

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович
Должность: Проректор по учебной и методической работе
Дата подписания: 02.11.2023 13:15:16
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
« 24 » мая 2021 г.

Рабочая программа дисциплины
МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ

Направление подготовки

27.03.03 Системный анализ и управление

Направленность программы бакалавриата

«Системный анализ в информационных технологиях»

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

Заочная

Факультет **информационных технологий и управления**
Кафедра **системного анализа и информационных технологий**

Санкт-Петербург

2021

Б1.О.19

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность разработчика	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Профессор		Профессор Холоднов В.А.
Доцент		Краснобородько Д.А.

Рабочая программа дисциплины «Методы оптимизации» обсуждена на заседании кафедры системного анализа и информационных технологий
протокол от «28» 04 2021 № 7
Заведующий кафедрой

профессор, д.т.н. А.А. Мусаев

Одобрено учебно-методической комиссией Факультета информационных технологий и управления факультета
протокол от «19» 05 2021 № 8
Председатель

доцент, к.т.н. В.В. Куркина

СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Системный анализ и управление»		Д.А. Краснобородько
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	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. Практические занятия.....	07
4.4. Самостоятельная работа.....	08
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	08
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	08
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	09
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины	10
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	10
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	
10.1. Информационные технологии.....	10
10.2. Программное обеспечение.....	11
10.3. Базы данных и информационные справочные системы.....	11
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	11
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья	11
Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.	

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

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

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
<p>ОПК-7 Способен применять математические, системно-аналитические, вычислительные методы и программные средства для решения прикладных задач в области создания систем анализа и автоматического управления и их компонентов</p>	<p>ОПК-7.2 Использование методов оптимизации для решения задач в области автоматического управления</p>	<p>Знать: - математические модели систем (ЗН-1); - методы линейного, нелинейного и динамического программирования, средства и алгоритмы инструментов управления, методы оптимизации и управления (ЗН-2). Уметь: - определять основные статические и динамические характеристики ИС, выбирать оптимальное управление, оценивать эффективность (У-1); - использовать методы и алгоритмы оптимизации, разрабатывать оптимальные ИС, разрабатывать оптимальное управление (У-2). Владеть: - методами математической статистики для обработки результатов активных и пассивных экспериментов (Н-1); - выбирать рациональную систему регулирования, навыками использования при решении поставленных задач программных пакетов для ЭВМ (Н-2).</p>

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к дисциплинам обязательной части (Б1.О.19) и изучается на 4 курсе.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Математика», «Моделирование систем».

Полученные в процессе изучения дисциплины «Методы оптимизации» знания, умения и навыки могут быть использованы в научно-исследовательской работе бакалавра и при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, академических часов
	Заочная форма обучения
Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц/ академических часов)	2/ 72
Контактная работа с преподавателем:	10
занятия лекционного типа	4
занятия семинарского типа, в т.ч.	6
семинары, практические занятия	6
лабораторные работы	-
курсовое проектирование (КР или КП)	-
КСР	-
другие виды контактной работы	-
Самостоятельная работа	58
Форма текущего контроля (Кр, реферат, РГР, эссе)	Кр(2)
Форма промежуточной аттестации (КР, КП, зачет, экзамен)	Зачет (4)

4. Содержание дисциплины.

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, академ. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, академ. часы	Формируемые компетенции	Формируемые индикаторы
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы			
1.	Основные определения оптимизации	0,5	-		-	ОПК-7	ОПК-7.2
2.	Основные задачи оптимизации	0,5	2		18	ОПК-7	ОПК-7.2
3.	Основные методы оптимизации	1	2		20	ОПК-7	ОПК-7.2
4.	Оптимальное управление системами	2	2		20	ОПК-7	ОПК-7.2

4.2. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, академ. часы	Инновационная форма
1	<u>Основные определения оптимизации.</u> Основные понятия и определения. Математическое моделирование – основной метод оптимизации и принятия решений. Показатели качества, критерии оптимизации.	0,5	ЛВ
2	<u>Основные задачи оптимизации.</u> Задачи поверочного и проектного расчёта систем. Степень свободы математической модели системы. Задачи оптимизации статических режимов и оптимального управления ИС. Многокритериальные задачи.	0,5	ЛВ

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
3	<p><u>Основные методы оптимизации.</u></p> <p>Параметры состояния и параметры управления (оптимизации). Выбор параметров оптимизации. Метод информационной инверсии. Ограничения типа равенств и неравенств. Критерии оптимизации (функции цели). Методы классического анализа для решения задач оптимизации. Методы учёта ограничений: метод Лагранжа-Каруша-Куна-Таккера, методы внешних и внутренних штрафных функций. Методы линейного и нелинейного программирования. Симплекс метод. Методы одномерной оптимизации дихотомии, золотого сечения, чисел Фибоначчи, параболической аппроксимации. Методы нулевого и первого порядков. Метод Гаусса-Зейделя, градиентные методы наискорейшего спуска. Проблема оврагов. Методы второго порядка, квазиньютоновские методы. Декомпозиционные методы оптимизации: метод цен, метод закрепления. Дискретный принцип максимума. Вычисление градиента с помощью сопряжённого процесса.</p>	1	ЛВ
4	<p>Оптимальное управление системами.</p> <p>Модели в виде систем дифференциальных уравнений. Вариационное исчисление. Уравнение Эйлера-Лагранжа для экстремалей. Изопериметрические задачи. Условия трансверсальности. Брахистохрона. Игольчатая вариация. Принцип максимума Понтрягина. Динамическое программирование для статических и динамических задач оптимизации.</p>	2	ЛВ

4.3. Занятия семинарского типа.

