

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 12.09.2021 19:10:28  
Уникальный программный ключ:  
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт  
(технический университет)»

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной  
и методической работе  
\_\_\_\_\_ Б.В.Пекаревский  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ**

Направление подготовки

**09.03.01 Информатика и вычислительная техника**

Направленность программы бакалавриата

**Автоматизированные системы обработки информации и управления**

Квалификация

**Бакалавр**

Форма обучения

**Заочная**

Факультет **информационных технологий и управления**

Кафедра **систем автоматизированного проектирования и управления**

Санкт-Петербург

2016

**Б1.В.09**

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Разработчики		доцент И.А. Смирнов, доцент А.С. Разыграев, ст. преп. И.А. Песков

Рабочая программа дисциплины «Методы оптимизации» обсуждена на заседании кафедры систем автоматизированного проектирования и управления  
протокол от «13» апреля 2016 № 7  
Заведующий кафедрой

Т.Б. Чистякова

Одобрено учебно-методической комиссией факультета информационных технологий и управления  
протокол от «15» апреля 2016 № 7  
Председатель

В.В.Куркина

## СОГЛАСОВАНО

Руководитель программы по направлению «Информатика и вычислительная техника»		профессор Т.Б. Чистякова
Директор библиотеки		Т.Н. Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т.И.Богданова
Начальник УМУ		С.Н.Денисенко

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы .....	04
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы.....	05
3. Объем дисциплины .....	05
4. Содержание дисциплины	
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.....	06
4.2. Занятия лекционного типа.....	06
4.3. Занятия семинарского типа.....	07
4.3.1. Семинары, практические занятия .....	07
4.3.2. Лабораторные занятия.....	08
4.4. Самостоятельная работа.....	
4.4.1 Темы контрольных работ .....	09
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	17
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	17
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины .....	17
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины .....	18
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	18
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	
10.1. Информационные технологии.....	20
10.2. Программное обеспечение.....	20
10.3. Информационные справочные системы.....	20
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	20
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья .....	21
Приложение №1 . Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	22
Приложение №2 Шаблон задания на курсовой проект.....	31

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.**

В результате освоения образовательной программы бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

<i>Коды компетенции</i>	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
<b>ОПК-5</b>	Способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности, связанные с использованием оптимизационных методов, на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	<p><b>Знать:</b>  понятия, цели и задачи теории оптимизации;  основные подходы к решению задач оптимизации;  математический аппарат теории оптимизации.</p> <p><b>Уметь:</b>  формализовать задачу параметрической оптимизации объекта проектирования в виде задачи конечномерной однокритериальной оптимизации;  выбирать наиболее эффективный метод решения задачи оптимизации;  учитывать основные требования информационной безопасности при разработке программного обеспечения.</p> <p><b>Владеть:</b>  современными информационной техникой и инструментальными средствами для решения оптимизационных задач.</p>
<b>ПК-2</b>	Способность разрабатывать компоненты аппаратно-программных комплексов, реализующих оптимизационные методы, и баз данных, используя современные инструментальные средства и технологии программирования	<p><b>Знать:</b>  классификацию задач оптимизации и методов их решения;  методику сравнения эффективности алгоритмов оптимизации;</p> <p><b>Уметь:</b>  выбирать подходящий метод, алгоритм и программу решения поставленной задачи;  осуществлять презентацию разработанных программных модулей.</p> <p><b>Владеть:</b>  навыками разработки</p>

<i>Коды компетенции</i>	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
		алгоритмов оптимизационных методов и их программных реализаций

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина относится к обязательным дисциплинам вариативной части (Б1.В.09) и изучается на 3 и 4 курсах в 6 и 7 семестрах.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Математический анализ», «Программирование», «Операционные системы», «Базы данных», «Разработка программных систем».

Полученные при изучении дисциплины «Методы оптимизации» знания необходимы при выполнении и защите выпускной квалификационной работы, а также при решении научно-исследовательских, проектно-конструкторских, производственно-технических, организационно-управленческих задач в будущей профессиональной деятельности.

## 3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, академических часов
	Заочная форма обучения
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц/ академических часов)	4/ 144
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>16</b>
занятия лекционного типа	6
занятия семинарского типа, в т.ч.	10
семинары, практические занятия	6
лабораторные работы	4
курсовое проектирование (КР или КП)	КП
КСР	-
другие виды контактной работы	
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>119</b>
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	<b>2 Кр</b>
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП, зачет, экзамен)	9, КП, экзамен

#### 4. Содержание дисциплины.

##### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, акад. часы	Занятия семинарского типа, акад. часы		Самостоятельная работа, акад. часы	Формируемые компетенции
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы		
1.	Введение	0,5	-	-	2	ОПК-5,
2.	Характеристика методов решения задач оптимизации	0,5	-	-	2	ОПК-5
3.	Задача линейного программирования	0,5	-	-	6	ОПК-5
4.	Методы одномерной минимизации	0,5	-	-	24	ПК-2
5.	Численные методы безусловной минимизации	2	3	2	30	ОПК-5 ПК-2
6.	Алгоритмы прямого поиска	1	3	2	30	ПК-2
7.	Поиск условного экстремума	0,5	-	-	20	ОПК-5
8.	Выпуклое программирование	0,5	-	-	5	ОПК-5

##### 4.2. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	<u>Введение.</u> Основные понятия теории оптимизации. Предметная область. Типы объектов оптимизации. Способы постановки оптимизационных задач. Поверхность целевой функции. Критерий оптимальности.	0,5	

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
2	<u>Характеристика методов решения задач оптимизации.</u> Классификация методов. Способы решения 3О. Аналитический способ. Графическое решение. Способы проверки решения на достаточность. Условие Сильвестра.	0,5	
3	<u>Задача линейного программирования.</u> <u>Постановка задачи.</u> <u>Геометрическая интерпретация.</u> <u>Преобразование ограничений.</u> <u>Графическое решение.</u> <u>Симплекс-метод решения задачи ЛП.</u>	0,5	
4	<u>Методы одномерной минимизации</u> Постановка задачи. Унимодальность функции. Прямой поиск. Пассивный и последовательный поиск. Алгоритмы дихотомии, золотого сечения, метод Фибоначчи. Метод хорд. Метод Пауэлла. Сравнение эффективности алгоритмов.	0,5	
5	<u>Численные методы безусловной минимизации</u> Классификация методов. Методы нулевого, первого и второго порядков. Методы сканирования. Методы спуска. Метод Ньютона. Квазиньютоновские методы.	2	
6	<u>Алгоритмы прямого поиска.</u> <u>Симплексные методы. Методы покоординатного спуска.</u> <u>Алгоритмы Гаусса-Зейделя, Хука-Дживса.</u> <u>Методы случайного поиска.</u>	1	
7	<u>Поиск условного экстремума.</u> <u>Минимизация при ограничениях типа равенств.</u> <u>Использование множителей Лагранжа.</u> <u>Функция Лагранжа.</u> <u>Условие Куна-Таккера.</u> <u>Комплексный метод Бокса.</u>	0,5	
8	<u>Выпуклое программирование.</u> Выпуклые множества. Выпуклые функции. Условие минимума выпуклых функций. Минимизация позиномов.	0,5	

### 4.3. Занятия семинарского типа.

#### 4.3.1. Семинары, практические занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
----------------------	--	-------------------	---------------------

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Иновационная форма
1	<u>Правила оформления блок-схем алгоритмов.</u> Знакомство с ЕСПД. Изучение основных операторов.	1	-
2	<u>Разработка программного интерфейса для решения задач одномерной оптимизации.</u> Проектирование структуры интерфейса пользователя.	1	-
4	<u>Разработка алгоритма метода дихотомии и его программная реализация.</u> Алгоритмизация задачи одномерной оптимизации. Разработка программного модуля.	2	Слайд-презентация, групповая дискуссия
4	<u>Разработка алгоритма метода локализации экстремума и его программная реализация.</u> Алгоритмизация задачи одномерной оптимизации. Разработка программного модуля	2	Слайд-презентация, групповая дискуссия

