

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 ММСИ

« 29 » « июня » 202 3 г.

Рабочая программа дисциплины по программе аспирантуры

«Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

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 (ММСИ) 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: 5	Зачет: Диф.зачет

Пермь 2023

1. Общие положения

Рабочая программа дисциплины «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» 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 математического моделирования, численных методов и комплексов программ.

1.2 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» 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:

- методологию (основные понятия, классификацию, подходы и методы) разработки математических моделей физико-механических процессов и систем;
- основные численные методы вычислительной математики;
- основные положения теории программирования в современных операционных системах, современные технологии программирования.

Уметь:

- осуществлять разработку математических моделей физико-механических процессов и систем,
- адекватно выбирать и применять численные методы вычислительной математики для реализации математических моделей,
- создавать программное обеспечение, реализующее математические модели.

Владеть:

- навыками решения прикладных задач математического моделирования для широкого класса физико-механических процессов и систем,

- навыками разработки и реализации алгоритмов числительных методов вычислительной математики при математическом моделировании,
- навыками создания программного обеспечения, реализующего математические модели, в современных операционных системах с использованием современных технологий программирования.

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	20
	В том числе:	
	Лекции (Л)	5
	Практические занятия (ПЗ)	6
2	Контроль самостоятельной работы (КСР)	9
	Самостоятельная работа (СР)	88
	Форма итогового контроля:	Экзамен

4. Содержание учебной дисциплины

4.1. Содержание разделов и тем учебной дисциплины

Раздел 1. Методология разработки математических моделей физико-механических процессов и систем.

(Л – 2, ПР – 2, СР – 40)

Тема 1. Моделирование как метод научного познания. Определение модели и ее свойства. Определение и классификация математических моделей.

Тема 2. Этапы разработки математической модели. Содержательная, концептуальная и математическая постановка задачи моделирования. Выбор метода решения задачи моделирования. Проверка адекватности модели.

Тема 3. Моделирование в условиях неопределенности. Описание стохастической неопределенности. Исследование устойчивости математической модели.

Раздел 2. Основные численные методы вычислительной математики.

(Л – 2, ПР – 2, СР – 24)

Тема 4. Интерполяция и аппроксимация функциональных зависимостей. Численное дифференцирование и интегрирование. Вычислительные методы линейной алгебры. Численные методы решения систем дифференциальных уравнений. Сплайн-аппроксимация, интерполяция, метод конечных элементов. Преобразования Фурье, Лапласа, Хаара и др. Численные методы вейвлет-анализа.

Раздел 3. Теория программирования в современных операционных системах и современные технологии программирования.

(Л – 1, ПР – 2, СР – 24)

Тема 5. Основные этапы, методы, средства и стандарты разработки программного обеспечения, системы программирования (принципы организации, состав и схема работы), операционные системы.

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	Классификация математических моделей, примеры.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
2	2	Выбор метода решения задачи моделирования. Проверка адекватности модели.	Творческое задание	Темы творческих заданий
3	3	Описание стохастической неопределенности. Исследование устойчивости математической модели.	Творческое задание	Темы творческих заданий
4	4	Слайн-аппроксимация, интерполяция, метод конечных элементов. Преобразования Фурье, Лапласа, Хаара и др. Численные методы вейвлет-анализа.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
5	5	Системы программирования (принципы организации, состав и схема работы), операционные системы.	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	Разработка математических моделей физико-механических процессов и систем.	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
2	2	Примеры применения численных методов при математическом моделировании.	Собеседование.	Вопросы по темам / разделам дисциплины.
3	3	Разработка и реализация алгоритмов числительных методов при математическом моделировании физико-механических процессов и систем	Творческое задание.	Темы творческих заданий.
4	4	Примеры применения современных технологий программирования при создании программного обеспечения, реализующего математические модели.	Собеседование.	Вопросы по темам / разделам дисциплины.

5	5	Разработка программного обеспечения, реализующего математические модели, с применением современных технологий программирования.	Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины.
---	---	---	---------------------	---

