

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

**«Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет»**

**УТВЕРЖДАЮ**

Руководитель программы аспирантуры

 П.В. Трусов  
д.ф.-м.н., профессор кафедры ММС11

« 29 » « июня » 2023 г.

**Рабочая программа дисциплины по программе аспирантуры**

**«Методы оптимизации и теория управления»**

Научная специальность	1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ
Направленность (профиль) программы аспирантуры	Математическое моделирование и управление физико-механическими процессами
Выпускающая(ие) кафедра(ы)	Математическое моделирование систем и процессов (ММС11) Строительные конструкции и вычислительная механика (СКиВМ) Сварочное производство, метрология и технология материалов (СПМТМ) Динамика и прочность машин (ДПМ)
Форма обучения	Очная
Курс: 3	Семестр (ы): 5
Виды контроля с указанием семестра:	
Экзамен:	Зачет: 5
	Диф.зачет:

Пермь 2023

## **1. Общие положения**

Рабочая программа дисциплины «Методы оптимизации и теория управления» разработана на основании следующих нормативных документов:

- Приказ Минобрнауки России от 20.10.2021 N 951 "Об утверждении федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов)";
- Постановление Правительства РФ от 30.11.2021 N 2122 "Об утверждении Положения о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)";
- Самостоятельно устанавливаемые требования к реализуемым программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре Пермского национального исследовательского политехнического университета;
- Базовый план по программе аспирантуры;
- Паспорт научной специальности.

**1.1 Цель учебной дисциплины** – формирование комплекса знаний, умений и навыков в области методов оптимизации и теории управления.

### **1.2 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Методы оптимизации и теория управления» является обязательной дисциплиной образовательного компонента плана аспиранта.

Дисциплина используется при подготовке к сдаче кандидатского экзамена по специальности 1.2.2. Математическое моделирование и управление физико-механическими процессами.

Кандидатский экзамен представляют собой форму оценки степени подготовленности соискателя ученой степени кандидата наук к проведению научных исследований по конкретной научной специальности и отрасли науки, по которой подготавливается или подготовлена диссертация.

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

В результате изучения дисциплины аспирант должен демонстрировать следующие результаты:

### **Знать:**

- современные методы оптимизации объектов и систем широкого класса (в зависимости от тематики научной работы аспиранта);
- современные методы теории оптимального управления;
- теоретические основы методов постановки и решения задач оптимизации процессов и систем, в том числе – методы постановки и решения задач многокритериальной оптимизации;
- современные численные методы решения задач оптимизации.

### **Уметь:**

- выполнять постановку задачи оптимизации для исследуемого объекта, процесса или явления;
- адекватно выбирать метод решения поставленной задачи;
- решать задачи оптимизации для исследуемых объектов, процессов или явлений аналитически или с применением численных методов;
- выполнять оптимизационные расчеты при исследовании реальных систем.

### **Владеть:**

- навыками постановки оптимизационных задач для сложных объектов и систем;
- аналитическими и численными методами решения задач оптимизации;
- навыками решения задач оптимизации сложных физико-механических систем широкого класса (в зависимости от тематики научно-исследовательской работы аспиранта) с применением для реализации соответствующих численных методов, современных языков программирования и пакетов прикладных программ;
- основными понятиями и методами стохастической оптимизации, уделяя основное внимание их практическому применению;
- навыками разработки математических моделей объектов и систем с использованием подходов и методов теории оптимизации.

### 3. Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Таблица 1

Объем и виды учебной работы

№ п.п.	Вид учебной работы	Трудоемкость, ч
		5 семестр
1	Аудиторная работа	17
	В том числе:	
	Лекции (Л)	5
	Практические занятия (ПЗ)	6
2	Контроль самостоятельной работы (КСР)	6
	Самостоятельная работа (СР)	55
	Форма итогового контроля:	Зачет

### 4. Содержание учебной дисциплины

#### 4.1. Содержание разделов и тем учебной дисциплины

Раздел 1. Классические методы оптимизации и теория оптимального управления.

(Л – 3, ПР – 2, СР – 27)

Тема 1. Основные понятия и определения теории оптимизации. Линейное и целочисленное программирование.

Тема 2. Задачи нелинейного программирования. Выбор параметров оптимизации и формулировка критериев оптимальности. Аналитические и численные методы решения задач нелинейного программирования.

Тема 3. Задачи вариационного исчисления и оптимального управления.

Раздел 2. Многокритериальные задачи оптимизации и методы их решения.

(Л – 1, ПР – 2, СР – 14)

Тема 4. Многокритериальные задачи оптимизации. Построение обобщенного критерия оптимальности. Парето-оптимальные решения.