4.3.1. Практические занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
2	Построение линий равного уровня критериев оптимизации.	2	КтСм
3	Разработка программ, реализующих методы линейного программирования. Разработка программ, реализующих методы нелинейного программирования. Разработка программ, реализующих метод динамического программирования	2	КтСм

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Иновационная форма
4	Оптимизация с помощью принципа максимума.	2	КтСм

4.4. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
2	Представление поверхностей критериев оптимизации в виде линий равного уровня.	18	Устный опрос №1
3	Освоение симплекс метода в MathCAD Программирование метода Гаусса-Зейделя Программирование метода наискорейшего спуска.	10	Контрольная работа №1
3	Разработка программы оптимизации методом динамического программирования.	10	Контрольная работа №2
4	Разработка программы оптимизации с помощью принципа максимума.	20	Устный опрос №3

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 Медиа: <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 зачета.

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

Зачет предусматривает выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуются теоретическими вопросами. При сдаче зачета, студент получает два вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 40 мин.

Пример варианта вопросов на зачете:

Вариант № 1

1. Методы классического анализа для решения задач оптимизации.
2. Симплекс метод.

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1

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

7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины

а) печатные издания:

1. Системный анализ и принятие решений. Математическое моделирование и оптимизация объектов химической технологии. Учебное пособие. / В.А. Холоднов. - Санкт-Петербург : СПбГТИ (ТУ), 2007 г., 339 с.
2. Химико-технологические системы: оптимизация и ресурсосбережение : учеб. пособие для вузов / [Н. В. Лисицын и др.] – Санкт-Петербург. : Менделеев, 2013. – 392 с. – ISBN 978-5-94922-034-4.
3. Системный анализ и принятие решений. Компьютерное моделирование и оптимизация объектов химической технологии в Mathcad и Excel : учеб. пособие для вузов / [В. А. Холоднов и др.] ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра математического моделирования и оптимизации химико-технологических процессов. - Санкт-Петербург : СПбГТИ (ТУ), 2007. – 433 с.
4. 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; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра математического моделирования и оптимизации химико-технологических процессов. - Санкт-Петербург : СПбГТИ (ТУ), 2010. – 68 с.

б) электронные учебные издания:

1. Системный анализ и принятия решений. Технология вычислений в системе компьютерной математики Mathcad : Учебное пособие / В. А. Холоднов [и др.]; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра системного анализа. - Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2013. – 151 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. – URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения : 25.03.2021). Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
2. Холоднов, В. А. Решение задач безусловной оптимизации с использованием системы MathCAD и GNU Octave : учебное пособие / В. А. Холоднов, В. С. Унанян ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский

государственный технологический институт (технический университет), Кафедра системного анализа и информационных технологий. - Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2018. – 78 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. – URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения : 25.03.2021). Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.

3. Моделирование и оптимизация химико-технологических систем с помощью интерактивной информационно-моделирующей программы Aspen PLUS : учеб. пособие / [В. А. Холоднов и др.]; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра системного анализа. - Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2013. – 214 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. – URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения : 25.03.2021). Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.

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.

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

СТП СПбГТИ 016-2015. КС УКВД. Порядок проведения зачетов и экзаменов.

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.

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 ЭИОС.

10.2. Программное обеспечение.

Microsoft Office (Microsoft Excel);

Программы MathCAD, OCTAVE, GAMS, Scilab.

10.3. Базы данных и информационные справочные системы.

Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс»

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

Для ведения лекционных и практических занятий используется аудитория, оборудованная средствами оргтехники, на 15 посадочных мест.

Для проведения лабораторных занятий используется компьютерный класс, оборудованный персональными компьютерами, объединенными в сеть.

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.