5. Методические указания для аспирантов по изучению дисциплины

При изучении дисциплины «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» 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
1 Основная литература		
1	Барботько А.И. Основы теории математического моделирования : учебное пособие для вузов / А. И. Барботько, А. О. Гладышкин. - Старый Оскол: ТНТ, 2015. – 209 с.	10
2	Зубко И.Ю., Няшина Н.Д. Математическое моделирование: дискретные подходы и численные методы: учеб. пособие. — Пермь: Изд-во ПИПУ. 2012. — 365 с.	5+ЭБ
3	Чикуров Н. Г. Моделирование систем и процессов : учебное пособие для вузов / Н. Г. Чикуров. - Москва: РИОР, ИНФРА-М, 2013. – 398 с.	1
4	Леушин И. О. Моделирование процессов и объектов в металлургии : учебник для вузов / И. О. Леушин. - Москва: ФОРУМ, 2015. – 206 с.	2
5	Зарубин В. С. Моделирование : учебное пособие для вузов / В. С. Зарубин. - Москва: Академия, 2013. – 336 с.	3
6	Киреев В. И. Численные методы в примерах и задачах : учебное пособие для вузов / В. И. Киреев, А. В. Пантелеев. - Санкт-Петербург[и др.]: Лань, 2015. – 447 с.	2
7	Бахвалов Н. С. Численные методы в задачах и упражнениях : учебное пособие для вузов / Н. С. Бахвалов, А. В. Лапин, Е. В. Чижонков. - Москва: БИНОМ. Лаб. знаний, 2013. – 240 с.	2
8	Васильев А.Н. Java. Объектно-ориентированное программирование. Базовый курс по объектно-ориентированному программированию: учебное пособие для магистров и бакалавров. Санкт-Петербург[и др.] : Питер, 2013. – 396 с.	1

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
9	Гамма Э. [и др.] Приёмы объектно-ориентированного проектирования. Паттерны проектирования. Санкт-Петербург [и др.]: Питер, 2015 . – 366 с.	11
10	Страуструп Б. Язык программирования C++. – М.: БИНОМ, 2012. – 1135 с.	6
2 Дополнительная литература		
2.1 Учебно-методические, научные издания		
1	Самарский А.А. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры / А.А.Самарский, А.П.Михайлов .— 2-е изд., испр .— М. : Физматлит, 2005 .— 316 с.	20
2	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
3	Карпенков С.Х.. Концепции современного естествознания : учеб. для вузов / С.Х.Карпенков .— 6-е изд., перераб. и доп. — М. : Высш. шк., 2005 .— 535 с.	5
4	Гитман М. Б. Введение в стохастическую оптимизацию : учебное пособие для вузов / М. Б. Гитман. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2014.	Электронная библиотека ПНИПУ
5	Самарский А.А. Введение в численные методы : учебное пособие для вузов / А. А. Самарский ; Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова .— 3-е изд., стер .— Санкт-Петербург : Лань, 2005 .— 288 с.	50
6	Бахвалов Н.С. Численные методы : учебное пособие / Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков ; Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова .— 6-е изд .— Москва : БИНОМ. Лаб. знаний, 2008 .— 636 с.	1
7	Вержбицкий В.М. Основы численных методов : учебник для вузов / В. М. Вержбицкий .— 3-е изд., стер.— Москва : Высш. шк., 2009 .— 840 с.	15
8	Демидович Б.П. Основы вычислительной математики: учебное пособие / Б.П. Демидович , И.А. Марон .— 6-е изд., стер .— СПб : Лань, 2007 .— 664 с.	85
9	Дж. Рихтер Windows для профессионалов: создание эффективных Win32-приложений с учетом специфики 64-разрядной версии Windows - СПб : "Питер" 2001. 722 с.	3
10	Керниган Б.В., Пайк Р. Unix-универсальная среда программирования - М.: Финансы и статистика. 1992. 304 с.	23
11	Таненбаум, Эндрю. Современные операционные системы. 3-е изд. Санкт-Петербург [и др.] : Питер, 2012 . 1115 с.	6
12	Вычислительные системы, сети и телекоммуникации : учебное пособие для вузов / В. Л. Бройдо, О. П. Ильина .— 3-е изд .— СПб : Питер, 2008 .— 765 с.	31

