

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 10.07.2023 15:21:31  
Уникальный программный ключ:  
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



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

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной  
и методической работе  
\_\_\_\_\_ Б.В.Пекаревский  
« 23 » мая 2019 г.

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

Направление подготовки  
**09.03.01 Информатика и вычислительная техника**

Направленность программы бакалавриата  
**Системы автоматизированного проектирования**

Квалификация

**Бакалавр**

Форма обучения

**Очная**

Факультет **информационных технологий и управления**

Кафедра **систем автоматизированного проектирования и управления**

Санкт-Петербург  
2019

**Б1.В.02**

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность разработчика	Подпись	Ученое звание, инициалы, фамилия
Доцент		Доцент И.А. Смирнов

Рабочая программа дисциплины «Методы оптимизации» обсуждена на заседании кафедры систем автоматизированного проектирования и управления  
протокол от «18» апреля 2019 № 9  
Заведующий кафедрой

Т.Б. Чистякова

Одобрено учебно-методической комиссией факультета информационных технологий и управления  
протокол от «15» мая 2019 № 9

Председатель

В.В. Куркина

## СОГЛАСОВАНО

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

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	5
3. Объем дисциплины.....	5
4. Содержание дисциплины.....	6
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.....	6
4.2. Занятия лекционного типа.....	7
4.3. Занятия семинарского типа.....	8
4.3.1. Семинары, практические занятия.....	8
4.3.2. Лабораторные занятия.....	8
4.4. Самостоятельная работа обучающихся.....	8
4.5. Темы курсового проекта.....	9
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.....	13
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	13
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины.....	14
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.....	15
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	15
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.....	15
10.1. Информационные технологии.....	15
10.2. Программное обеспечение.....	16
10.3. Базы данных и информационные справочные системы.....	16
11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы.....	16
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.....	16
Приложение № 1 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации по дисциплине.....	17
Приложение № 2 Шаблон задания на курсовой проект.....	21

## 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:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
<b>ПК-5</b> Способен разрабатывать требования и проектировать программное обеспечение	<b>ПК-5.3</b> Разработка и программная реализация алгоритмов оптимизационных методов решения прикладных задач	<b>Знать:</b> основные положения теории оптимизации (Зн-1); стратегию основных оптимизационных методов (Зн-2). <b>Уметь:</b> осуществлять поиск оптимальных проектных решений с использованием специализированных программных комплексов (У-1); разрабатывать алгоритмы оптимизационных методов (У-2). <b>Владеть:</b> навыками формализации прикладных оптимизационных задач (Н-1); навыками разработки программных реализаций алгоритмов оптимизационных методов при решении прикладных задач (Н-2).

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина относится к дисциплинам вариативной части (Б1.В.02) и изучается на 3 курсе в 6 семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Математический анализ», «Программирование», «Разработка программных систем», «Вычислительная математика». Полученные в процессе изучения дисциплины «Методы оптимизации» знания, умения и навыки могут быть использованы при изучении дисциплин «Лингвистическое и программное обеспечение автоматизированных информационных систем», «Основы разработки автоматизированных информационных систем», при прохождении производственной практики, а также при выполнении выпускной квалификационной работы.

## 3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, ЗЕ/акад. часов
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц/ академических часов)	<b>4/144</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>64</b>
занятия лекционного типа	30
занятия семинарского типа, в т.ч.	16
семинары, практические занятия	16
лабораторные работы	–
курсовое проектирование (КР или КП)	14
КСР	4
другие виды контактной работы	–
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>44</b>
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	-
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП, зачет, экзамен)	<b>КП, Экзамен/36</b>

#### 4. Содержание дисциплины.

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

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, акад. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, акад. часы	Формируемые компетенции	Формируемые индикаторы
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы			
1.	Введение	4	-	-	2	ПК-5	ПК-5.3
2.	Характеристика методов решения задач оптимизации	2	-	-	2	ПК-5	ПК-5.3
3.	Задача линейного программирования	2	4	-	6	ПК-5	ПК-5.3
4.	Методы одномерной минимизации	4	4	-	2	ПК-5	ПК-5.3
5.	Численные методы безусловной минимизации	6	4	-	6	ПК-5	ПК-5.3
6.	Алгоритмы прямого поиска	8	4	-	6	ПК-5	ПК-5.3
7.	Поиск условного экстремума	4	-	-	10	ПК-5	ПК-5.3
8.	Выпуклое программирование	-	-	-	10	ПК-5	ПК-5.3
	Итого:	30	16	-	44		

