

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Саратовский национальный исследовательский  
государственный университет имени Н.Г. Чернышевского»

механико-математический факультет



**Рабочая программа дисциплины**

**Современные проблемы численной оптимизации**

Направление подготовки магистратуры  
**01.04.02 Прикладная математика и информатика**

Профиль подготовки  
**Математическое и информационное обеспечение  
экономической деятельности**

Квалификация (степень) выпускника  
**Магистр**

Форма обучения **очная**

Саратов  
2016

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Современные проблемы численной оптимизации» являются знакомство учащихся, специализирующихся на математическом и информационном обеспечении экономической деятельности, с основами математической теории численной оптимизации, инструментами анализа задач оптимизации рискованных ситуаций, методами решения задач оптимизации.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП

Основная образовательная программа (ООП) «Современные проблемы численной оптимизации» реализуется Саратовским государственным Университетом на механико-математическом факультете по направлению 01.04.02(прикладная математика). Дисциплина «Современные проблемы численной оптимизации» относится к дисциплинам факультатива.

### 2.1. Область профессиональной деятельности выпускника

Область профессиональной деятельности выпускника, освоившего программу магистратуры, включает: академические, научно-исследовательские и ведомственные организации, связанные с решением научных и технических задач; научно-исследовательские и вычислительные центры; научно-производственные объединения; организации различных форм собственности, индустрии и бизнеса, осуществляющих разработку и использование информационных систем, научных достижений, продуктов и сервисов в сфере прикладной математики и информатики.

### 2.2. Объекты профессиональной деятельности выпускника

Объектами профессиональной деятельности выпускника, обучающегося по ООП магистратуры «Современные проблемы численной оптимизации» являются: математическое моделирование, численные методы, оптимизация и оптимальное управление, математическое обеспечение экономической деятельности.

### 2.2. Виды профессиональной деятельности выпускника

Видами профессиональной деятельности выпускника, освоившего программу магистратуры «Современные проблемы численной оптимизации», являются: научно-исследовательская, проектная и производственно-технологическая.

### 2.4. Задачи профессиональной деятельности выпускника

Выпускник, освоивший программу магистратуры, должен решать следующие задачи:

**научно-исследовательская деятельность:**

изучение новых научных результатов, литературы, научно-исследовательских проектов;  
исследование и разработка математических моделей, алгоритмов, методов, программного обеспечения, инструментальных средств по тематике научно-исследовательских проектов;  
составление научных обзоров, рефератов, библиографий;  
участие в работе научных семинаров, конференций, симпозиумов;  
подготовка научных и научно-технических публикаций;

**проектная и производственно-технологическая деятельность:**

исследование математических методов моделирования моделей по тематике выполняемых научно-исследовательских или опытно-конструкторских работ;  
применение наукоёмких технологий и пакетов программ для решения прикладных в области физики и экономики.

### **3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля)**

В результате освоения программы у выпускника должны быть выработаны следующие компетенции:

ОПК3-способность самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности, углублять и расширять своё научное мировоззрение.

ОПК4-способностью использовать и использовать и применять углублённые знания в области прикладной математики и информатики.

В результате освоения дисциплины «Современные проблемы численной оптимизации» обучающийся должен:

•**знать:** основы математической теории оптимизации, методы решения задач численной оптимизации, инструменты управления риском (безусловная и условная франшиза).

•**уметь:** действовать в нестандартных ситуациях, анализировать рисковую ситуацию; проводить углубленный анализ проблем, постановки и обоснования задач научной и проектно-технологической деятельности.

•**владеть:** способностью углубленного анализа проблем, постановки и обоснования задач научной и проектно-технологической деятельности (методами решения задач оптимизации).

### **4. Структура и содержание дисциплины**

Общая трудоёмкость дисциплины «Современные проблемы численной оптимизации» составляет 108 часа, 3 зачётных единицы.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	КСР	Самостоятельная работа	
1.	Описание математических моделей, решаемых с помощью методов численной оптимизации	3	1-4	4	4	1	16	Решение задач на практических занятиях; домашнее задание.
2.	Численные методы оптимизации в оптимальном управлении	3	5-12	8	12	2	16	Решение задач на практических занятиях; домашнее задание. Контрольная работа
3.	Построение численных алгоритмов, их обоснование и реализация	3	13-16	4	16	1	18	Решение задач на практических занятиях; домашнее задание. Контрольная работа
	<b>Всего</b>	<b>3</b>	<b>16</b>	<b>18</b>	<b>36</b>	<b>4</b>	<b>50</b>	<b>зачёт</b>

### Содержание дисциплины

#### Раздел 1. Математические модели в экономике и технике

Постановка задачи оптимального управления. Задачи оптимального подъёма ракеты-зонда, запуска реактора. Задача экономического роста предприятия односекторной экономики.