#### 4.3.2. Лабораторные занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Примечание
2	<u>Графическое решение задач оптимизации.</u> Нахождение условного экстремума линейной и квадратичной целевых функций задач невысокой размерности.	3	
5	<u>Градиентные методы поиска экстремума</u> Изучение алгоритмов, реализующих градиентный поиск. Сравнение эффективности методов.	2	
6	<u>Изучение метода поочередного варьирования переменных.</u> Исследование параметров метода на эффективность поиска экстремума.	2	

#### 4.4. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Математические модели объектов оптимизации	2	Устный опрос №1



№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
2	Способы проверки решения на достаточность. Условие Сильвестра	2	Устный опрос №1
3	Симплекс-метод решения задачи линейного программирования	6	Устный опрос №1
4	Пассивный и последовательный поиск. Оптимальный пассивный поиск.	30	Письменный опрос №1
5	Метод Ньютона. Его модификации. Квазиньютоновские методы.	30	Письменный опрос №1
6	Методы Розенброка и Пауэлла. <u>Алгоритмы Гаусса-Зейделя, Хука-Дживса.</u>	30	Устный опрос №2
7	Использование приведенного градиента. Метод проекции точки на множество. Методы внутренней и внешней точек.	10	Устный опрос №2
8	Примеры минимизации квадратичных функций.	9	Устный опрос №2

#### 4.4.1 Темы контрольных работ

#### **Контрольная работа №1 «Изучение графического способа решения задач оптимизации»**

##### **Вариант №1**

1. Получить графическое решение следующей задачи линейного программирования.

Завод по производству химических удобрений имеет возможность реализовать два технологических процесса, ориентированных на получение продукта А. Расходы, связанные с реализацией этих процессов, определяются трудозатратами и расходами материалов У, Z, W. Нормы трудозатрат, материалов, ресурсы завоза и доходы от реализации единицы продукции, полученной на 1 и 2 процессах, приведены в таблице.

	На единицу продукции		Ресурсы
	процесс 1	процесс 2	
Трудозатраты, человеко-недели	1,0	1,0	15
Материал У, [кг]	8,5	5,0	120
Материал Z, [кг]	3,0	12,5	100
Материал W, [шт]	1	2	20
Доход на единицу продукта [y.e.]	4	5	

Составить план выпуска продукта А, обеспечивающий максимум прибыли.

2. Получить графическое решение следующей задачи квадратичного программирования.

На обработку поступает материал, два качественных показателя которого  $U_1$  и  $U_2$  имеют исходные значения  $U_{10}$  и  $U_{20}$ . Эффективность обработки материала оценивается с помощью критерия

$$KР = K_1 * (U_1 - U_{10})^2 + K_2 * (U_2 - U_{20})^2,$$

где  $K_1, K_2$  – весовые коэффициенты.

Известно, что показатель  $U_1$  после обработки должен быть не меньше  $U_{1Н}$ , а  $U_2$  не меньше  $U_{2Н}$ . Но в силу различного рода ограничений показатель  $U_1$  не может быть выше  $U_{1В}$ , а  $U_2$  – выше  $U_{2В}$ . Кроме того, поскольку между показателями  $U_1$  и  $U_2$  существует взаимосвязь, сумма этих показателей

$$A_1 * U_1 + A_2 * U_2$$

не может быть больше некоторой величины  $B$ .

Найти, при каких значениях  $U_1$  и  $U_2$  критерию  $KР$  будет обеспечено минимальное и максимальное значения.

Значения коэффициентов приведены в таблице:

$K_1$	$K_2$	$U_{10}$	$U_{20}$	$U_{1Н}$	$U_{1В}$	$U_{2Н}$	$U_{2В}$	$A_1$	$A_2$	$B$
1	1	90	1.25	30	80	0.5	2.0	1	40	120

## Вариант №2

1. Получить графическое решение следующей задачи линейного программирования.

Для производства двух видов продукции  $A, B$  используются четыре группы оборудования (1, 2, 3, 4), в каждой из которых соответственно 18, 8, 24 и 18 единиц оборудования. На производство одной штуки продукции  $A$  требуется занять в течение смены 1, 0, 5 и 2 единицы соответственно 1, 2, 3 и 4 групп оборудования, а продукции  $B$  соответственно 1, 1, 0 и 2.

Определить, сколько штук каждого вида продукции необходимо производить за смену, чтобы получать наибольшую прибыль, если доход от реализации одной штуки продукции  $A$  – 4 у.е., а продукции  $B$  – 6 у.е.

2. Получить графическое решение следующей задачи квадратичного программирования.

На обработку поступает материал, два качественных показателя которого  $U_1$  и  $U_2$  имеют исходные значения  $U_{10}$  и  $U_{20}$ . Эффективность обработки материала оценивается с помощью критерия

$$KР = K_1 * (U_1 - U_{10})^2 + K_2 * (U_2 - U_{20})^2,$$

где  $K_1, K_2$  – весовые коэффициенты.

Известно, что показатель  $U_1$  после обработки должен быть не меньше  $U_{1Н}$ , а  $U_2$  не меньше  $U_{2Н}$ . Но в силу различного рода ограничений показатель  $U_1$  не может быть выше  $U_{1В}$ , а  $U_2$  – выше  $U_{2В}$ . Кроме того, поскольку между показателями  $U_1$  и  $U_2$  существует взаимосвязь, сумма этих показателей

$$A_1 * U_1 + A_2 * U_2$$

не может быть больше некоторой величины  $B$ .

Найти, при каких значениях  $U_1$  и  $U_2$  критерию КР будет обеспечено минимальное и максимальное значения.

Значения коэффициентов приведены в таблице:

K1	K2	U10	U20	U1H	U1B	U2H	U2B	A1	A2	B
1	2	90	1.25	30	80	0.5	2.0	1	40	120

### Вариант №3

1. Получить графическое решение следующей задачи линейного программирования.

Нефтеперерабатывающий завод получает четыре полуфабриката (в тыс. л.): алкилат – 600; кренинг-бензин – 500; бензин прямой перегонки – 500; изопентан – 600. В результате смешения этих компонентов в соответствии 0,375:0,250:200:0,175 получается бензин А, а в соотношении 0,175:0,200:0,250:0,375 – бензин В. Стоимость бензина А и В соответственно (у.е./1 тыс. л.) 120 и 150.

Определить план смешения компонентов, при котором будет достигнута максимальная прибыль.

2. Получить графическое решение следующей задачи квадратичного программирования.

На обработку поступает материал, два качественных показателя которого  $U_1$  и  $U_2$  имеют исходные значения  $U_{10}$  и  $U_{20}$ . Эффективность обработки материала оценивается с помощью критерия

$$КР = K_1 * (U_1 - U_{10})^2 + K_2 * (U_2 - U_{20})^2,$$

где  $K_1, K_2$  – весовые коэффициенты.

Известно, что показатель  $U_1$  после обработки должен быть не меньше  $U_{1H}$ , а  $U_2$  не меньше  $U_{2H}$ . Но в силу различного рода ограничений показатель  $U_1$  не может быть выше  $U_{1B}$ , а  $U_2$  - выше  $U_{2B}$ . Кроме того, поскольку между показателями  $U_1$  и  $U_2$  существует взаимосвязь, сумма этих показателей

$$A_1 * U_1 + A_2 * U_2$$

не может быть больше некоторой величины В.

Найти, при каких значениях  $U_1$  и  $U_2$  критерию КР будет обеспечено минимальное и максимальное значения.

Значения коэффициентов приведены в таблице:

K1	K2	U10	U20	U1H	U1B	U2H	U2B	A1	A2	B
2	1	90	1.25	30	80	0.5	2.0	1	40	120

### Вариант №4

1. Получить графическое решение следующей задачи линейного программирования.

Звероферма выращивает черно-бурых лисиц и песцов. На звероферме имеется около 10000 клеток, в каждой из которых можно содержать либо двух лисиц, либо одного песца. По плану на ферме должно быть не менее 3000 лисиц и 6000 песцов. Ежедневно ферма располагает 60000 единиц корма, причем на 1 лису необходимо 4 единицы корма, одному песцу - 5 единиц.

Какое количество лисиц и песцов нужно держать на ферме, чтобы прибыль от реализации их шкурок была бы наибольшей? Известно, что прибыль от одной шкурки: лисы и песца соответственно 10 и 5 у.е.