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
13	Кнут Д.Э. Искусство программирования. – М.: Вильямс, 2002. Т.1. Основные алгоритмы.- 712 с.	2
14	Кнут Д.Э. Искусство программирования. – М.: Вильямс, 2003. Т.2. Получисленные алгоритмы.- 828 с.	2
15	Кнут Д.Э. Искусство программирования. – М.: Вильямс, 2003. Т.3. Сортировка и поиск.- 822 с.	3
16	Румянцев П.В. Азбука программирования в Win32 API. – М.: Горячая линия – Телеком, 2001. – 310 с.	3
2.2 Периодические издания		
1	<i>Вестник ПНИПУ. Механика : журнал / Пермский национальный исследовательский политехнический университет ; Под ред. А. А. Ташкинова. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, с 2012 г.</i> http://vestnik.pstu.ru/mechanics/about/inf/	
2	<i>Прикладная математика и вопросы управления/ Applied Mathematics and Control Sciences: журнал / Пермский национальный исследовательский политехнический университет ; Под ред. В.Ю.Столбова. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, с 2010 г.</i> http://vestnik.pstu.ru/matmech/about/inf/	
3	<i>Вычислительная механика сплошных сред : журнал / Российская академия наук, Уральское отделение; Институт механики сплошных сред. - Пермь: ИМСС УрО РАН, с 2008 г.</i> http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser96485	
4	<i>Проблемы управления / Control Sciences : научно-технический журнал. - Москва: СенСиДат-Контрол, с 2002 г.</i> http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser146437	
5	<i>Мехатроника, автоматизация, управление : теоретический и прикладной научно-технический журнал. - Москва: Новые технологии, Мехатроника, автоматизация, управление, с 1998 г.</i> http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser144663	
6	<i>Математическое моделирование : журнал. - Москва: Наука. с 1989 г.</i> http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser145033	
7	<i>Успехи математических наук : журнал. - Москва: Наука, с 1936 г.</i> http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser145355	
8	<i>Известия Российской академии наук. Серия математическая : научный журнал. - Москва: Наука, с 1937 с.</i> http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser145210	
9	<i>Журнал вычислительной математики и математической физики. - Москва: Наука, с 1961 г.</i> http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser144951	

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
10	Прикладная механика и техническая физика : журнал. - Новосибирск: СО РАН, с 1960 г. http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser145580	
11	Известия Российской академии наук. Механика твердого тела : научный журнал. - Москва: Наука, с 1966 с. http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser145433	
12	Журналы издательств Elsevier, Springer и др., доступные в e- library http://elibrary.ru	Научная электронная библиотека (НЭБ)
2.3 Нормативно-технические издания		
1	Не требуется.	
2.4 Официальные издания		
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 кандидатский экзамен, 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 экзамена 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 экзамена:

Оценка результатов обучения по дисциплине проводится по 5-балльной системе оценивания путем выборочного контроля во время экзамена.

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

Таблица 5

Шкала оценивания результатов освоения на экзамене

Оценка	Критерии оценивания
5	Аспирант продемонстрировал сформированные и систематические знания при ответе на теоретический вопрос билета. Показал отличные знания в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все или большинство дополнительных вопросов. Аспирант правильно выполнил контрольное задание билета. Показал успешное и систематическое применение полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все или большинство дополнительных вопросов.
4	Аспирант продемонстрировал сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания при ответе на теоретический вопрос билета. Показал недостаточно уверенные знания в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство

Оценка	Критерии оценивания
	<p>дополнительных вопросов.</p> <p>Аспирант выполнил контрольное задание билета с небольшими неточностями. Показал в целом успешное, но сопровождающееся отдельными ошибками применение навыков полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов.</p>
3	<p>Аспирант продемонстрировал неполные знания при ответе на теоретический вопрос билета с существенными неточностями. Показал неуверенные знания в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</p> <p>Аспирант выполнил контрольное задание билета с существенными неточностями. Показал в целом успешное, но не систематическое применение полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</p>
2	<p>При ответе на теоретический вопрос билета аспирант продемонстрировал фрагментарные знания при ответе на теоретический вопрос билета. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов.</p> <p>При выполнении контрольного задания билета аспирант продемонстрировал частично освоенное умение и применение 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. Обозначить этапы математического моделирования в рамках выполнения научно-исследовательской деятельности.
2. Разработать численный алгоритм математического моделирования в рамках выполнения научно-исследовательской деятельности.

Типовые контрольные задания:

1. Обозначить этапы разработки заданной модели физико-механического процесса или системы. (В качестве модели рассматривается любая

- подходящая из статей в текущем выпуске научного журнала по соответствующе тематике.)*
2. Обоснованно выбрать численный метод и реализовать его для заданной математической модели физико-механического процесса (*В качестве модели рассматривается любая подходящая из статей в текущем выпуске научного журнала по соответствующе тематике.)*)
 3. Разработать модель заданного физико-механического процесса или системы (полет футбольного мяча по воздуху вокруг препятствия, движение карандаша на столе в самолете, хлопок хлыста, игра на бильярде и др.)

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

Программа

Математическое моделирование и управление
физико-механическими процессами

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

Кафедра

Математическое моделирование систем
и процессов

Дисциплина

«Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

БИЛЕТ № 1

1. Моделирование как метод научного познания.
2. Интерполяция и аппроксимация функциональных зависимостей.
3. Разработать модель заданного физико-механического процесса или системы: полет футбольного мяча по воздуху вокруг препятствия.

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		