#### 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.	4	
2	<u>Характеристика методов решения задач оптимизации.</u> Классификация методов. Способы решения 3О. Аналитический способ. Графическое решение. Способы проверки решения на достаточность. Условие Сильвестра.	2	
3	<u>Задача линейного программирования.</u> <u>Постановка задачи. Геометрическая интерпретация. Преобразование ограничений. Графическое решение. Симплекс-метод решения задачи ЛП.</u>	2	
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.	4	
5	<u>Численные методы безусловной минимизации</u> Классификация методов. Методы нулевого, первого и второго порядков. Методы сканирования. Методы спуска. Метод Ньютона. Квазиньютоновские методы.	6	
6	<u>Алгоритмы прямого поиска.</u> <u>Симплексные методы. Методы покоординатного спуска. Алгоритмы Гаусса-Зейделя, Хука-Дживса. Методы случайного поиска.</u>	8	
7	<u>Поиск условного экстремума.</u> <u>Минимизация при ограничениях типа равенств.</u> <u>Использование множителей Лагранжа. Функция Лагранжа. Условие Куна-Таккера. Комплексный метод Бокса.</u>	4	

### 4.3. Занятия семинарского типа.

#### 4.3.1. Семинары, практические занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Примечание
3	<u>Графическое решение задач оптимизации.</u> Нахождение условного экстремума линейной и квадратичной целевых функций задач невысокой размерности.	4	КтСм
4	<u>Изучение методов одномерного поиска.</u> <u>Знакомство со стратегией одномерной оптимизации.</u> Поиск экстремума с помощью прикладного программного обеспечения.	4	КтСм
5	<u>Градиентные методы поиска экстремума</u> Изучение алгоритмов, реализующих градиентный поиск. Сравнение эффективности методов.	4	КтСм
6	<u>Изучение метода поочередного варьирования переменных.</u> Исследование параметров метода на эффективность поиска экстремума.	4	КтСм

#### 4.3.2. Лабораторные занятия.

Учебным планом не предусмотрены.

#### 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
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.	2	Письменный опрос №1
5	Метод Ньютона. Его модификации. Квазиньютоновские методы.	6	Письменный опрос №1
6	Методы Розенброка и Пауэлла.	6	Устный опрос №2
7	Использование приведенного градиента. Метод проекции точки на множество. Методы внутренней и внешней точек.	10	Устный опрос №2



№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
8	Выпуклое программирование. Минимизация полиномов. Примеры минимизации квадратичных функций.	10	Устный опрос №2

#### 4.5. 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  $\text{м}^3$  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  $\text{м}^3/\text{ч}$  соответственно; кроме того, необходимо, чтобы суммарная производительность реакторов была не больше 8  $\text{м}^3/\text{час}$ .

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

### 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  $V$  ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ) связан с температурами  $T_1$  и  $T_2$  на каждой перегородке следующим образом:

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

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

$\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  – 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  $-3^\circ\text{C}$  и не выше  $0^\circ\text{C}$ , а на второй – не выше  $3^\circ\text{C}$  и не ниже  $-0,5^\circ\text{C}$ , 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  $\text{м}^3$  за рабочую смену ( 8 часов). Точность решения –  $0,01 \text{ м}^3$ .

### Вариант №3

Необходимо найти габаритные размеры теплообменного устройства химического реактора ( длину  $L$  ( $\text{м}$ ) и ширину  $S$  ( $\text{м}$ ) ), 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 1 м и не более 12 м. Кроме того, обязательно должно выполняться условие : сумма (  $L+S$  ) должна быть не менее 12 м.

Стоимость изготовления 1  $\text{кг}$  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:

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

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

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

$A$  - давление в реакторе (1 Кпа);

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

$T_1, T_2$  - 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 – 0,1 у.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 (2 кг/ч);

$A$  - давление в реакторе (1 Кпа);

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

$T_1, T_2$  - 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 – 0,1 у.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 фильтрования с использованием установки, имеющей две фильтрационные перегородки, на каждой из которых поддерживается свой температурный режим. Известно, что объемный расход фильтрата  $V(\text{м}^3/\text{ч})$  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 );

T1, T2 - температуры в теплообменных устройствах (°C).

Регламентом установлено, что температура в змеевике может изменяться в диапазоне от -3 до 3 °С, в рубашке - от -2 до 6 °С. Кроме того, должно выполняться условие  $T1 - T2 \geq -3^{\circ}\text{C}$ .

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

## **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: <https://media.technolog.edu.ru>.

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

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

Экзамен предусматривает выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуется тремя вопросами.

При сдаче экзамена студент получает два теоретических вопроса для проверки знаний из перечня вопросов, приведенного в Приложении №1, а также один практический вопрос о функционировании программного комплекса, разработанного в рамках выполнения курсового проекта, для проверки умений и навыков (в соответствии с темами курсовых проектов, приведенными в разделе 4.5 настоящего РПД). Время подготовки студента к устному ответу – до 45 мин.