2. Получить графическое решение следующей задачи квадратичного программирования.

На обработку поступает материал, два качественных показателя которого  $Y_1$  и  $Y_2$  имеют исходные значения  $Y_{10}$  и  $Y_{20}$ . Эффективность обработки материала оценивается с помощью критерия

$$KР = K_1 * (Y_1 - Y_{10})^2 + K_2 * (Y_2 - Y_{20})^2,$$

где  $K_1, K_2$  – весовые коэффициенты.

Известно, что показатель  $Y_1$  после обработки должен быть не меньше  $Y_{1Н}$ , а  $Y_2$  не меньше  $Y_{2Н}$ . Но в силу различного рода ограничений показатель  $Y_1$  не может быть выше  $Y_{1В}$ , а  $Y_2$  - выше  $Y_{2В}$ . Кроме того, поскольку между показателями  $Y_1$  и  $Y_2$  существует взаимосвязь, сумма этих показателей

$$A_1 * Y_1 + A_2 * Y_2$$

не может быть больше некоторой величины  $B$ .

Найти, при каких значениях  $Y_1$  и  $Y_2$  критерию  $KР$  будет обеспечено минимальное и максимальное значения.

Значения коэффициентов приведены в таблице:

$K_1$	$K_2$	$Y_{10}$	$Y_{20}$	$Y_{1Н}$	$Y_{1В}$	$Y_{2Н}$	$Y_{2В}$	$A_1$	$A_2$	$B$
1	1	8	2.5	4	12	1.0	3.0	0.5	12.5	50

**Вариант №5**

1. Получить графическое решение следующей задачи линейного программирования.

Лакокрасочный завод получает ежемесячно сырье трех видов: А, В и С по 90, 50 и 80 единиц соответственно. Для получения единицы объема краски требуется: 1 ед. сырья А, 1 ед. сырья В и 2 ед. сырья С, для получения единицы объема лака соответственно 1, 3, 1.25 единиц сырья. Доход от реализации одной единицы объема краски и лака соответственно 1 и 1.4 у.е.

Составить план выпуска, обеспечивающий максимальный доход.

2. Получить графическое решение следующей задачи квадратичного программирования.

На обработку поступает материал, два качественных показателя которого  $Y_1$  и  $Y_2$  имеют исходные значения  $Y_{10}$  и  $Y_{20}$ . Эффективность обработки материала оценивается с помощью критерия

$$KР = K_1 * (Y_1 - Y_{10})^2 + K_2 * (Y_2 - Y_{20})^2,$$

где  $K_1, K_2$  – весовые коэффициенты.

Известно, что показатель  $Y_1$  после обработки должен быть не меньше  $Y_{1Н}$ , а  $Y_2$  не меньше  $Y_{2Н}$ . Но в силу различного рода ограничений показатель  $Y_1$  не может быть выше  $Y_{1В}$ , а  $Y_2$  - выше  $Y_{2В}$ . Кроме того, поскольку между показателями  $Y_1$  и  $Y_2$  существует взаимосвязь, сумма этих показателей

$$A1*Y1+A2*Y2$$

не может быть больше некоторой величины В.

Найти, при каких значениях Y1 и Y2 критерию КР будет обеспечено минимальное и максимальное значения.

Значения коэффициентов приведены в таблице:

K1	K2	Y10	Y20	Y1H	Y1B	Y2H	Y2B	A1	A2	B
1	2	8	2.5	4	12	1.0	3.0	0.5	12.5	50

### Вариант №6

1. Получить графическое решение следующей задачи линейного программирования.

Составить смесь, содержащую не менее 6 ед. вещества А, не более 36 ед. вещества В и не более 42 ед. вещества С. Вещества А, В, С содержатся в двух видах сырья (I и II), стоимость условной единицы которых соответственно 2 и 3 у.е. В условной единице сырья I содержится 2 ед. вещества А, 4 ед. вещества В, 7 ед. вещества С, а в условной единице сырья II соответственно 1, 9 и 6 ед. Стоимость смеси должна быть минимальной.

2. Получить графическое решение следующей задачи квадратичного программирования.

На обработку поступает материал, два качественных показателя которого (X1, X2) имеют исходные значения X10, X20. Эффективность обработки материала тем лучше, чем выше значение критерия.

$$L=K1*(X10-X1K)^2+K2*(X20-X2K)^2$$

где K1, K2 – весовые коэффициенты,

X1K, X2K – значения качественных показателей после обработки материала.

Известно, что показатель X1 после обработки должен быть не меньше X1MH, а X2 не меньше X2MH. Но в силу различного рода ограничений показатель X1 не может быть больше, чем X1MK, а X2 больше, чем X2MK. Кроме того, поскольку между показателями существует взаимосвязь, сумма их X1+X2 не может быть больше некоторой величины В.

Найти, при каких значениях X1K, X2K критерию L будет обеспечено максимальное и минимальное значения.

Значения коэффициентов приведены в таблице:

K1	K2	X1MH	X1MK	X2MH	X2MK	X10	X20	B
1	1	3	11	3	8	6	4	15

### Вариант №7

1. Получить графическое решение следующей задачи линейного программирования.

Радиозавод выпускает две модели радиоприемников А, В, прибыль от реализации которых соответственно 8 и 5 у.е. Для производства 10 приемников моделей А, В требуется соответственно 3 и 3.5 часа на изготовление деталей, 4 и 5 часов на сборку и 1 и 1.5 часа на упаковку. В течение недели может быть израсходовано 150 часов на производство деталей, 200 часов на сборку и 60 часов на упаковку. Общий выпуск радиоприемников должен быть не менее 200 штук, кроме того приемников модели В должно быть выпущено не более 150.

Составить план выпуска, обеспечивающий заводу максимум прибыли.

2. Получить графическое решение следующей задачи квадратичного программирования.

На обработку поступает материал, два качественных показателя которого (X1, X2) имеют исходные значения X10, X20. Эффективность обработки материала тем лучше, чем выше значение критерия.

$$L = K1 * (X10 - X1K)^2 + K2 * (X20 - X2K)^2$$

где K1, K2 – весовые коэффициенты,

X1K, X2K – значения качественных показателей после обработки материала.

Известно, что показатель X1 после обработки должен быть не меньше X1МН, а X2 не меньше X2МН. Но в силу различного рода ограничений показатель X1 не может быть больше, чем X1МК, а X2 больше, чем X2МК. Кроме того, поскольку между показателями существует взаимосвязь, сумма их X1+X2 не может быть больше некоторой величины В.

Найти, при каких значениях X1K, X2K критерию L будет обеспечено максимальное и минимальное значения.

Значения коэффициентов приведены в таблице:

K1	K2	X1МН	X1МК	X2МН	X2МК	X10	X20	В
1	2	3	11	3	8	6	4	15

### Вариант №8

1. Получить графическое решение следующей задачи линейного программирования.

Завод по производству лакокрасочных изделий имеет возможность реализовать два технологических процесса, ориентированных на получение нитроэмали. Расходы, связанные с реализацией этих процессов, определяются трудозатратами и расходами материалов сырьевых материалов А, В, С. Нормы трудозатрат, материалов, ресурсы завода и доходы от реализации единицы продукции, полученной на 1 и 2 процессах, приведены в таблице.

	На единицу продукции		Ресурсы
	процесс 1	процесс 2	
Трудозатраты, человеко-смена	1,0	1,0	15
Материал А, [кг]	8,5	5,0	120
Материал В, [кг]	3,0	12,5	100
Материал С, [кг]	1	2	20

Доход на единицу продукта, [у.е.]	4	10	
--------------------------------------	---	----	--

Определить максимальный план выпуска нитроэмали на обоих процессах, обеспечивающих максимальную прибыль.

2. Получить графическое решение следующей задачи квадратичного программирования.

На обработку поступает материал, два качественных показателя которого ( $X_1$ ,  $X_2$ ) имеют исходные значения  $X_{10}$ ,  $X_{20}$ . Эффективность обработки материала тем лучше, чем выше значение критерия.

$$L = K_1 * (X_{10} - X_{1K})^2 + K_2 * (X_{20} - X_{2K})^2$$

где  $K_1$ ,  $K_2$  – весовые коэффициенты,

$X_{1K}$ ,  $X_{2K}$  – значения качественных показателей после обработки материала.