#### Раздел 2. Численные методы оптимизации в оптимальном управлении

Принцип максимума Понтрягина для задач линейных и нелинейных задач оптимального управления с ограничениями и его применение для численного решения задач данного типа. Задачи быстрого действия, со свободным правым концом и закреплёнными концами и их численное решение. Методы условного градиента для задачи экономического роста предприятия односекторной экономики. Метод возможных направлений для технических задач.

### **Раздел 3. Построение численных алгоритмов, их обоснование и реализация**

Реализация метода условного градиента: сходимость метода, построение проблемы подбора параметров. Построение численных алгоритмов для конкретных задач экономики и техники, проблемы их реализации на ЭВМ. Составление пакета программ, решающих задачи данного типа.

#### **5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины (модуля)**

Основными видами образовательных технологий, применяемых при изучении дисциплины, являются лекции, практические занятия, контролируемая самостоятельная работа, контролируемая самостоятельная работа, самостоятельная работа.

Реализация компетентного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий (компьютерные симуляции, разбор конкретных ситуаций, работа над проектами) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

Эффективность применения интерактивных форм обучения обеспечивается реализацией следующих условий:

- создание диалогического пространства в организации учебного процесса;
- использование принципов социально – психологического обучения в учебной и внеучебной деятельности;
- мониторинг личностных особенностей и профессиональной направленности студентов;
- формирование психологической готовности преподавателей к использованию интерактивных форм обучения, направленных на развитие внутренней активности студентов;

Использование интерактивных форм и методов обучения направлено на достижение ряда важнейших образовательных целей:

- стимулирование мотивации и интереса в области анализа сложных систем и обработки данных и в общеобразовательном, общекультурном и профессиональном плане;
- повышение уровня активности и самостоятельности обучаемых;
- развитие навыков анализа, критичности мышления, взаимодействия, коммуникации;

- саморазвитие и развитие обучаемых благодаря активизации мыслительной деятельности и диалогическому взаимодействию с преподавателем и другими участниками образовательного процесса.

В рамках учебного курса предусмотрены встречи с представителями научных организаций и представителями различных научных школ.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определяется главной целью (миссией) программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием конкретных дисциплин, и в целом в учебном процессе они должны составлять не менее 30 % аудиторных занятий

### **Особенности проведения занятий для граждан с ОВЗ**

При обучении лиц с ограниченными возможностями используются подходы, способствующие созданию безбарьерной образовательной среды: технологии дифференциации и индивидуализации обучения, применение соответствующих методик по работе с инвалидами, использование средств дистанционного общения.

Для студентов с ограниченными возможностями здоровья предусмотрены следующие формы организации учебного процесса и контроля знаний:

*-для слабовидящих:*

обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс; для выполнения контрольных заданий при необходимости предоставляется увеличивающее устройство;

задания для выполнения, а также инструкция о порядке выполнения контрольных заданий оформляются увеличенным шрифтом (размер 16-20);

*- для глухих и слабослышащих:*

обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости студентам предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;

*- для лиц с тяжелыми нарушениями речи, глухих, слабослышащих*

все контрольные задания по желанию студентов могут проводиться в письменной форме.

Основной формой организации учебного процесса является интегрированное обучение инвалидов, т.е. все студенты обучаются в смешанных группах, имеют возможность постоянно общаться со сверстниками, легче адаптируются в социуме.

## **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости студентов, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

Самостоятельная работа студентов проводится с использованием конспектов лекций, материалов практических занятий, информационных технологий.

При изучении дисциплины «Современные проблемы численной оптимизации» предусмотрены следующие виды самостоятельной работы обучающихся:

- разбор теоретического материала по конспектам лекций и пособиям;
- самостоятельное изучение указанных теоретических вопросов, в частности, самостоятельное доказательство теорем (если уже известны аналогичные доказательства других теорем);
- решение задач по темам практических занятий;
- выполнение и проверка домашних заданий;
- подготовка к контрольным работам;
- подготовка к зачету.