Пример варианта вопросов на экзамене:

### **Вариант № 1**

- 1 Понятие оптимизации. Объект оптимизации. Примеры постановки оптимизационных задач.**
- 2 Представьте блок-схему алгоритма метода градиента.**
- 3 Расскажите о функционировании разработанного ПК.**

Результаты освоения дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций достигнут пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе – оценка «удовлетворительно».

## 7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины.

### а) печатные издания:

1. Смирнов, И.А. Методы оптимизации: Методические указания к выполнению контрольных работ для заочной формы обучения направления подготовки "Информатика и вычислительная техника" / И. А. Смирнов, О. В. Ершова, Р. И. Белова; СПбГТИ(ТУ). Каф. систем автоматизир. проектирования и упр. - СПб. ,2010. - 59 с.

2. Решение задач нелинейного программирования на основе условий Куна - Таккера с использованием системы компьютерной математики MathCAD : методические указания / В. А. Холоднов, Е. С. Боровинская, М. Б. Суханов, А. В. Гайков; СПбГТИ(ТУ). Каф. мат. моделирования и оптимизации хим.-технол. процессов. - СПб. 2010. - 50 с.

3. Решение задач нелинейного программирования на основе градиентных методов с использованием системы компьютерной математики MathCAD : методические указания / В. А. Холоднов, Е. С. Боровинская, В. П. Андреева, В. И. Черемисин ; СПбГТИ(ТУ). Каф. мат. моделирования и оптимизации хим.-технол. процессов. - СПб. : 2010. - 68 с.

4. Лесин, В. В. Основы методов оптимизации : Учебное пособие / В. В. Лесин, Ю. П. Лисовец. - 3-е изд., испр. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2011. - 341 с.

5. Смирнов И.А. Методы оптимизации. Базовый курс : Учебное пособие для заочной формы обучения направления подготовки "Информатика и вычислительная техника" / И. А. Смирнов ; СПбГТИ(ТУ). - СПб. : 2010. - 101 с.

6. Чистякова, Т. Б. Математическое моделирование химико-технологических объектов с распределенными параметрами : учеб. пособие для вузов / Т. Б Чистякова, А. Н. Полосин, Л. В. Гольцева. – СПб. : ЦОП «Профессия», 2010. – 240 с.

7. Норенков, И. П. Автоматизированные информационные системы : учеб. пособие для вузов / И. П. Норенков. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. – 342 с.

### б) электронные учебные издания:

8. Ржевский, С.В. Математическое программирование : учебное пособие / С.В. Ржевский. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 608 с. — ISBN 978-5-8114-3853-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/123692> (дата обращения: 11.12.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

9. Копылов, Ю.Р. Основы компьютерных цифровых технологий машиностроения : учебник / Ю.Р. Копылов. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 496 с. — ISBN 978-5-8114-3913-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/125736> (дата обращения: 11.12.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

10. Затонский, А.В. Моделирование объектов управления в MatLab : учебное пособие / А.В. Затонский, Л.Г. Тугашова. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 144 с. — ISBN 978-5-8114-3270-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/111915> (дата обращения: 11.12.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

## **8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.**

учебный план, РПД и учебно-методические материалы: <http://media.technolog.edu.ru>  
сайт об инновациях в России <http://innovation.gov.ru>  
веб-страница журнала «Информационные технологии» <http://www.novtex.ru/IT>  
сайты информационных технологий: <http://inftech.webservis.ru>,  
<http://citforum.ru>  
информационно-аналитический портал «Научная электронная библиотека»  
<http://elibrary.ru>  
международные мультидисциплинарные аналитические реферативные базы данных научных публикаций <http://webofknowledge.com>, <http://scopus.com>  
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):

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;

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 приходиться, имея знания по уже изученному материалу.

## **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;  
взаимодействие с обучающимися посредством электронной информационно-образовательной среды.

## **10.2. Программное обеспечение.**

Операционная система Microsoft Windows 7, 8.1

Интегрированная среда разработки программного обеспечения: Microsoft Visual Studio 2008, 2010, 2012

Система управления базами данных: Microsoft Access 2007, 2013; Oracle.

Редактор диаграмм и блок-схем Microsoft Visio 2010

Офисный пакет программ LibreOffice

Приложение для математических и инженерных вычислений MathCAD 14

## **10.3. Базы данных и информационные справочные системы.**

Международные мультидисциплинарные аналитические реферативные базы данных научных публикаций Web of Science (режим доступа: <http://apps.webofknowledge.com>, свободный с любого зарегистрированного компьютера института), Scopus (режим доступа: <http://www.scopus.com>, свободный с любого зарегистрированного компьютера института);

справочно-поисковая система «КонсультантПлюс: Высшая школа» (режим доступа: <http://www.consultant.ru/hs>, свободный с любого зарегистрированного компьютера института).

## **11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы.**

Для ведения лекционных занятий используется аудитория, оборудованная средствами оргтехники, на 25 посадочных мест.