Известно, что показатель  $X_1$  после обработки должен быть не меньше  $X_{1MN}$ , а  $X_2$  не меньше  $X_{2MN}$ . Но в силу различного рода ограничений показатель  $X_1$  не может быть больше, чем  $X_{1MK}$ , а  $X_2$  больше, чем  $X_{2MK}$ . Кроме того, поскольку между показателями существует взаимосвязь, сумма их  $X_1 + X_2$  не может быть больше некоторой величины  $B$ .

Найти, при каких значениях  $X_{1K}$ ,  $X_{2K}$  критерию  $L$  будет обеспечено максимальное и минимальное значения.

Значения коэффициентов приведены в таблице:

$K_1$	$K_2$	$X_{1MN}$	$X_{1MK}$	$X_{2MN}$	$X_{2MK}$	$X_{10}$	$X_{20}$	$B$
2	1	3	11	3	8	6	4	15

### Вариант №9

1. Получить графическое решение следующей задачи линейного программирования.

Фабрика спортивного инвентаря выпускает беговые лыжи и скейтборды. На изготовление этих изделий необходим пластик двух видов. Для изготовления одной пары лыж требуется  $1,5 \text{ м}^2$  пластика I вида и  $1,25 \text{ м}^2$  пластика II вида. Для изготовления одного скейтборда необходима  $2 \text{ м}^2$  пластика I вида и  $1 \text{ м}^2$  пластика II вида. Запасы сырья на фабрике составляют: пластик I вида –  $150 \text{ м}^2$ , пластик II вида –  $100 \text{ м}^2$ . За смену фабрика должна выпустить не менее 20 пар лыж и не менее 30 скейтбордов. Цена одной пары лыж составляет 100 у.е., одного скейтборда – 80 у.е. Составить план выпуска изделий, обеспечивающих максимальную прибыль.

2. Получить графическое решение следующей задачи квадратичного программирования.

На обработку поступает материал, два качественных показателя которого ( $X_1$ ,  $X_2$ ) имеют исходные значения  $X_{10}$ ,  $X_{20}$ . Эффективность обработки материала тем лучше, чем выше значение критерия.

$$L = K_1 * (X_{10} - X_{1K})^2 + K_2 * (X_{20} - X_{2K})^2$$

где  $K_1$ ,  $K_2$  – весовые коэффициенты,

$X_{1K}$ ,  $X_{2K}$  – значения качественных показателей после обработки материала.

Известно, что показатель  $X_1$  после обработки должен быть не меньше  $X_{1МН}$ , а  $X_2$  не меньше  $X_{2МН}$ . Но в силу различного рода ограничений показатель  $X_1$  не может быть больше, чем  $X_{1МК}$ , а  $X_2$  больше, чем  $X_{2МК}$ . Кроме того, поскольку между показателями существует взаимосвязь, сумма их  $X_1+X_2$  не может быть больше некоторой величины  $B$ .

Найти, при каких значениях  $X_{1К}$ ,  $X_{2К}$  критерию  $L$  будет обеспечено максимальное и минимальное значения.

Значения коэффициентов приведены в таблице:

$K_1$	$K_2$	$X_{1МН}$	$X_{1МК}$	$X_{2МН}$	$X_{2МК}$	$X_{10}$	$X_{20}$	$B$
1	1	2	7	2	9	6	4	13

### Вариант №10

1. Получить графическое решение следующей задачи линейного программирования.

Цех выпускает трансформаторы двух видов. На один трансформатор первого вида расходуется 7 кг трансформаторного железа и 2 кг медной проволоки, а на один трансформатор второго вида – 2 кг трансформаторного железа и 1 кг медной проволоки.

В соответствии с указанной металлоемкостью трансформаторов изделие первого вида реализуется предприятием по цене втрое большей, чем изделие второго вида.

Сколько трансформаторов каждого вида должен выпускать цех, чтобы получить наибольшую прибыль, если в цеху имеется 1000 кг трансформаторного железа и 300 кг медной проволоки?

2. Получить графическое решение следующей задачи квадратичного программирования.

На обработку поступает материал, два качественных показателя которого ( $X_1$ ,  $X_2$ ) имеют исходные значения  $X_{10}$ ,  $X_{20}$ . Эффективность обработки материала тем лучше, чем выше значение критерия.

$$L = K_1 \cdot (X_{10} - X_{1К})^2 + K_2 \cdot (X_{20} - X_{2К})^2$$

где  $K_1$ ,  $K_2$  – весовые коэффициенты,

$X_{1К}$ ,  $X_{2К}$  – значения качественных показателей после обработки материала.

Известно, что показатель  $X_1$  после обработки должен быть не меньше  $X_{1МН}$ , а  $X_2$  не меньше  $X_{2МН}$ . Но в силу различного рода ограничений показатель  $X_1$  не может быть больше, чем  $X_{1МК}$ , а  $X_2$  больше, чем  $X_{2МК}$ . Кроме того, поскольку между показателями существует взаимосвязь, сумма их  $X_1+X_2$  не может быть больше некоторой величины  $B$ .

Найти, при каких значениях  $X_{1К}$ ,  $X_{2К}$  критерию  $L$  будет обеспечено максимальное и минимальное значения.

Значения коэффициентов приведены в таблице:

$K_1$	$K_2$	$X_{1МН}$	$X_{1МК}$	$X_{2МН}$	$X_{2МК}$	$X_{10}$	$X_{20}$	$B$
1	2	2	7	2	9	6	4	13

**Контрольная работа №2 «Разработка алгоритмов методов решения оптимизационных задач»**



Разработать алгоритм в виде блок-схемы и представить графическую иллюстрацию его реализации для следующих методов оптимизации.

- Вариант 1.** Метод золотого сечения.
- Вариант 2.** Метод локализации экстремума.
- Вариант 3.** Метод с использованием чисел Фибоначчи.
- Вариант 4.** Метод поочередного варьирования переменных.
- Вариант 5.** Метод наискорейшего спуска.
- Вариант 6.** Симплексный метод.
- Вариант 7.** Комплексный метод Бокса.
- Вариант 8.** Метод деформируемого многогранника (Нелдера – Мида).
- Вариант 9.** Метод Хука – Дживса.
- Вариант 10.** Метод Розенброка Пауэлла.

#### **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.**

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, формы текущего контроля по дисциплине и требования к их выполнению размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте: <http://media.technolog.edu.ru>

#### **6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации**

Своевременное выполнение обучающимся мероприятий текущего контроля позволяет превысить (достигнуть) пороговый уровень («удовлетворительно») освоения предусмотренных элементов компетенций.

Результаты дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций превышен (достигнут) пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена и выполнения курсового проекта.

К сдаче экзамена допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля.

Экзамен предусматривает выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуется двумя теоретическими вопросами для проверки знаний. Курсовой проект предусматривает проверку умений и навыков.

При сдаче экзамена студент получает два вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин.

Пример варианта вопросов на экзамене:

<b>Вариант № 1</b>
1. Расскажите о способах решения оптимизационных задач.
2. Составьте блок-схему алгоритма метода Гаусса-Зейделя. Проиллюстрируйте работу алгоритма на графике функции двух переменных.

#### **7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

**а) основная литература:**

- 1 Смирнов, И. А. Методы оптимизации. Базовый курс : учеб. пособие / И. А. Смирнов. – СПб. : СПбГТИ(ТУ), 2010. – 101 с. (ЭБ)
- 2 Чистякова, Т.Б. Интеллектуальное управление многоассортиментным коксохимическим производством / Т.Б. Чистякова, О.Г. Бойкова, Н.А. Чистяков. - СПб.: ЦОП «Профессия», 2010. – 188 с.

**б) дополнительная литература:**

- 4 Пантелеев, А. В. Методы оптимизации в задачах : учеб. пособие для вузов / А. В. Пантелеев, Т. А. Летова. – 3-е изд., стер. – М. : Высш. шк., 2008. – 544 с.
- 5 Системный анализ и принятие решений. Компьютерное моделирование и оптимизация объектов химической технологии в Mathcad и Excel: учеб. пособие / В.А. Холоднов [и др.]. - СПб.: СПбГТИ (ТУ), 2007.- 433 с.