К основным учебно-методическим средствам обеспечения самостоятельной работы студентов относятся ресурсы научной библиотеки СГУ, электронные учебно-методические пособия, представленные на сайте СГУ и другие.

### **Вопросы для самоконтроля знаний при подготовке студентов к занятиям, самостоятельному изучению курса, к промежуточной аттестации**

1. Постановка линейной задачи оптимального управления с ограничениями на управление и терминальным критерием качества.
2. Постановка линейно-квадратичной задачи оптимального управления с закреплёнными концами на конечном отрезке времени.
3. Постановка задачи оптимального управления с фазовыми ограничениями.
4. Постановка задачи быстрогодействия.
5. Построение математической модели экономического роста предприятия односекторной экономики на конечном отрезке времени.

6. Построение модели экономического роста с ограничениями на фондовооруженность.
7. Построение модели экономического роста с бесконечным горизонтом управления.
8. Задача подъёма ракеты-зонда.
9. Математическая модель остановки ядерного реактора.
10. Алгоритм условного градиента и его сходимость.
11. Методы решения задач оптимального управления с фазовыми ограничениями.
12. Построение численных алгоритмов решения задач оптимального управления.
13. Задачи подбора параметров в алгоритме метода условного градиента для нелинейной задачи оптимального управления.

### **Пример контрольной работы**

1. Для задачи следующей задачи оптимального управления записать уравнения принципа максимума Понтрягина и построить алгоритм численного решения методом условного градиента

$$\dot{x} = -x + y + u, \quad x(0) = 1$$

$$\dot{y} = u, \quad y(0) = 1$$

$$|u(t)| \leq 1, \quad t \in [0, 1]$$

$$J(x, u) = \int_0^1 \{x^2 + y^2 + u^2\} dt \rightarrow \max$$

### **Варианты самостоятельной работы студентов**

1. Построение алгоритмов решения задач оптимального управления из контрольной работы с добавленными фазовыми ограничениями.
2. Подбор оптимальных параметров в алгоритмах численного решения задач оптимального управления.
3. Реализация алгоритмов численного решения данных задач на вычислительных устройствах.

### **Вопросы для самоконтроля знаний при подготовке студентов к занятиям, самостоятельному изучению курса, к промежуточной аттестации (зачету)**

1. Постановка линейной задачи оптимального управления с ограничениями на управление и терминальным критерием качества.



2. Постановка линейно-квадратичной задачи оптимального управления с закреплёнными концами на конечном отрезке времени.
3. Постановка задачи оптимального управления с фазовыми ограничениями.
4. Постановка задачи быстродействия.
5. Построение математической модели экономического роста предприятия односекторной экономики на конечном отрезке времени.
6. Построение модели экономического роста с ограничениями на фондовооруженность.
7. Построение модели экономического роста с бесконечным горизонтом управления.
8. Задача подъёма ракеты-зонда.
9. Математическая модель остановки ядерного реактора.
10. Алгоритм условного градиента и его сходимость.
11. Методы решения задач оптимального управления с фазовыми ограничениями.
12. Построение численных алгоритмов решения задач оптимального управления.
13. Задачи подбора параметров в алгоритме метода условного градиента для нелинейной задачи оптимального управления.

## 7. Данные для учета успеваемости студентов в Барс

Баллы по соответствующим видам учебной деятельности заносятся в столбцы 2–7, для результатов промежуточной аттестации предусмотрен столбец 8.

Таблица 2. Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Семестр	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого
3	5	0	15	10	0	30	40	100

### Программа оценивания учебной деятельности студента

#### 3 семестр

##### Лекции

Посещаемость, активность; количество баллов – от 0 до 5.

Критерии оценки:

- не более 50% от числа занятий в семестре – 0 баллов,
- от 51% до 80% – 3 балла;
- не менее 81% занятий – 5 баллов.

### **Лабораторные занятия**

Не предусмотрены.

### **Практические занятия**

Посещаемость, активность; количество баллов – от 0 до 15.

Критерий оценки:

при освоении студентом практической части дисциплины на «отлично» – 15 баллов, «хорошо» – 10 баллов, «удовлетворительно» – 5 баллов; «неудовлетворительно» – 0 баллов.

### **Самостоятельная работа**

Выполнение домашних заданий ; количество баллов – от 0 до 10.

Критерий оценки:

- при полностью правильном и своевременном выполнении студентом домашних заданий – 10 баллов;
- при частично правильном выполнении (правильно выполненных заданий – не менее 70%) – 5 баллов;
- в остальных случаях – 0 баллов.

