightarrow \quad R^{onm} = \min_j R_j$$

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

Учебным планом не предусмотрено.

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.	Построение математической модели.	2	разбор конкретных ситуаций (1 час)
2	2.	Графический метод решения задач линейного программирования.	2	-
3	2.	Симплексный метод решения задач линейного программирования.	3	разбор конкретных ситуаций (2 часа)
4	3.	Определение опорного решения задачи методом северо-западного угла.	1	-
5	3.	Определение опорного решения задачи методом наименьшего элемента.	1	-
6	3.	Определение оптимального решения задачи методом потенциалов.	3	разбор конкретных ситуаций (2 часа)
7	4.	Игровые критерии: Вальда, азартного игрока, Гурвица, Лапласа-Байеса, минимального риска Сэвиджа	5	-
ИТОГО			17	5

4.5. Контрольные мероприятия: курсовой проект (курсовая работа), контрольная работа, РГР, реферат

Учебным планом не предусмотрено

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

<i>№, наименование разделов дисциплины</i>	<i>Компетенции</i>	<i>Кол-во часов</i>	<i>Компетенции</i>		Σ <i>комп.</i>	<i>t_{ср}, час</i>	<i>Вид учебных занятий</i>	<i>Оценка результатов</i>
			<i>ОПК</i>	<i>ПК</i>				
			<i>2</i>	<i>4</i>				
1		2	3	4	5	6	7	8
1. Виды математического моделирования объекта.		27	+	+	2	13,5	Лк, ПЗ, СРС	Экзамен
2. Задачи линейного программирования.		32	+	+	2	16	Лк, ПЗ, СРС	Экзамен
3. Транспортная задача.		33	+	+	2	16,5	Лк, ПЗ, СРС	Экзамен
4. Игровые критерии оптимизации.		34	+	+	2	17	Лк, ПЗ, СРС	Экзамен
всего часов		126	63	63	2	63		

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

Черный А.А. Теория и практика эффективного математического моделирования: Учеб. пособие – 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>

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
Основная литература				
1.	Черный А.А. Теория и практика эффективного математического моделирования: Учеб. пособие – 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	Лк, ПЗ	ЭР	1
2.	Трусов П.В. Введение в математическое моделирование: Учеб. пособие. – М.: Логос, 2007, - 440 с. http://ecat.brstu.ru/catalog/Ресурсы%20свободного%20доступа/Введение%20в%20математическое%20моделирование.Уч.пособие.2007.pdf	Лк, ПЗ	ЭР	1
Дополнительная литература				
3.	Муращенко, Д. Д. Математические методы и моделирование в расчетах на ЭВМ : учебное пособие для вузов / Д. Д. Муращенко. - Москва : МГУЛ, 2004 - Ч.2. - 295 с.	Лк, ПЗ	10	1
4.	Алпатов, Ю. Н. Математическое моделирование производственных процессов : учебное пособие / Ю.Н. Алпатов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Братск : БрГТУ, 2004. - 96 с.	Лк, ПЗ	110	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=.

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--plai/how-to-search/> .

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению практических работ

Практическое занятие №1

Построение математической модели.

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

Цель занятия:

приобрести навыки построения математической модели задачи.

Задание:

1. выбрать неизвестные величины задачи;
2. составить систему ограничений задачи;
3. составить целевую функцию задачи.

Порядок выполнения:

соответствует пунктам 1 – 3 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 – 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. Трусов П.В. Введение в математическое моделирование: Учеб. пособие. – М.: Логос, 2007, - 440 с.

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

Дополнительная литература

1. Муращенко, Д. Д. Математические методы и моделирование в расчетах на ЭВМ : учебное пособие для вузов / Д. Д. Муращенко. - Москва : МГУЛ, 2004 - Ч.2. - 295 с.

2. Алпатов, Ю. Н. Математическое моделирование производственных процессов : учебное пособие / Ю.Н. Алпатов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Братск : БрГТУ, 2004. - 96 с.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Выделите основные этапы при построении математической модели.