**в) вспомогательная литература:**

- 6 Аттетков, А. В. Методы оптимизации : учеб. для вузов / А. А. Аттетков, С. В. Галкин, В. С. Зарубин ; под ред. В. С. Зарубина, А. П. Крищенко. – 2-е изд. стер. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2003. – 439 с.
- 7 Банди, Б. Методы оптимизации. Вводный курс / Б. Банди. – М. : Радио и связь, 1988. – 128 с.
- 8 Карпенко, А.П. Современные алгоритмы поисковой оптимизации. Алгоритмы, вдохновленные природой : учеб. пособие / А.П. Карпенко. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. – 446 с.
- 9 Химмельблау, Д. Прикладное нелинейное программирование / Д. Химмельблау. – М. : Мир, 1975. – 535 с.
- 10 ГОСТ ЕСПД 19.701-90 Единая система программной документации. Схемы алгоритмов, программ, данных и систем. Обозначения условные и правила выполнения.

**8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.**

учебный план, РПД и учебно-методические материалы:  
<http://media.technolog.edu.ru>

электронно-библиотечные системы:

«Электронный читальный зал – БиблиоТех» <https://technolog.bibliotech.ru/>;  
«Лань» <https://e.lanbook.com/books/>.

**9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.**

Все виды занятий по дисциплине «Методы оптимизации» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

СТО СПбГТИ 020-2011. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лабораторные занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 040-02. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования;

СТО СПбГТИ 018-2014. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Семинары и практические занятия. Общие требования к организации и проведению.

Виды учебных занятий. Курсовой проект. Курсовая работа. Общие требования : СТО СПбГТИ(ТУ) 044-2012 / СПбГТИ(ТУ). – Взамен СТП СПбГТИ 044-99 ; введ. с 01.06.2012. - СПб. : [б. и.], 2012. – 44 с.

СТП СПбГТИ 048-2009. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.

Планирование времени, необходимого на изучение данной дисциплины, лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов является:

- плановость в организации учебной работы;
- серьезное отношение к изучению материала;
- постоянный самоконтроль.

На занятия студент должен приходить, имея багаж знаний и вопросов по уже изученному материалу. Планирование времени, необходимого на изучение данной дисциплины, лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов является: плановость в организации учебной работы; серьезное отношение к изучению материала; постоянный самоконтроль.

На лабораторных занятиях после выполнения лабораторных работ студенты с использованием компьютеров и соответствующего программного обеспечения подготавливают соответствующие отчеты.

Защиту курсового проекта по дисциплине следует проводить с применением мультимедийной техники с целью демонстрации разработанного программного обеспечения и презентационного материала.

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется в конце семестра в виде экзамена, проводимого в устной форме, а также выполнения курсового проекта.

Необходимым условием получения допуска к экзамену является выполнение и защита студентом всех лабораторных работ, предусмотренных рабочей программой.

При подготовке к экзамену рекомендуется несколько раз прочитать конспект лекций, дополненный информацией из рекомендуемых источников. При этом студент, поняв логику изложения учебного материала, получает представление о предмете изучаемой дисциплины в целом, что позволяет ему продемонстрировать на экзамене свои знания и эрудицию.

На экзамене студент отвечает в устной форме на два контрольных вопроса из различных разделов дисциплины. Список контрольных вопросов для проведения экзамена представлен в Приложении № 1. Оценка («неудовлетворительно», «удовлетворительно», «хорошо», «отлично»), формируемая в результате собеседования, является итоговой по дисциплине и проставляется в приложении к диплому.

Оценка за курсовой проект («неудовлетворительно», «удовлетворительно», «хорошо», «отлично»), формируемая по результатам публичной защиты и демонстрации разработанного программного обеспечения и презентационного материала мая, является так же итоговой по дисциплине и проставляется в приложении к диплому.

## 10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

### 10.1. Информационные технологии.

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

- чтение лекций с использованием слайд-презентаций;
- слайд-презентация разработанного программного обеспечения;
- взаимодействие с обучающимися посредством электронной почты.

### 10.2. Программное обеспечение.

В учебном процессе используется лицензионное системное и прикладное программное обеспечение, приведенное в таблице 1.

Таблица 1 – Лицензионное программное обеспечение

Наименование программного продукта	Лицензия
Microsoft Windows 7, 8.1	Лицензия по договору с СПбГТИ(ТУ) DreamSpark
Microsoft Visual Studio 2008, 2010, 2012	
Microsoft Visual C++ 2008	
Microsoft Microsoft .Net Framework 4.0, 4.5	
Microsoft Access 2007, 2013	
Microsoft Visio 2010	Бесплатная лицензия
LibreOffice, Apache OpenOffice.org	

Прикладное программное обеспечение, разработанное на кафедре САПРиУ, для решения оптимизационных задач - программный учебно-методический комплекс «Оптимизация».

### 10.3. Информационные справочные системы.

Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс»

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

Для проведения занятий по дисциплине на кафедре систем автоматизированного проектирования и управления СПбГТИ(ТУ) имеется необходимая материально-техническая база, соответствующая действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам:

Наименование компьютерного класса кафедры	Оборудование
Класс интегрированных систем проектирования и управления химико-технологическими процессами	30 посадочных мест. Учебная мебель, пластиковая доска. Персональные компьютеры (15 шт.): двухядерный процессор Intel Core 2 Duo (2,33 ГГц); ОЗУ 4096 Мб; НЖМД 250 Гб; CD/DVD привод, DVD-RW; видеокарта NVIDIA GeForce 8500 GT; звуковая и сетевая карты, встроенные в материнскую плату. Персональные компьютеры объединены в корпоративную вычислительную сеть кафедры и имеют выход в сеть «Интернет».
Класс информационных и	40 посадочных мест.

Наименование компьютерного класса кафедры	Оборудование
интеллектуальных систем	<p>Учебная мебель, пластиковая доска.</p> <p>Персональные компьютеры (20 шт.): четырехядерный процессор Intel Core i7-920 (2666 МГц), ОЗУ 6 Гб; НЖМД 250 Гб; CD/DVD привод, DVD-RW; видеокарта NVIDIA GeForce GT 220 (1024 Мб); звуковая и сетевая карты, встроенные в материнскую плату. Персональные компьютеры объединены в корпоративную вычислительную сеть кафедры и имеют выход в сеть «Интернет».</p>
Лекционная аудитория	<p>56 посадочных мест.</p> <p>Учебная мебель.</p> <p>Мультимедийный проектор NEC NP41. Ноутбук Asus abj на базе процессора Intel Core Duo T2000.</p> <p>Мультимедийная интерактивная доска ScreenMedia.</p>

Лицензионное системное и прикладное программное обеспечение, используемое в учебном процессе по дисциплине, перечислено в подразделе № 10.2.

## **12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.**

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебные процесс осуществляется в соответствии с Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья СПбГТИ(ТУ), утвержденным ректором 28.08.2014г.