Для проведения семинарских занятий используется компьютерный класс, оборудованный персональными компьютерами, объединенными в сеть, например: класс интегрированных систем проектирования и управления химико-технологическими процессами, класс информационных и интеллектуальных систем.

## **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 28.08.2014.



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

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

Индекс компетенции	Содержание	Этап формирования
ПК-5	Способность разрабатывать требования и проектировать программное обеспечение	промежуточный

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

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
<b>ПК-5.3</b> Разработка и программная реализация алгоритмов оптимизационных методов решения прикладных задач	<b>Правильно дает определение</b> основным положениям теории оптимизации (Зн-1) и рассказывает о стратегии основных оптимизационных методов (Зн-2).	Правильные ответы на вопросы №1-22 к экзамену	Перечисляет основные понятия теории оптимизации с ошибками, путается при объяснении стратегии основных методов оптимизации.	Объясняет постановку задачи оптимизации без ошибок, правильно дает определения основным положениям теории оптимизации, но допускает ошибки при объяснении стратегии отдельных оптимизационных методов.	Рассказывает об основных положениях теории оптимизации, безошибочно объясняет постановку оптимизационной задачи. Разбирается в стратегии основных методов оптимизации.
	Объясняет получение оптимального проектного решения с помощью специализированных программных комплексов (У-1), демонстрирует блок-схемы алгоритмов оптимизационных методов (У-2).	КтСм, правильные ответы на вопросы №№23-42	С ошибками строит блок-схему алгоритма оптимизационного метода, путается в параметрах метода.	Формирует алгоритм оптимизационного метода, объясняет параметры метода, но ошибается в отдельных операторах алгоритма.	Объясняет структуру разработанной блок-схемы алгоритма, поясняет смысл каждого оператора, правильно дает описание каждому параметру метода.
	Демонстрирует формализованную постановку практической оптимизационной задачи (Н-1); представляет разработанный программный комплекс для решения задачи оптимизации (Н-2).	Правильно оформленная презентация к курсовому проекту, правильно функционирующий программный комплекс.	С ошибками формализует объект оптимизации. Допускает ошибки при объяснении работы программного комплекса.	Правильно представляет формализованное описание объекта оптимизации. Демонстрирует функционирование программы, но допускает неточности в объяснении параметров используемого метода.	Безошибочно рассказывает о формализованной постановке практической оптимизационной задачи, представляет оригинальную презентацию, демонстрирует правильный вывод графических и табличных результатов оптимизации.

**3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации**  
**Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента**  
**по компетенции ПК-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 Выпуклое программирование. Выпуклые функции
- 14 Условие минимума выпуклых функций
- 15 Минимизация позиномов
- 16 Методы сканирования
- 17 Постановка задачи условной минимизации. Обзор методов
- 18 Постановка задачи одномерной оптимизации. Классификация методов ОП
- 19 Классификация численных методов безусловной минимизации
- 20 Градиентные методы поиска. Основная идея. Способы решения ЗО.
- 21 Квазиньютоновские методы
- 22 Методы случайного поиска
- 23 Графический способ решения задачи квадратичного программирования
- 24 Постановка задачи линейного программирования. Способы ее решения
- 25 Симплекс-метод решения задачи ЛП
- 26 Метод неопределенных множителей Лагранжа. Функция Лагранжа
- 27 Условие Куна-Таккера
- 28 Блок-схема алгоритма комплексного метода Бокса
- 29 Блок-схема алгоритма метода локализации экстремума
- 30 Блок-схема алгоритма метода половинного деления
- 31 Блок-схема алгоритма метода «золотого сечения»
- 32 Блок-схема алгоритма метода с использованием чисел Фибоначчи
- 33 Блок-схема алгоритма метода хорд
- 34 Блок-схема алгоритма метода Пауэлла
- 35 Блок-схема алгоритма метода релаксации
- 36 Блок-схема алгоритма метода градиента
- 37 Блок-схема алгоритма метода наискорейшего спуска
- 38 Блок-схема алгоритма метода Ньютона
- 39 Блок-схема алгоритма метода поочередного варьирования переменных
- 49 Блок-схема алгоритма симплексного метода
- 41 Блок-схема алгоритма метода скользящего допуска (Нелдер-Мида )
- 42 Алгоритм поиска оптимального решения методом Хука-Дживса

**4. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций.**

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015 КС УКДВ. Порядок организации и проведения зачетов и экзаменов.

По дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме экзамена.

Шкала оценивания на экзамене балльная («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»).

**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		Системы автоматизированного проектирования

Факультет	Информационных технологий и управления
Кафедра	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 вузов / 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. : СПбГИ(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 равнозначий 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**

персональный 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** \_\_\_\_\_

(подпись, дата)

(инициалы, фамилия)

**Руководитель** \_\_\_\_\_

(подпись, дата)

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