Раздел 3. Оптимизация в условиях неопределенности.

(Л – 1, ПР – 2, СР – 14)

Тема 5. Постановка задачи стохастической оптимизации.

#### 4.2. Перечень тем практических занятий

Таблица 2

Темы практических занятий (из пункта 4.1)

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	1	Основные понятия и	Собеседование	Вопросы по темам

		определения теории оптимизации.		/ разделам дисциплины
2	2	Решение задач нелинейного программирования. Выбор параметров оптимизации и формулировка критериев оптимальности.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
3	3	Решение задач вариационного исчисления и оптимального управления	Творческое задание	Темы творческих заданий
4	4	Многокритериальные задачи оптимизации. Построение обобщенного критерия оптимальности	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
5	5	Постановка задачи стохастической оптимизации	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины

#### 4.3. Перечень тем для самостоятельной работы аспирантов

Самостоятельная работа аспирантов заключается в теоретическом изучении конкретных вопросов и выполнении творческих заданий.

Таблица 3

Темы самостоятельных заданий

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы самостоятельной работы	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	1	Задачи линейного и целочисленного программирования. Методы решения задач линейного и целочисленного программирования.	Творческое задание	Темы творческих заданий
2	2	Математическая постановка задачи оптимизации физико-механического процесса или системы. Выбор и обоснование выбора параметров оптимизации. Формулировка критерия оптимальности. Гладкие задачи минимизации функции многих переменных с ограничениями и без ограничений. Существование решения. Аналитические и численные методы решения поставленных задач.	Творческое задание	Темы творческих заданий
3	3	Постановки задач классического вариационного исчисления и методы их решения. Принцип Лагранжа для задачи Лагранжа. Постановка задачи	Творческое задание	Темы творческих заданий

		оптимального управления. Принцип максимума Понтрягина. Численные методы решения задач вариационного исчисления и оптимального управления. Принцип оптимальности Беллмана. Динамическое программирование.		
4	4	Методы решения многокритериальных задач оптимизации.	Творческое задание	Темы творческих заданий
5	5	Классификация задач оптимизации в условиях неопределенности. Классификация методов решения задач стохастической оптимизации.	Творческое задание	Темы творческих заданий

### 5. Методические указания для аспирантов по изучению дисциплины

При изучении дисциплины «Методы оптимизации и теория управления» аспирантам целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически;
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела;
3. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции;

### 6. Перечень учебно-методического, библиотечно-справочного и информационного, информационно-справочного обеспечения для работы аспиранта по дисциплине

#### 6.1. Библиотечные фонды и библиотечно-справочные системы

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
<b>1 Основная литература</b>		
1	Методы оптимизации : учебник и практикум / Ф. П. Васильев [и др.]. - Москва: Юрайт, 2016. — 375 с.	5
2	Козлов В. Н. Системный анализ, оптимизация и принятие решений : учебное пособие / В. Н. Козлов. - Москва: Проспект, 2014. — 173 с.	2014 - 3 2013 - 1
3	Гитман М. Б. Введение в стохастическую оптимизацию : учебное пособие для вузов / М. Б. Гитман. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2014.	Электронная библиотека ПНИПУ

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
4	Ржевский С. В. Исследование операций : учебное пособие / С. В. Ржевский. - Санкт-Петербург[и др.]: Лань, 2013. — 475 с.	2
5	Общие положения. Математическое программирование / А. В. Соколов, В. В. Токарев. - Москва: Физматлит, 2012. - (Методы оптимальных решений : учебное пособие для вузов : в 2 т.; Т. 1). – 563 с.	3
6	Многокритериальность. Динамика. Неопределённость / В. В. Токарев. - Москва: Физматлит, 2012. - (Методы оптимальных решений : учебное пособие для вузов : в 2 т.; Т. 2). – 416 с.	3
<b>2 Дополнительная литература</b>		
<b>2.1 Учебно-методические, научные издания</b>		
1	Денисова А. П. Методы оптимального проектирования строительных конструкций : учебное пособие для высшего профессионального образования / А. П. Денисова, С. А. Ращепкина. - Москва: Изд-во АСВ, 2012. — 215 с.	4
2	Оптимальное управление / Э. М. Галеев [и др.]. - Москва: МЦНМО, 2008. — 320 с.	4
3	Введение в математическое моделирование: Учебное пособие / В.Н.Ашихмин, М.Б.Гитман, И.Э.Келлер, О.Б.Наймарк, В.Ю.Столбов, П.В.Трусов, П.Г.Фрик. Под ред. П.В.Трусова. - М.:«Логос», 2007. — 439 с.	50
4	Гитман М.Б. Введение в стохастическую оптимизацию: учебное пособие / Пермь: Из-во ПГТУ, – 2008. – 104 с.	50+ Электронная библиотека ПНИПУ
5	Карпенко А. П. Современные алгоритмы поисковой оптимизации. Алгоритмы, вдохновленные природой : учебное пособие для вузов / А. П. Карпенко. - Москва: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. – 446 с.	5
6	Колбин В. В. Специальные методы оптимизации : учебное пособие / В. В. Колбин. - Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2014. – 378 с.	2
7	Аттетков А.В., Галкин С.В., Зарубин В.С. Методы оптимизации: учеб. для вузов / Под ред. В.С. Зарубина, А.П. Крищенко. - М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2003. – 439 с.	71
8	Васильев Ф. П. Численные методы решения экстремальных задач : учебное издание / Ф. П. Васильев. - Москва: Наука, 1980. - 518 с.	2
<b>2.2 Периодические издания</b>		
1	<i>Вестник ПНИПУ. Механика : журнал / Пермский национальный исследовательский политехнический университет ; Под ред. А. А. Ташкинова. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, с 2012 г.</i>	