Практическое занятие №2

Графический метод решения задач линейного программирования.

Цель занятия:

решить графическим методом задачу линейного программирования;

Задание:

1. по заданным ограничениям строится многоугольная область на плоскости (x_1, x_2) ;
2. по коэффициентам целевой функции строится точка N;
3. соединив точку N с точкой начала координат, строится N-grad.;
4. перпендикулярно вектору градиента N-grad через точку начала координат строится целевая функция L..
5. перемещая прямую целевой функции L в направлении возрастания параллельно самой себе достигаем такого положения, когда дальнейшее перемещение целевой функции L ведёт к потере общих точек с областью.
6. последнее соприкосновение линии L с областью определяет оптимальное решение задачи.

Порядок выполнения:

Соответствует пунктам 1 – 6 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 – 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. Трусов П.В. Введение в математическое моделирование: Учеб. пособие. – М.: Логос, 2007, - 440 с.

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

Дополнительная литература

1. Муращенко, Д. Д. Математические методы и моделирование в расчетах на ЭВМ : учебное пособие для вузов / Д. Д. Муращенко. - Москва : МГУЛ, 2004 - Ч.2. - 295 с.

2. Алпатов, Ю. Н. Математическое моделирование производственных процессов : учебное пособие / Ю.Н. Алпатов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Братск : БрГТУ, 2004. - 96 с.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Перечислите поэтапно графическое решение задачи линейного программирования.

Практическое занятие №3

Симплексный метод решения задач линейного программирования.

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

Цель занятия:

решить симплексным методом задачу линейного программирования;

Задание:

1. привести систему ограничений к виду, когда все знаки в ограничениях одинаковы.
2. записать задачу линейного программирования в канонической форме.
3. определить любое базисное решение, наиболее простое решение: когда основные переменные являются свободными и $= 0$, а дополнительные переменные являются базисными и равны правым частям СЛУ.
4. по определенному алгоритму проверить 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 найти опорное решение.
7. проверить опорное решение на оптимальность по определённому алгоритму.
8. если решение не оптимальное опять провести замену переменных: базисные на свободные.
9. в результате многократного повторения будет получено либо оптимальное решение, либо противоречивость ограничениям, либо не ограниченность целевой функции.

Порядок выполнения:

Соответствует пунктам 1 – 9 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 – 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. Трусов П.В. Введение в математическое моделирование: Учеб. пособие. – М.: Логос, 2007, - 440 с.
<http://ecat.brstu.ru/catalog/Ресурсы%20свободного%20доступа/Введение%20в%20математическое%20моделирование.Уч.пособие.2007.pdf>

Дополнительная литература

1. Муращенко, Д. Д. Математические методы и моделирование в расчетах на ЭВМ : учебное

пособие для вузов / Д. Д. Муращенко. - Москва : МГУЛ, 2004 - Ч.2. - 295 с.

2. Алпатов, Ю. Н. Математическое моделирование производственных процессов : учебное пособие / Ю.Н. Алпатов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Братск : БрГТУ, 2004. - 96 с.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. дайте краткое описание поиска опорного решения симплексным методом.
2. дайте краткое описание поиска оптимального решения симплексным методом.

Практическое занятие №4

Определение опорного решения задачи методом северо-западного угла.

Цель занятия:

определить опорное решение транспортной задачи методом северо-западного угла.

Задание:

1. составить матрицу планирования перевозок;
2. найти опорное решение транспортной задачи методом северо-западного угла;
3. рассчитать стоимость всего плана перевозок.

Порядок выполнения:

Соответствует этапам 1 – 3 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 – 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. Трусов П.В. Введение в математическое моделирование: Учеб. пособие. – М.: Логос, 2007, - 440 с.

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

Дополнительная литература

1. Муращенко, Д. Д. Математические методы и моделирование в расчетах на ЭВМ : учебное пособие для вузов / Д. Д. Муращенко. - Москва : МГУЛ, 2004 - Ч.2. - 295 с.