Индекс компетенции	Содержание компетенций	Этап формирования
ОПК-7	Способен применять математические, системно-аналитические, вычислительные методы и программные средства для решения прикладных задач в области создания систем анализа и автоматического управления и их компонентов	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)
ОПК-7.2 Использование методов оптимизации для решения задач в области автоматического управления	Правильно перечисляет математические модели систем (ЗН-1).	Ответы на вопросы №1-7 и на вопросы №15-36 к зачету	Путается в перечислении математических моделей систем	Перечисляет математические модели систем с небольшими ошибками	Уверенно и без ошибок перечисляет математические модели систем
	Определяет основные статические и динамические характеристики ИС, выбирать оптимальное управление ИС, оценивать эффективность ИС (У-1).		С ошибками определяет основные статические и динамические характеристики ИС;	Определяет основные статические и динамические характеристики ИС с небольшими подсказками преподавателя	Способен самостоятельно определять основные статические и динамические характеристики ИС
	Демонстрирует навыки- использования методов математической статистики для обработки результатов активных и пассивных экспериментов (Н-1).		Имеет слабые навыки использования методов статистики для обработки результатов активных и пассивных экспериментов в ИС	Имеет навыки использования методов для обработки результатов экспериментов в ИС, но допускает 1-2 ошибки	Демонстрирует уверенные навыки использования методов статистики для обработки результатов экспериментов в ИС

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	УРОВНИ СФОРМИРОВАННОСТИ (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
	Правильно определяет методы линейного, нелинейного и динамического программирования, средства и алгоритмы инструментов управления, методы оптимизации и управления (ЗН-2).	Ответы на вопросы №8-14 к зачету	Демонстрирует частичное знание информационных технологий и программных средств для решения задач профессиональной деятельности	Демонстрирует приемлемое знание информационных технологий и программных средств для решения задач профессиональной деятельности	Уверенно и без ошибок демонстрирует знание информационных технологий и программных средств для решения задач профессиональной деятельности
	Объясняет использование методов и алгоритмов оптимизации при разработке оптимальных ИС (У-2).		Имеет слабое представление об использовании методов и алгоритмов оптимизации;	С небольшими подсказками преподавателя объясняет использование методов и алгоритмов оптимизации;	Уверенно и без ошибок объясняет использование методов и алгоритмов оптимизации;
	Демонстрирует навыки выбора рациональных систем управления, навыками использования при решении поставленных задач программных пакетов для ЭВМ (Н-2).		Демонстрирует слабые навыки использования при решении поставленных задач программных пакетов для ЭВМ;	Объясняет с некоторыми неточностями и подсказками использование при решении поставленных задач программных пакетов для ЭВМ;	Уверенно демонстрирует навыки использования при решении поставленных задач программных пакетов для ЭВМ;

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):

Шкала оценивания на зачете – «зачет», «незачет». При этом «зачет» соотносится с пороговым уровнем сформированности компетенций.

3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации

а) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ОПК-7:

1. Определение оптимизации.
2. Цель оптимизации.
3. Задачи поверочного и проектного расчёта систем.
4. Степень свободы математической модели системы.
5. Показатели качества, критерии оптимизации.
6. Наблюдаемость, управляемость, чувствительность.
7. Рециркуляция и обратные связи.
8. Степень свободы математической модели системы.
9. Задачи оптимизации статических режимов
10. Выбор параметров оптимизации.
11. Метод информационной инверсии.
12. Ограничения типа равенств и неравенств.
13. Критерии оптимизации (функции цели).
14. Многокритериальные задачи.
15. Задачи оптимального управления системами.
16. Подход Парето
17. Методы классического анализа для решения задач оптимизации.
18. Методы учёта ограничений: метод Лагранжа и Куна-Таккера.
19. Методы внешних и внутренних штрафных функций.
20. Методы линейного и нелинейного программирования.
21. Симплекс метод.
22. Методы одномерной оптимизации дихотомии, золотого сечения, чисел Фибоначчи, параболической аппроксимации.
23. Методы нулевого и первого порядков. Метод Гаусса-Зейделя, градиентные методы наискорейшего спуска.
24. Проблема оврагов.
25. Методы второго порядка, квазиньютоновские методы.
26. Декомпозиционные методы оптимизации: метод цен, метод закрепления.
27. Дискретный принцип максимума.
28. Вычисление градиента с помощью сопряжённого процесса.
29. Оптимальное управление системами.
30. Модели в виде систем дифференциальных уравнений.
31. Вариационное исчисление.
32. Уравнение Эйлера-Лагранжа для экстремалей.
33. Изопериметрические задачи.
34. Условия трансверсальности. Брахистохрона.
35. Игольчатая вариация. Принцип максимума Понтрягина.
36. Динамическое программирование для статических и динамических задач оптимизации.

К зачету допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. При сдаче зачета, студент получает два вопроса из перечня, приведенного выше.

Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 40 мин.

Темы и содержание контрольных работ

Контрольная работа № 1

По заданной зависимости константы скорости реакции от температуры с помощью МНК найти наиболее вероятные значения предэкспоненты и энергии активации.

Константа скорости зависит от температуры по закону Аррениуса:

$$k = k_0 \cdot e^{\left(\frac{-E}{RT}\right)}$$

Контрольная работа № 2

Известны экспериментальные значения, определяющие угловое распределение частиц из ядерной реакции. Эти значения можно аппроксимировать формулой:

$$f(\omega) = A + B \cdot \cos^2(\omega)$$

Определить наиболее вероятные значения А и В.

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 СТП

СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКВД. Порядок проведения зачетов и экзаменов.