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
	<a href="http://vestnik.pstu.ru/mechanics/about/inf/">http://vestnik.pstu.ru/mechanics/about/inf/</a>	
2	Прикладная математика и вопросы управления/ <i>Applied Mathematics and Control Sciences</i> : журнал / Пермский национальный исследовательский политехнический университет ; Под ред. В.Ю.Столбова. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, с 2010 г. <a href="http://vestnik.pstu.ru/matmech/about/inf/">http://vestnik.pstu.ru/matmech/about/inf/</a>	
3	Вычислительная механика сплошных сред : журнал / Российская академия наук, Уральское отделение; Институт механики сплошных сред. - Пермь: ИМСС УрО РАН, с 2008 г. <a href="http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser96485">http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser96485</a>	
4	Проблемы управления / <i>Control Sciences</i> : научно-технический журнал. - Москва: СенСидат-Контрол, с 2002 г. <a href="http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser146437">http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser146437</a>	
5	Мехатроника, автоматизация, управление : теоретический и прикладной научно-технический журнал. - Москва: Новые технологии, Мехатроника, автоматизация, управление, с 1998 г. <a href="http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser144663">http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser144663</a>	
6	Математическое моделирование : журнал. - Москва: Наука. с 1989 г. <a href="http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser145033">http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser145033</a>	
7	Успехи математических наук : журнал. - Москва: Наука, с 1936 г. <a href="http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser145355">http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser145355</a>	
8	Известия Российской академии наук. Серия математическая : научный журнал. - Москва: Наука, с 1937 с. <a href="http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser145210">http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser145210</a>	
9	Журнал вычислительной математики и математической физики. - Москва: Наука, с 1961 г. <a href="http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser144951">http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser144951</a>	
10	Прикладная механика и техническая физика : журнал. - Новосибирск: СО РАН, с 1960 г. <a href="http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser145580">http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser145580</a>	
11	Известия Российской академии наук. Механика твердого тела : научный журнал. - Москва: Наука, с 1966 с. <a href="http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser145433">http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser145433</a>	
12	Журналы издательств Elsevier, Springer и др., доступные в e-library <a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>	Научная электронная библиотека (НЭБ)
<b>2.3 Нормативно-технические издания</b>		
1	Не требуется.	
<b>2.4 Официальные издания</b>		
1	Не требуется.	

## 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

### 6.2.1. Информационные и информационно-справочные системы

1. *Справочная Правовая Система КонсультантПлюс [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных правовой информ. : док., коммент., кн., ст., обзоры и др.]. – Версия 4015.00.02, сетевая, 50 станций. – Москва, 1992–2016. – Режим доступа: Компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.*

2. *Информационная система Техэксперт: Интранет [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных правовой информ. : законодат. и норматив. док., коммент., журн. и др.] / Кодекс. – Версия 6.3.2.22, сетевая, 50 рабочих мест. – Санкт-Петербург, 2009-2013. – Режим доступа: Компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.*

## 7. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

### 7.1. Основное учебное оборудование. Рабочее место аспиранта.

Таблица 4

№ п.п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката, лабораторное оборудование)	Кол-во ед.	Форма приобретения / владения (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
1	2	3	4	5
1	Персональные компьютеры (локальная сеть)	10	Оперативное управление	317

## 8. Фонд оценочных средств

Освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра. Формой контроля освоения результатов обучения по дисциплине является зачет, проводимый с учетом результатов текущего контроля.