**Фонд оценочных средств  
для проведения промежуточной аттестации по  
дисциплине «Методы оптимизации»**

**1. Перечень компетенций и этапов их формирования.**

<b>Компетенции</b>		
<b>Индекс</b>	<b>Формулировка</b>	<b>Этап формирования</b>
ОПК-5	Способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности, связанные с использованием оптимизационных методов, на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	промежуточный
ПК-2	Способность разрабатывать компоненты аппаратно-программных комплексов, реализующих оптимизационные методы, и баз данных, используя современные инструментальные средства и технологии программирования	промежуточный

**2. Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания.**

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
Освоение раздела № 1	Знает основные понятия теории оптимизации. Владеет идеологией применения принципов оптимизации при решении практических задач.	Правильные ответы на вопросы №1-4 к экзамену	ОПК-5
Освоение раздела №2	Знает классификацию методов оптимизации. Умеет анализировать и выбирать способы решения оптимизационных задач.	Правильные ответы на вопросы №4- 7,12,13	ОПК-5

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
	Владеет навыками решения задач оптимизации аналитическим способом.		
Освоение раздела № 3	Знает теорию линейного программирования и способы формализации постановки его задачи. Умеет формализовать задачу линейного программирования и выбрать способы ее решения. Владеет навыками решения практических задач линейного программирования.	Правильные ответы на вопросы №14,15 к экзамену	ОПК-5
Освоение раздела №4	Знает методы одномерной оптимизации и постановку ее задачи. Умеет выбирать подходящий алгоритм одномерного поиска и программу решения поставленной задачи; умеет осуществлять презентацию разработанных программных модулей. Владеет навыками разработки алгоритмов методов одномерного поиска и их программных реализаций.	Правильные ответы на вопросы №1-7 к экзамену	ПК-2
Освоение раздела №5	Знает проблемы выбора шага в безусловной минимизации. Знает критерии эффективности поиска. Умеет формализовать задачу поиска безусловного экстремума. Владеет современными информационной техникой и инструментальными средствами для решения задач безусловной минимизации.	Правильные ответы на вопросы №7-11 к экзамену	ОПК-5
	Знает классификацию методов безусловной минимизации и их математический аппарат. Умеет сравнивать эффективность разработанных алгоритмов безусловной минимизации. Владеет навыками разработки, внедрения и адаптации разработанного программного обеспечения для решения задач	Правильные ответы на вопросы №8-15	ПК-2

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
	безусловной минимизации.		
Освоение раздела № 6	Знает классификацию методов прямого поиска и их математический аппарат. Умеет сравнивать эффективность разработанных алгоритмов прямого поиска. Владеет навыками разработки, внедрения и адаптации разработанного программного обеспечения для решения задач оптимизации с помощью методов прямого поиска.	Правильные ответы на вопросы №16-20 к экзамену	ПК-2
Освоение раздела №7	Знает постановку задачи условной минимизации. Умеет использовать алгоритмы условной минимизации для решения поставленной задачи. Владеет навыками использования прикладного программного обеспечения для решения поставленных задач.	Правильные ответы на вопросы №16-19	ОПК-5
Освоение раздела №8	Знает теорию выпуклого программирования. Умеет определять условие минимума выпуклых функций. Владеет навыками минимизации позиномов.	Правильные ответы на вопросы №20-22	ОПК-5

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):  
промежуточная аттестация проводится в форме экзамена и курсового проекта,  
шкала оценивания – балльная.

### **3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации.**

#### **а) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ОПК-5:**

- 1 Понятие оптимизации. Объект оптимизации. Примеры постановки оптимизационных задач
- 2 Роль и место оптимизационных задач в автоматизированном проектировании.
- 3 Математические модели как основа оптимизации
- 4 Критерий оптимальности. Понятие, возможные формулировки
- 5 Характеристика методов решения задач оптимизации
- 6 Формализация постановки задачи оптимизации
- 7 Размерность задачи. Типы экстремума. Виды ограничений



- 8 Эффективность поиска. Критерии эффективности
- 9 Критерии прекращения поиска оптимума
- 10 Проблема выбора шага в различных методах.
- 11 Особые точки ЦФ. Проблемы, возникающие при оптимизации таких функций
- 12 Способы решения задач оптимизации
- 13 Графический способ решения задачи квадратичного программирования
- 14 Постановка задачи линейного программирования. Способы ее решения
- 15 Симплекс-метод решения задачи ЛП
- 16 Постановка задачи условной минимизации. Обзор методов
- 17 Метод неопределенных множителей Лагранжа. Функция Лагранжа
- 18 Условие Куна-Таккера
- 19 Комплексный метод Бокса
- 20 Выпуклое программирование. Выпуклые функции
- 21 Условие минимума выпуклых функций
- 22 Минимизация позиномов

#### **б) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-2:**

- 1 Постановка задачи одномерной оптимизации. Классификация методов ОП.
- 2 Метод локализации экстремума
- 3 Метод половинного деления
- 4 Метод «золотого сечения»
  - 5 Метод с использованием чисел Фибоначчи
    - 6 Метод хорд
    - 7 Метод Пауэлла
  - 8 Классификация численных методов безусловной минимизации
- 9 Методы сканирования
- 10 Градиентные методы поиска. Основная идея. Способы решения ЗО.
- 11 Метод релаксации
- 12 Метод градиента
- 13 Метод наискорейшего спуска
- 14 Метод Ньютона
- 15 Квазиньютоновские методы
- 16 Метод поочередного варьирования переменных
- 17 Симплексный метод
- 18 Метод скользящего допуска (Нелдер-Мида )
- 19 Алгоритм поиска оптимального решения методом Хука-Дживса
- 20 Методы случайного поиска

К экзамену допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. При сдаче экзамена студент получает два вопроса из перечня, приведенного выше. Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 30 мин.

#### **Содержание и темы курсового проекта**

*Целью курсового проекта является получение практических навыков*

алгоритмизации и программирования основных оптимизационных методов для решения конкретной практической задачи и умения проектировать программные комплексы для решения оптимизационных задач.

*Тематика курсового проекта* – «Разработка программного комплекса для решения задачи оптимизации заданного объекта управления». Индивидуальные задачи конкретизируют объект оптимизации.

*Содержание курсового проекта:*

1 Аналитический обзор (реферативный материал) по различным аспектам теории оптимизации. Роль и место оптимизационных задач в предметной области. Обоснование выбора среды программирования.

2 Разработка блок-схем алгоритмов функционирования программного комплекса, выбранного метода оптимизации.

3 Разработка структуры пользовательского интерфейса. UML- диаграммы.

4 Разработка программного продукта (написание программной реализации алгоритмов решения поставленной задачи).

5 Трансляция и отладка программы.

6 Результаты тестирования программы. Получение и фиксация результатов на тестовых примерах из индивидуального задания.

7 Визуализация полученных результатов (построение 2D- и 3D-моделей поверхностей отклика целевой функции с отображением найденного экстремума и ограничений).

Проектная документация проекта содержит алгоритмы (блок-схемы); листинг программы с подробными комментариями; результаты тестирования программы и их оценку; характеристику использованных при проектировании средств вычислительной техники и стандартного программного обеспечения; дополнительную сопроводительную документацию по указанию преподавателя.

*Примерные темы курсового проекта:*

1 Разработка программного комплекса для решения задачи оптимизации заданного объекта управления

### **Объекты управления**

Вариант № 1

Объектом оптимизации является химико-технологическая система, состоящая из двух реакторов непрерывного действия. В них в результате химического взаимодействия из двух сырьевых компонентов, объемные расходы которых  $A_1$  и  $A_2$  ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ), образуется целевой компонент в количестве  $C$  ( $\text{кг}/\text{ч}$ ). Для исследования процесса разработана эмпирическая математическая модель, в соответствии с которой количество  $C$  зависит от объемных расходов компонентов по следующему правилу:

$$C = \alpha (A_1^2 + \beta A_2 - \mu V_1)^N + \alpha_1 (\beta_1 A_1 + A_2^2 - \mu_1 V_2)^N,$$
 где  $\alpha, \alpha_1, \beta, \beta_1, \mu, \mu_1$  – нормирующие коэффициенты, равные 1;

$N$  – количество реакторов ( 2 шт.);

$V_1$  и  $V_2$  – рабочие объемы реакторов (11 и 7 м<sup>3</sup> соответственно).

Технологическим регламентом установлены следующие требования к проведению процесса. Объемные расходы сырьевых компонентов  $A_1$  и  $A_2$  могут изменяться в диапазоне от 1 до 10 м<sup>3</sup>/ч соответственно; кроме того, необходимо, чтобы суммарная производительность реакторов была не больше 8 м<sup>3</sup>/час.

Необходимо найти такие условия проведения процесса ( значения  $A_1$  и  $A_2$  ), при которых обеспечивается максимальный выход целевого компонента в кг за рабочую смену ( 8 часов). Точность решения – 1кг.