### **Автоматизированное тестирование**

Не предусмотрены.

### **Другие виды учебной деятельности**

Контрольная работа; количество баллов – от 0 до 30.

В 3-м семестре: контрольная работа № 1 – от 0 до 15 баллов; контрольная работа № 2 – от 0 до 15 баллов.

Критерий оценки:

- при полностью правильном и своевременном выполнении студентом заданий контрольной работы – 15 баллов;
- при частично правильном выполнении (правильно выполненных заданий – не менее 70%) – 10 баллов;
- в остальных случаях – 0 баллов.

### **Промежуточная аттестация**

Форма промежуточной аттестации – зачет; количество баллов – от 0 до 40 баллов.

При проведении промежуточной аттестации

ответ на «отлично» оценивается от 31 до 40 баллов;

ответ на «хорошо» оценивается от 21 до 30 баллов;

ответ на «удовлетворительно» оценивается от 11 до 20 баллов;

ответ на «неудовлетворительно» оценивается от 0 до 10 баллов.

Зачет проводится в устной форме в виде ответов на вопросы билета и два дополнительных вопроса из перечня вопросов к промежуточной аттестации.

Билет содержит три вопроса из перечня вопросов к промежуточной аттестации.

Критерий оценки ответа на каждый вопрос при проведении промежуточной аттестации:

- на вопрос дан правильный, полный, развернутый ответ (допускаются незначительные погрешности) – 8 баллов;
- на вопрос дан правильный, но неполный ответ (например, при доказательстве теоремы, изложении метода отсутствуют отдельные логические шаги; допущена ошибка при вычислении; имеются другие неточности) – 6-7 баллов;
- на вопрос дан краткий ответ, содержащий только верно сформулированные факты (допускаются незначительные погрешности) – 5 баллов;
- в остальных случаях – 0 баллов.

Максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за первый семестр по дисциплине «Современные проблемы численной оптимизации» составляет 100 баллов.

Таблица 3. Таблица пересчета полученной студентом итоговой суммы баллов по дисциплине «Современные проблемы численной оптимизации» в зачет.

Итоговая сумма баллов	Оценка по дисциплине
0 – 49	незачтено
50 – 100	зачтено

## **8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **1.Основная литература**

1.Алексеев В.М., Галеев Э.М., Тихомиров В.М. Сборник задач по оптимизации. Теория. Примеры. Задачи. М.:Физматлит., 2014, 256 с.,2005, 2007, 2008.

3.Лесин В.В. Основы методов оптимизации. Москва, «Лань»:2011.-341.[ЭБС]

### **2.Дополнительная литература.**

1.Васильев Ф.П. Методы решения экстремальных задач. М.:Наука, 1981, 400 с.

2.Колмогоров А.Н., Фомин С.В. Элементы теории функций и функционального анализа. М.: Наука, 1968,1989, 2004, 2006.

З.Минюк С.А., Ровба Е.А., Кузьмич К.С. Математические методы и модели в экономике. МН.:Тетрасистемс, 2002.-432 с.

### 9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для реализации данной программы используются компьютерные классы с выходом в Интернет (ауд.309, 307, 311, 9 корпус СГУ), аудитории (кабинеты), оборудованные мультимедийными демонстрационными комплексами учебные (401,402, 9 корпус СГУ).

Все указанные помещения соответствуют действующим санитарным и противопожарным нормам, а также требованиям техники безопасности и охраны труда при проведении учебных, научно-исследовательских и научно-производственных работ.

Учебный процесс в полной мере обеспечен учебно-методической литературой, информационными и материально-техническими ресурсами

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС по направлению подготовки магистратуры 01.04.02 «Прикладная математика и информатика» и профилю «Математическое и информационное обеспечение экономической деятельности».

Автор: доцент кафедры ТФиСА В.Р.Шебалдин



Программа разработана в 2014 году (одобрена на заседании кафедры теории функций и приближений от 29 августа 2014 года, протокол № 1).

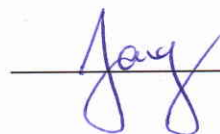
Программа актуализирована в 2016 году на заседании кафедры теории функций и стохастического анализа, протокол № 2 от 6 сентября 2016 г.

Зав. кафедрой ТФиСА



С. П. Сидоров

Декан механико-математического ф-та



А. М. Захаров