2. Алпатов, Ю. Н. Математическое моделирование производственных процессов : учебное пособие / Ю.Н. Алпатов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Братск : БрГТУ, 2004. - 96 с.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. дайте краткое описание поиска опорного решения транспортной задачи методом северо-западного угла.

Практическое занятие №5

Определение опорного решения задачи методом наименьшего элемента.

Цель занятия:

определить опорное решение транспортной задачи методом наименьшего элемента.

Задание:

1. составить матрицу планирования перевозок;
2. найти опорное решение транспортной задачи методом наименьшего элемента;
3. рассчитать стоимость всего плана перевозок.

Порядок выполнения:

Соответствует этапам 1 – 3 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 – 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. Трусов П.В. Введение в математическое моделирование: Учеб. пособие. – М.: Логос, 2007, - 440 с.

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

Дополнительная литература

1. Муращенко, Д. Д. Математические методы и моделирование в расчетах на ЭВМ : учебное пособие для вузов / Д. Д. Муращенко. - Москва : МГУЛ, 2004 - Ч.2. - 295 с.

2. Алпатов, Ю. Н. Математическое моделирование производственных процессов : учебное пособие / Ю.Н. Алпатов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Братск : БрГТУ, 2004. - 96 с.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. дайте краткое описание поиска опорного решения транспортной задачи методом наименьшего элемента.

Практическое занятие №6

Определение оптимального решения транспортной задачи методом потенциалов.

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

Цель занятия:

найти оптимальное решение задачи методом потенциалов.

Задание:

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) составить уравнение вида $C_{ij}=U_i+V_j$. Из этой системы определить значения переменных U_i и V_j .
3. используя полученные значения переменных для пустых клеток, определить величину псевдостоимости: $Z_{ij}=U_i+V_j$
4. для этих пустых клеток вычислить величину δ , как разность между исходной стоимостью и найденной. $\delta_{ij} = C_{ij} - Z_{ij}$
5. если среди полученных δ_{ij} ($\delta_{ij} < 0$) нет отрицательных, то получено оптимальное решение, при этом $L \rightarrow \min$
6. иначе, среди полученных отрицательных δ_{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 δ , 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 δ - отрицательная). В исходной вершине ставим знак "+".
8. найти минимальный объем перевозимого груза X_{ij} среди отрицательных величин. Эта величину груза списать со всех отрицательных вершин и добавить к положительным вершинам, при этом состав клеток изменяется.
9. для нового состава клеток повторяются шаги поиска оптимального решения (п.п. 1-8).
10. для полученного оптимального решения ($\delta_{ij} > 0$) рассчитывают L - стоимость всего плана.

Порядок выполнения:

Соответствует этапам 1 – 10 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 – 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. Трусов П.В. Введение в математическое моделирование: Учеб. пособие. – М.: Логос, 2007, - 440 с.
<http://ecat.brstu.ru/catalog/Ресурсы%20свободного%20доступа/Введение%20в%20математическое%20моделирование.Уч.пособие.2007.pdf>

Дополнительная литература

1. Мурашенко, Д. Д. Математические методы и моделирование в расчетах на ЭВМ : учебное пособие для вузов / Д. Д. Мурашенко. - Москва : МГУЛ, 2004 - Ч.2. - 295 с.
2. Алпатов, Ю. Н. Математическое моделирование производственных процессов : учебное пособие / Ю.Н. Алпатов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Братск : БрГТУ, 2004. - 96 с.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. дайте краткое описание поиска оптимального решения транспортной задачи.

Практическое занятие №7

Игровые критерии: Вальда, азартного игрока, Гурвица, Лапласа-Байеса, Сэвиджа.

Цель занятия:

по критериям Вальда, азартного игрока, Гурвица, Лапласа-Байеса, Сэвиджа определить, какой тип станции необходимо построить на местности.

Задание:

1. составить платежную матрицу;
2. на основании платежной матрицы по критериям Вальда, азартного игрока, Гурвица, Лапласа-Байеса, Сэвиджа определить, какой тип станции необходимо построить на местности;
3. рассчитать экономический эффект от строительства.