#### Вариант №2

Объектом оптимизации является процесс фильтрования с использованием установки, имеющей две фильтрационные перегородки, на каждой из которых поддерживается свой температурный режим. Известно, что объем фильтрата  $V$ (м<sup>3</sup>/ч) связан с температурами  $T_1$  и  $T_2$  на каждой перегородке следующим образом:

$$V = \alpha \cdot (T_1 - \beta \cdot \Delta p_1) \cdot \cos(\gamma \cdot \Delta p_2) \cdot \sqrt{T_1^N + T_2^N},$$

где  $\Delta p_1$  и  $\Delta p_2$  – величина перепада давлений на каждой перегородке (Кпа);  $\Delta p_1 = \Delta p_2 = 1$ ;

$\alpha, \beta, \gamma$  – нормирующие множители;  $\alpha = \beta = 1$ ;  $\gamma = 3.14$ ;

$N$  – количество перегородок ( 2 шт.).

Для эффективного фильтрования необходимо, чтобы температура на первой перегородке была не ниже -3 °С и не выше 0 °С, а на второй – не выше 3 °С и не ниже -0,5 °С, кроме того, должно выполняться условие:  $T_2 - T_1 \geq 3$ .

Необходимо определить такой температурный режим проведения процесса ( значения  $T_1$  и  $T_2$  ), при котором обеспечивается максимальный выход фильтрата в м<sup>3</sup> за рабочую смену ( 8 часов). Точность решения – 0,0 1 м<sup>3</sup>.

#### Вариант №3

Необходимо найти габаритные размеры теплообменного устройства химического реактора ( длину  $L$  (м) и ширину  $S$  (м) ), обеспечивающие минимальные затраты на изготовление изделия. Затраты на изготовление изделия связана с его весом.

Зависимость веса изделия  $P$  от геометрических размеров и заданных характеристик теплообменника определяется по формуле:

$$P = \alpha \cdot (L - S)^2 + \beta \cdot 1 / N \cdot (S + L - \gamma \cdot N)^2,$$

где  $N$  – высота теплообменника (9 м),

$N$  – число витков змеевика (10 шт),

$\alpha, \beta, \gamma$ , – нормирующие множители, равные 1.

На габариты теплообменника накладываются следующие ограничения. Длина  $L$  должна быть не менее 1 м и не более 15 м, ширина  $S$  – не менее 1м и не более 12 м. Кроме того, обязательно должно выполняться условие : сумма (  $L+S$  ) должна быть не менее 12 м.

Стоимость изготовления 1 кг изделия составляет 100 у.е. Точность решения – 1у.е.

#### Вариант №4

Объектом оптимизации является химический реактор, в котором происходит образование целевого компонента. Реактор оборудован двумя теплообменными устройствами: змеевиком и диффузором. Необходимо определить температурные условия технологического процесса, обеспечивающие минимальную себестоимость целевого компонента. Согласно эмпирической математической модели, количество получаемого целевого компонента  $S$  ( кг) связано с параметрами процесса следующим образом:

$$S = \alpha \cdot G \cdot (T_2 - \beta \cdot A)^N + \mu \cdot \exp(T_1 + T_2) \cdot N + \Delta \cdot (T_2 - T_1),$$

Где  $\alpha, \beta, \mu, \Delta$  - нормирующие множители, равные 1;

$G$  - расход реакционной массы ( 1кг/ч);

- A - давление в реакторе ( 1 Кпа);
- N - количество теплообменных устройств ( 2 шт.);
- T1, T2 - температуры в теплообменных устройствах (°C).

Регламентом установлено, что температура в змеевике может изменяться в диапазоне от -18 до 7 °C, в диффузоре - от -8 до 8 °C. Кроме того, должно выполняться условие  $T_2 - T_1 \geq 2$ . Себестоимость 1 кг целевого компонента составляет 10 у.е. Точность решения – 0,1у.е.

#### Вариант №5

Объектом оптимизации является химический реактор, в котором происходит образование целевого компонента. Реактор оборудован мешалкой и двумя теплообменными устройствами: змеевиком и рубашкой. Необходимо определить температурные условия технологического процесса, обеспечивающие минимальную себестоимость целевого компонента. Согласно эмпирической математической модели, количество получаемого целевого компонента  $S$  ( кг) связано с параметрами процесса следующим образом:

$$S = \alpha * (G * \mu * ((T_2 - T_1)^N + (\beta * A - T_1)^N)),$$

где  $\alpha, \beta, \mu$  - нормирующие множители, равные 1;

- G - расход реакционной массы ( 2кг/ч);
- A - давление в реакторе ( 1 Кпа);
- N - скорость вращения мешалки ( 2 об/с );
- T1, T2 - температуры в теплообменных устройствах (°C).

Регламентом установлено, что температура в змеевике может изменяться в диапазоне от -3 до 3 °C, в рубашке - от -2 до 6 °C. Кроме того, должно выполняться условие  $T_1 + 0.5 * T_2 \leq 1$ .

Себестоимость 1 кг целевого компонента составляет 100 у.е. Точность решения – 0,1у.е.

#### Вариант № 6

Объектом оптимизации является химико-технологическая система, состоящая из двух реакторов непрерывного действия. В них в результате химического взаимодействия из двух сырьевых компонентов, объемные расходы которых  $A_1$  и  $A_2$  (м<sup>3</sup>/ч), последовательно образуется целевой компонент в количестве  $C$  (кг/ ч). Для исследования процесса разработана эмпирическая математическая модель, в соответствии с которой количество  $C$  зависит от объемных расходов компонентов по следующему правилу:

$$C = \alpha (A_1^2 + \beta A_2 - \mu V_1)^N + \alpha_1 (\beta_1 A_1 + A_2^2 - \mu_1 V_2)^N,$$

где  $\alpha, \alpha_1, \beta, \beta_1, \mu, \mu_1$  – нормирующие коэффициенты, равные 1;

N – количество реакторов (2 шт.);

$V_1$  и  $V_2$  – рабочие объемы реакторов (11 и 7 м<sup>3</sup> соответственно).

Технологическим регламентом установлены следующие требования к проведению процесса. Объемные расходы сырьевых компонентов  $A_1$  и  $A_2$  могут изменяться в диапазоне от 1 до 10 м<sup>3</sup>/ч соответственно; кроме того, необходимо выполнение условия :  $4 * A_1 + 5 * A_2 \leq 20$  м<sup>3</sup>/ч.

Необходимо найти такие условия проведения процесса ( значения  $A_1$  и  $A_2$  ), при которых обеспечивается минимальная себестоимость целевого компонента за рабочую смену ( 8 часов), учитывая, что себестоимость 1 кг составляет 100 у.е. Точность решения – 1у.е.

#### Вариант №7

Объектом оптимизации является процесс фильтрации с использованием установки, имеющей две фильтрационные перегородки, на каждой из которых поддерживается свой температурный режим. Известно, что объемный расход фильтрата  $V$  (м<sup>3</sup>/ч) связан с температурами  $T_1$  и  $T_2$  на каждой перегородке следующим образом:

$$V = \alpha * G * (T_1^2 + \beta T_2 - \mu \Delta p_1)^N + \gamma (\beta_1 T_1 + T_2^2 - \mu_1 \Delta p_2)^N,$$

где  $\Delta p_1$  и  $\Delta p_2$  – величина перепада давлений на каждой перегородке (Кпа);

$$\Delta p_1 = 11 \text{ Кпа}, \quad \Delta p_2 = 7 \text{ КПА};$$

$N$  – количество перегородок ( 2 шт.);

$G$  – общий расход фильтрующей жидкости, равный  $1 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;

$\alpha, \beta, \mu, \gamma, \beta_1, \mu_1$  – нормирующие множители, равные 1.

Для эффективного фильтрования необходимо, чтобы температура на первой перегородке была не ниже  $-5 \text{ }^\circ\text{C}$  и не выше  $0 \text{ }^\circ\text{C}$ , а на второй – не выше  $5 \text{ }^\circ\text{C}$  и не ниже  $-1 \text{ }^\circ\text{C}$ ; кроме того, должно выполняться условие:  $0.5 T_1 + T_2 \leq 1 \text{ }^\circ\text{C}$

Необходимо определить такой температурный режим проведения процесса ( значения  $T_1$  и  $T_2$  ), при котором обеспечивается минимальная себестоимость фильтрата за рабочую смену ( 8 часов) с учетом того, что  $1 \text{ м}^3$  фильтрата обходится в 10 у.е. Точность решения – 0,1у.е.