### 8.1. Описание показателей и критериев оценивания, описание шкал оценивания.

Контроль качества освоения дисциплины включает в себя текущий контроль успеваемости и промежуточную аттестацию аспирантов

#### Текущий контроль

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценку освоения дисциплин и проводится в форме собеседования и защиты отчета о творческом задании.

- **Собеседование**

Для оценки **знаний** аспирантов проводится собеседование в виде специальной беседы преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной для выяснения объема знаний по определенному разделу, теме, проблеме.

Собеседование может выполняться в индивидуальном порядке или группой аспирантов.

- **Защита отчета о творческом задании**



Для оценки **умений и владений** аспирантов используется творческое задание, имеющее нестандартное решение и позволяющее интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения.

Творческие задания могут выполняться в индивидуальном порядке или группой аспирантов.

### **Промежуточная аттестация**

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего контроля. Промежуточная аттестация проводится в виде зачета по дисциплине, в устно-письменной форме по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) и практическое задание (ПЗ).

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания. Пример билета представлен в приложении 1.

- **Шкалы оценивания результатов обучения при сдаче зачета:**

Шкалы и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета приведены в табл. 5.

Таблица 5

Шкала оценивания результатов освоения на при сдаче зачета

<b>Оценка</b>	<b>Критерии оценивания</b>
<i>Зачтено</i>	<p>Аспирант продемонстрировал сформированные или содержащие отдельные пробелы знания при защите итоговой работы. Показал сформированные или содержащие отдельные пробелы <b>знания</b> в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов правильно.</p> <p>Аспирант выполнил все задачи, поставленные перед ним в рамках выполнения итоговой работы полностью или с небольшими недоработками. Показал успешное или сопровождающееся отдельными ошибками применение <b>навыков</b> полученных знаний и <b>умений</b> при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов правильно.</p>
<i>Незачтено</i>	<p>При защите итоговой работы аспирант продемонстрировал фрагментарные <b>знания</b>. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов.</p> <p>При решении задач, поставленных перед аспирантом в рамках выполнения итоговой работы, аспирант продемонстрировал частично освоенное <b>умение</b> и <b>применение</b> полученных навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неточностей.</p>

### **9. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине**

Задания для текущего контроля и проведения промежуточной аттестации должны быть направлены на оценивание:

1. уровня освоения теоретических понятий, научных основ профессиональной деятельности;
2. степени готовности аспиранта применять теоретические знания и профессионально значимую информацию и оценивание сформированности когнитивных умений.
3. приобретенных умений, профессионально значимых для профессиональной деятельности.

### **10. Типовые контрольные вопросы и задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов освоения дисциплины**

Перечень контрольных вопросов и заданий для сдачи кандидатского экзамена по научной специальности 1.2.2. «Математическое моделирование и управление физико-механическими процессами» разработан с учетом научных достижений научно-исследовательской школы кафедры.

Типовые творческие задания:

1. Сформулировать математическую постановку задачи оптимизации какого-либо физико-механического процесса или системы (выбор объекта моделирования осуществляется в соответствии с тематикой научно-исследовательской работы аспиранта). Осуществить выбор параметров оптимизации и его обоснование. Построить критерий оптимальности (целевую функцию).
2. Поставить и решить задачу оптимального управления каким-либо физико-механическим процессом или системой (выбор объекта моделирования осуществляется в соответствии с тематикой научно-исследовательской работы аспиранта).

Типовые контрольные задания:

1. Для формализованной оптимизационной задачи осуществить адекватный выбор метода решения. Разработать алгоритм реализации выбранного метода и реализовать его численно с использованием одного из современных средств разработки.
2. Обосновать выбор метода решения поставленной задачи. Разработать и реализовать алгоритм решения поставленной задачи. Провести анализ полученных результатов.

Полный комплект вопросов и заданий в форме утвержденных билетов хранится на кафедре «ММСП».

**Программа**

Математическое моделирование и управление  
физико-механическими процессами

**Кафедра**

Математическое моделирование систем  
и процессов

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**ФГАОУ ВО «Пермский национальный**  
**исследовательский политехнический**  
**университет» (ПНИПУ)**

**Дисциплина**

«Методы оптимизации и теория управления»

**БИЛЕТ № 1**

1. Основные понятия и определения теории оптимизации.
2. Численные методы решения задач вариационного исчисления и оптимального управления.
3. Решение задачи нелинейного программирования.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись)

Трусов П.В.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 202 \_\_\_\_ г.

Лист регистрации изменений

№ п.п.	Содержание изменения	Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой
1	2	3
1		
2		
3		
4		