Порядок выполнения:

Соответствует этапам 1 – 3 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 – 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.посobie.2010.pdf>
2. Трусов П.В. Введение в математическое моделирование: Учеб. пособие. – М.: Логос, 2007, - 440 с.
<http://ecat.brstu.ru/catalog/Ресурсы%20свободного%20доступа/Введение%20в%20математическое%20моделирование.Уч.посobie.2007.pdf>

Дополнительная литература

1. Мурашенко, Д. Д. Математические методы и моделирование в расчетах на ЭВМ : учебное пособие для вузов / Д. Д. Мурашенко. - Москва : МГУЛ, 2004 - Ч.2. - 295 с.
2. Алпатов, Ю. Н. Математическое моделирование производственных процессов : учебное пособие / Ю.Н. Алпатов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Братск : БрГТУ, 2004. - 96 с.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. дайте краткое описание критериев Вальда, азартного игрока, Гурвица, Лапласа-Байеса, Сэвиджа.

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

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; 17-ПК: CPU 5000/RAM 2Gb/HDD; Монитор TFT 19 LG1953S-SF;	Лк 1-8
ПЗ	Дисплейная аудитория	Интерактивная доска SMART Board 680I, проектор Casio XJ-UT310WN; 17-ПК: CPU 5000/RAM 2Gb/HDD; Монитор TFT 19 LG1953S-SF;	ПЗ 1-11
СР	ЧЗЗ	-	-

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

1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)

№ компетенции	Элемент компетенции	Раздел	Тема	ФОС
ОПК-2	способность демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, готовностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; применять их для разрешения основных законов естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	1. Виды математического моделирования объекта.	1.1 Основные положения и определения. Классификация видов моделирования. 1.2 Построение математической модели.	Экзаменац. билет
		2. Задачи линейного программирования.	2.1 Математическая формулировка задачи линейного программирования (ЛП). Каноническая форма записи задачи ЛП. 2.2 Графический метод решения задач линейного программирования. 2.3 Симплексный метод решения задач линейного программирования.	Экзаменац. билет
		3. Транспортная задача	3.1 Определение опорного решения задачи методом северо-западного угла. 3.2 Определение опорного решения задачи методом наименьшего элемента. 3.3 Определение оптимального решения задачи методом потенциалов.	Экзаменац. билет
		4. Игровые критерии оптимизации.	4.1 Критерий Вальда. 4.2 Критерий азартного игрока. 4.3 Критерий Гурвица. 4.4 Критерий Сэвиджа.	Экзаменац. билет
ПК-4	способность к проведению экспериментов по заданной методике, обработке и анализу полученных результатов с привлечением соответствующего математического аппарата	1. Виды математического моделирования объекта.	1.1 Основные положения и определения. Классификация видов моделирования. 1.2 Построение математической модели.	Экзаменац. билет
		2. Задачи линейного программирования.	2.1 Математическая формулировка задачи линейного программирования (ЛП). Каноническая форма записи задачи ЛП. 2.2 Графический метод решения задач линейного программирования. 2.3 Симплексный метод	Экзаменац. билет

			решения задач линейного программирования.	
		3. Транспортная задача	3.1 Определение опорного решения задачи методом северо-западного угла. 3.2 Определение опорного решения задачи методом наименьшего элемента. 3.3 Определение оптимального решения задачи методом потенциалов.	Экзаменац. билет
		4. Игровые критерии оптимизации.	4.1 Критерий Вальда. 4.2 Критерий азартного игрока. 4.3 Критерий Гурвица. 4.4 Критерий Сэвиджа.	Экзаменац. билет