#### Вариант №8

Объектом оптимизации является химический реактор, в котором происходит образование целевого компонента. Реактор оборудован двумя теплообменными устройствами: змеевиком и диффузором. Необходимо определить температурные условия технологического процесса, обеспечивающие максимальную прибыль от реализации целевого компонента. Согласно эмпирической математической модели, количество получаемого целевого компонента  $S$  ( кг) связано с параметрами процесса следующим образом:

$$S = \alpha * G * (T_2 - \beta * A)^N + \mu * \exp(T_1 + T_2)^N + \Delta * (T_2 - T_1),$$

Где  $\alpha, \beta, \mu, \Delta$  - нормирующие множители, равные 1;

$G$  - расход реакционной массы ( 1кг/ч);

$A$  - давление в реакторе ( 1 Кпа);

$N$  - количество теплообменных устройств ( 2 шт.);

$T_1, T_2$  - температуры в теплообменных устройствах ( $^\circ\text{C}$ ).

Регламентом установлено, что температура в змеевике может изменяться в диапазоне от  $-18$  до  $7 \text{ }^\circ\text{C}$ , в диффузоре - от  $-8$  до  $8 \text{ }^\circ\text{C}$ . Кроме того, должно выполняться условие  $T_1 + T_2 \leq 4 \text{ }^\circ\text{C}$ . Прибыль от реализации 1 кг целевого компонента составляет 10 у.е.

Точность решения – 1у.е.

#### Вариант №9

Объектом оптимизации является химический реактор, в котором происходит образование целевого компонента. Реактор оборудован мешалкой и двумя теплообменными устройствами: змеевиком и рубашкой. Необходимо определить температурные условия технологического процесса, обеспечивающие максимальную прибыль от реализации целевого компонента. Согласно эмпирической математической модели, количество получаемого целевого компонента  $S$  ( кг) связано с параметрами процесса следующим образом:

$$S = \alpha * (G * \mu * (T_2 - T_1)^N + (\beta * A - T_1)^N),$$

где  $\alpha, \beta, \mu,$  - нормирующие множители, равные 1;

$G$  - расход реакционной массы ( 2кг/ч);

$A$  - давление в реакторе ( 1 Кпа);

$N$  - скорость вращения мешалки ( 2 об/с );

$T_1, T_2$  - температуры в теплообменных устройствах ( $^\circ\text{C}$ ).

Регламентом установлено, что температура в змеевике может изменяться в диапазоне от  $-3$  до  $3 \text{ }^\circ\text{C}$ , в рубашке - от  $-2$  до  $6 \text{ }^\circ\text{C}$ . Кроме того, должно выполняться условие  $T_1 - T_2 \geq -3 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Прибыль от реализации 1 кг целевого компонента составляет 100 у.е. Точность решения – 1у.е.

**4. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.**

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СПб:

Виды учебных занятий. Курсовой проект. Курсовая работа. Общие требования : СТО СПбГТИ(ТУ) 044-2012 / СПбГТИ(ТУ). – Взамен СПбГТИ 044-99 ; введ. с 01.06.2012. - СПб. : [б. и.], 2012. – 44 с.

Порядок проведения зачетов и экзаменов : СПбГТИ 016-2014 / СПбГТИ(ТУ). – СПб. : [б. и.], 2014. – 21 с.

**Санкт-Петербургский государственный технологический институт**  
(технический университет)

Кафедра систем автоматизированного проектирования и управления

**ЗАДАНИЕ**  
**на курсовое проектирование по дисциплине**  
**«Методы оптимизации»**

УГС	09.00.00	Информатика и вычислительная техника
Направление подготовки	09.03.01	Информатика и вычислительная техника
Направленность подготовки		Автоматизированные системы обработки информации и управления
Факультет Кафедра		Информационных технологий и управления Систем автоматизированного проектирования и управления

студент(ка) \_\_\_\_\_  
(фамилия, имя, отчество)

группа \_\_\_\_\_

**Тема** **«Разработка программного комплекса для решения задачи оптимизации заданного объекта управления»**

**Исходные данные к проекту:**

- 1 Норенков, И. П. Автоматизированные информационные системы : учеб. пособие для вузов / И. П. Норенков. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. – 342 с.
- 2 Карпенко, А.П. Современные алгоритмы поисковой оптимизации. Алгоритмы, вдохновленные природой : учеб. пособие / А.П. Карпенко. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. – 446 с.
- 3 Пантелеев, А. В. Методы оптимизации в задачах : учеб. пособие для втузов / А. В. Пантелеев, Т. А. Летова. – 3-е изд., стер. – М. : Высш. шк., 2008. – 544 с.
- 4 Смирнов, И. А. Методы оптимизации. Базовый курс : учеб. пособие / И. А. Смирнов. – СПб. : СПбГТИ(ТУ), 2010. – 101 с.
- 5 ГОСТ 19.701-90 ЕСПД. Схемы алгоритмов, программ, данных и систем. Условные обозначения и правила выполнения.
- 6 Чистякова, Т.Б. Интеллектуальное управление многоассортиментным коксохимическим производством / Т.Б. Чистякова, О.Г. Бойкова, Н.А. Чистяков. - СПб.: ЦОП «Профессия», 2010. – 188 с.
- 7 Холоднов, В.А. Системный анализ и принятие решений. Компьютерное моделирование и оптимизация объектов химической технологии в Mathcad и Excel: учеб. пособие /

В.А. Холоднов, В. П. Решетиловский, М.Ю. Лебедева, Е.С. Боровинская. - СПб.: СПбГТИ (ТУ), 2007.- 425 с.

- 8 Справочные материалы по языкам и средам программирования.
- 9 Интернет-сайты по предметной области.

**Перечень подлежащих разработке вопросов, документов:**

- 1 *Аналитический обзор*
  - 1.1 Роль и место оптимизационных задач в автоматизированном проектировании химических производств
  - 1.2 Обоснование выбора метода оптимизации для решения поставленной задачи.
  - 1.3 Обоснование выбора инструментальных средств разработки программного комплекса
- 2 *Технологическая часть. Технология разработки программного комплекса*
  - 2.1 Формализованное описание объекта оптимизации. Формулировка постановки задачи оптимизации
  - 2.2 Разработка блок-схемы алгоритма функционирования программного комплекса
  - 2.3 Разработка структуры пользовательского интерфейса. UML-диаграммы вариантов использования для администратора и пользователя
  - 2.4 Разработка программной реализации алгоритма решения задачи
  - 2.5 Разработка графического модуля программного комплекса. Построение линий равного значений целевой функции (2D-модель) и поверхности отклика (3D-модель) с отображением ограничений и указанием координат найденного экстремума
- 3 *Оформление документации и пояснительной записки*

**Перечень графического материала:**

- 1 Перечень задач, подлежащих разработке
- 2 Формализованное описание объекта оптимизации. Постановка задачи оптимизации
- 3 Блок-схема алгоритма функционирования программного комплекса
- 4 Структура пользовательского интерфейса. UML-диаграммы вариантов использования для администратора и пользователя
- 5 Результаты тестирования комплекса. Скрин-шоты, копии экрана.
- 6 Графические(2D- и 3D-модели) и табличные результаты решения задачи
- 7 Характеристика аппаратного и программного обеспечения

**Виды и объем работы, выполняемой с использованием ЭВМ и САПР**

IBM PC-совместимый компьютер на базе микропроцессора Intel Core i7-920 (2666 МГц), ОЗУ 6 Гб, НЖМД 250 Гб, монитор ЖК (15<sup>2</sup>), CD-ROM дисковод, клавиатура, мышь.

Операционная система Windows 7, среда разработки Visual Studio 2015, текстовый процессор LibreOffice, графический пакет Microsoft Visio 2016, языки объектно-ориентированного программирования (C#, C++, Java, Delphi, Python ).

**Консультант по работе** \_\_\_\_\_

**Дата выдачи задания** \_\_\_\_\_

**Дата представления курсового проекта к защите** \_\_\_\_\_

**Зав. каф.** \_\_\_\_\_

(подпись, дата)

(инициалы, фамилия)

**Лектор** \_\_\_\_\_



(инициалы, фамилия)

(подпись, дата)

**Руководитель** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

(подпись, дата)

(инициалы, фамилия)

**Задание принял к выполнению студент** \_\_\_\_\_

(подпись, дата)