2. Экзаменационные вопросы

№ п/п	Компетенции		ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ	№ и наименование раздела
	Код	Определение		
1	2	3	4	5
1.	ОПК-2	способность демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, готовностью выявлять естественнонаучную суть проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; применять их для разрешения основных законов естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	1.1 Основные положения и определения. Классификация видов моделирования.	1. Виды математического моделирования объекта.
			1.2 Построение математической модели.	
			2.1 Математическая формулировка задачи линейного программирования (ЛП). Каноническая форма записи задачи ЛП.	2. Задачи линейного программирования.
			2.2 Графический метод решения задач линейного программирования.	
			2.3 Симплексный метод решения задач линейного программирования.	
			3.1 Определение опорного решения задачи методом северо-западного угла.	3. Транспортная задача
			3.2 Определение опорного решения задачи методом наименьшего элемента.	
			3.3 Определение оптимального решения задачи методом потенциалов.	
			4.1 Критерий Вальда.	4. Игровые критерии оптимизации.
			4.2 Критерий азартного игрока.	
4.3 Критерий Гурвица.				
4.4 Критерий Сэвиджа.				
2.	ПК-4	способность к проведению экспериментов по заданной методике,	1.1 Основные положения и определения. Классификация видов моделирования.	1. Виды математического моделирования объекта.
			1.2 Построение математической модели.	

	обработке и анализу полученных результатов с привлечением соответствующего математического аппарата	2.1 Математическая формулировка задачи линейного программирования (ЛП). Каноническая форма записи задачи ЛП.	2. Задачи линейного программирования.
		2.2 Графический метод решения задач линейного программирования.	
		2.3 Симплексный метод решения задач линейного программирования.	
		3.1 Определение опорного решения задачи методом северо-западного угла.	3. Транспортная задача
		3.2 Определение опорного решения задачи методом наименьшего элемента.	
		3.3 Определение оптимального решения задачи методом потенциалов.	
		4.1 Критерий Вальда.	4. Игровые критерии оптимизации.
		4.2 Критерий азартного игрока.	
		4.3 Критерий Гурвица.	
		4.4 Критерий Сэвиджа.	

3. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
<p>Знать (ОПК-2): виды математического моделирования; методы решения задач линейного программирования; (ПК-4): современные теоретические и экспериментальные методы математического моделирования.</p> <p>Уметь (ОПК-2): выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе математического моделирования объектов. (ПК-4): проводить эксперименты по заданной методике, обработке и анализу полученных результатов с привлечением соответствующего математического аппарата.</p> <p>Владеть (ОПК-2): методами математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального</p>	отлично	Во время ответа обучающийся демонстрирует глубокое и прочное усвоение программного материала: знает виды математического моделирования, методы решения задач линейного программирования, современные теоретические и экспериментальные методы математического моделирования, умеет выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе математического моделирования объектов, 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.
	хорошо	Ответ содержит неточности. Дополнительные вопросы требуется, но обучающийся с ними справляется отлично.
	удовлетворительно	Ответил только на один вопрос, либо слабо ответил на оба вопроса. На дополнительные вопросы отвечает неуверенно.

исследования. (ПК-4): навыками свободного обращения с компьютерными программами по моделированию систем.	неудовлетворительно	На оба вопроса обучающийся отвечает неубедительно. На дополнительные вопросы преподавателя также не может ответить.
--	----------------------------	---

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

Дисциплина «Математическое моделирование на ЭВМ» направлена на изучение основ математического моделирования, построения математических моделей, анализа теоретических и экспериментальных исследований в сфере профессиональной деятельности.

Изучение дисциплины «Математическое моделирование на ЭВМ» предусматривает:

- лекции;
- практические занятия;
- самостоятельную работу обучающихся;
- экзамен.

В ходе освоения раздела 1 «Виды математического моделирования объекта» обучающиеся должны изучить основные положения и определения математического моделирования на ЭВМ, классификацию видов моделирования, уметь составить математическую модель задачи.

В ходе освоения раздела 2 «Задачи линейного программирования» обучающиеся должны уметь найти опорное и оптимальное решения графическим и симплексным методами.

В ходе освоения раздела 3 «Транспортная задача» обучающиеся должны уметь найти опорное и оптимальное решения транспортной задачи.

В ходе освоения 4 раздела «Игровые критерии оптимизации» обучающиеся должны с помощью классических критериев оптимизации выбрать наилучший вариант из возможных.

В процессе выполнения практических работ происходит закрепление знаний, формирование умений и навыков математического моделирования.

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 экзамену допускаются студенты, которые выполнили и оформили все практические работы.

Оценка знаний, умений, навыков осуществляется в процессе промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине, которая осуществляется в виде экзамена. Для оценивания знаний, умений, навыков используются ФОС по дисциплине, содержащий, вопросы к экзамену.

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

АННОТАЦИЯ

рабочей программы дисциплины

Математическое моделирование на ЭВМ

1. Цель и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины является формирование у обучающихся профессиональных компетенций в области построения математических моделей с применением ЭВМ.

Задачей изучения дисциплины является построение математических моделей, применение различных методов решения задач линейного программирования, транспортных задач, задач оптимизации с применением ЭВМ.

2. Структура дисциплины

2.1 Распределение трудоемкости по отдельным видам учебных занятий, включая самостоятельную работу:

1. Лекций – 17 часов,
2. Практические работы – 17 часов,
3. Самостоятельная работа студента – 92 часа,

Общая трудоемкость дисциплины составляет 180 часов, 5 зачетных единиц

2.2 Основные разделы дисциплины:

1. Виды математического моделирования объекта
2. Задачи линейного программирования
3. Транспортная задача
4. Игровые критерии оптимизации.

3. Планируемые результаты обучения (перечень компетенций)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-2 - способность демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, готовностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; применять их для разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.

ПК-4 - способность к проведению экспериментов по заданной методике, обработке и анализу полученных результатов с привлечением соответствующего математического аппарата.

4. Вид промежуточной аттестации: экзамен.

*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)

№ компетенции	Элемент компетенции	Раздел	Тема	ФОС
ОПК-2	способность демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, готовностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; применять их для разрешения основных законов естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	1. Виды математического моделирования объекта.	1.1 Основные положения и определения. Классификация видов моделирования. 1.2 Построение математической модели.	Отчеты по ПЗ
		2. Задачи линейного программирования.	2.1 Математическая формулировка задачи линейного программирования (ЛП). Каноническая форма записи задачи ЛП. 2.2 Графический метод решения задач линейного программирования. 2.3 Симплексный метод решения задач линейного программирования.	Отчеты по ПЗ
		3. Транспортная задача	3.1 Определение опорного решения задачи методом северо-западного угла. 3.2 Определение опорного решения задачи методом наименьшего элемента. 3.3 Определение оптимального решения задачи методом потенциалов.	Отчеты по ПЗ
ПК-4	способность к проведению экспериментов по заданной методике, обработке и анализу полученных результатов с привлечением соответствующего математического аппарата	4. Игровые критерии оптимизации.	4.1 Критерий Вальда. 4.2 Критерий азартного игрока. 4.3 Критерий Гурвица. 4.4 Критерий Сэвиджа	Отчеты по ПЗ

Программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника от «01» октября 2015 г. №1081

для набора 2017 года: учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от 06.03.2017 г. №125 , заочной формы обучения от от 06.03.2017 г. №125 для заочной формы (ускоренное обучение) от 04.04.2017 г. №203;

для набора 2018 года учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от 12.03.2018 г. №130 , заочной формы обучения от 12.03.2018 г. №130

Программу составил:

Т.В. Темгенева, ст. преподаватель кафедры УТС

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

Заведующий кафедрой УТС _____ Игнатев И.В.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий выпускающей кафедрой ПТЭ _____ Федяев А.А.

Директор библиотеки _____ Сотник Т.Ф.

Рабочая программа одобрена методической комиссией факультета ЭиА

от « ____ » _____ 2018 г., протокол № ____

Председатель методической комиссии факультета УТС _____ Ульянов А.Д.

СОГЛАСОВАНО:

Начальник учебно-методического управления _____ Нежевец Г.П.

Регистрационный № _____