

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

---

Институт информационных технологий, математики и механики  
(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО  
решением ученого совета ННГУ  
протокол от  
« 30 » \_ноября\_\_\_ 2022 г. № \_13\_

**Рабочая программа дисциплины**

**Высокопроизводительное статистическое моделирование**

---

*(наименование дисциплины (модуля))*

Уровень высшего образования

**магистратура**

---

*(бакалавриат / магистратура / специалитет)*

Направление подготовки / специальность

**02.04.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии**

---

*(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)*

Направленность образовательной программы

**Вероятностное моделирование и анализ данных**

---

*(указывается профиль / магистерская программа / специализация)*

Форма обучения

**очная**

---

*(очная / очно-заочная / заочная)*

Нижний Новгород

2023 год

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина относится к обязательной части

Б1.О.04 Современные проблемы фундаментальной информатики

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
1	Блок 1. Дисциплины (модули) Обязательная часть	Дисциплина Б1.О.4, «Высокопроизводительное статистическое моделирование» относится к обязательной части ООП направления подготовки 02.04.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии».

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	<b>УК-1.1.</b> <i>Знает методы критического анализа проблемных ситуаций.</i>	<i>Знать основные модели параллельных вычислений</i>	<i>Собеседование</i>
	<b>УК-1.2.</b> <i>Умеет вырабатывать стратегию действий при возникновении критических ситуаций.</i>	<i>Уметь проводить анализ трудоемкости параллельных алгоритмов</i>	<i>Задачи</i>
	<b>УК-1.3.</b> <i>Владеет основами системного подхода к анализу проблемных ситуаций.</i>	<i>Уметь разрабатывать и использовать программное обеспечение с использованием параллельных алгоритмов</i>	<i>Задачи</i>
ОПК-1 Способен находить, формулировать и решать	<b>ОПК-1.1.</b> <i>Обладает фундаментальными знаниями в области математических и естественных наук,</i>	<i>Знать способы организации независимых потоков случайных чисел для нужд параллельных вычислений</i>	<i>Собеседование</i>

актуальные проблемы прикладной математики, фундаментальной информатики и информационных технологий	<i>теории коммуникаций.</i>		
	<b>ОПК-1.3.</b> <i>Имеет практический опыт работы с решением математических задач и применяет его в профессиональной деятельности.</i>	<p>Уметь моделировать случайные величины и векторы с заданным законом распределения</p> <p>Уметь разрабатывать имитационные алгоритмы и производить статистический анализ результатов моделирования</p>	<i>Задачи</i>

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	<b>очная форма обучения</b>
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>5 ЗЕТ</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>180</b>
<b>в том числе</b>	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	<b>66</b>
- занятия лекционного типа	<b>32</b>
- занятия семинарского типа	<b>32</b>
- занятия лабораторного типа	<b>0</b>
- текущий контроль (КСР)	<b>2</b>
<b>самостоятельная работа</b>	<b>78</b>
<b>Промежуточная аттестация – экзамен</b>	<b>36</b>

### 3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)			в том числе														
				Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них												Самостоятельная работа обучающегося, часы		
				Занятия лекционного типа			Занятия семинарского типа			Занятия лабораторного типа			Всего					
	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная
Модели параллельных вычислений	16			4			4						8			8		
Методы генерации независимых потоков равномерно распределенных случайных величин	26			6			6						12			14		
Генерация величин с произвольным законом распределения	26			6			6						12			14		
Параллельные вычисления в задаче о вычислении многомерного интеграла методом Монте-Карло	18			4			4						8			10		
Имитационное моделирование стохастических систем.	36			8			8						16			20		
Статистический анализ результатов моделирования	20			4			4						8			12		
Текущий контроль (КСР)	2			0			0						2			0		

Промежуточная аттестация – экзамен	36			0			0						36			0		
<b>Итого</b>	<b>180</b>			32			32						102			78		

Практические занятия (семинарские занятия) организуются, в том числе в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Практическая подготовка предусматривает: выполнение проекта по разработке многопоточного приложения для вычисления многомерного интеграла методом Монте-Карло с использованием собственной реализации генератора псевдослучайных чисел, проверку статистических свойств этого генератора.

На проведение практических занятий (семинарских занятий) в форме практической подготовки отводится 6 часов.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие:

- практических навыков в соответствии с профилем ОП: Создание, анализ и реализация новых компьютерных моделей в современном естествознании, технике, экономике и управлении.
- компетенций - ОПК-1: Способен находить, формулировать и решать актуальные проблемы прикладной математики, фундаментальной информатики и информационных технологий.

Текущий контроль успеваемости реализуется в формах опросов на занятиях семинарского типа.

Промежуточная аттестация проходит в традиционных формах (экзамен)

#### 4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа заключается в чтении литературы из списка основной литературы, решения домашних заданий и подготовке к промежуточной аттестации.

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 6.2.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используется электронный курс «Современные проблемы фундаментальной информатики» (<https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=6165>), созданный в системе электронного обучения ННГУ – <https://e-learning.unn.ru/>.

#### 5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:

##### 5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	Не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала.  Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько незначительных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений . Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения.  Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи . Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными незначительными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>		При решении стандартных	Имеется минимальные	Продemonстрированы	Продemonстрированы	Продemonстрированы	Продemonстрированы

	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	задач не продемонстрированы базовые навыки.  Имели место грубые ошибки.	й набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	базовые навыки  при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	базовые навыки  при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	навыки  при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	творческий подход к решению нестандартных задач
--	--	---	---	---	---	---	---

### Шкала оценивания при собеседовании

Результат ответов	Оценка
Студент дает верные развернутые ответы на вопросы преподавателя	зачтено
Студент отвечает только на часть вопросов, или отвечает с ошибками, или не дает развернутого ответа на вопросы	не зачтено

### Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	Превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
	Отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	Очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	Хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
	Удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»

не зачтено	Неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	Плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

## 5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения.

### 5.2.1 Контрольные вопросы

Вопрос	Код компетенции (согласно РПД)
1. Способы обеспечения параллелизма	УК-1
2. Организация параллельных вычислений с помощью OpenMP и MPI.	УК-1
3. Линейный конгруэнтный генератор и его свойства. Методы векторизации.	ОПК-1
4. Генератор Фибоначчи с запаздыванием и его свойства. Использование векторных вычислений	ОПК-1
5. Явный обратный конгруэнтный генератор, «вихрь Мерсенна», метод перетасовывания	ОПК-1
6. Требования к потокам псевдослучайных чисел и способы их организации	УК-1
7. Методы генерации типовых дискретных распределений	ОПК-1
8. Методы генерации типовых непрерывных распределений	ОПК-1
9. Метод цепи Маркова для генерации случайных векторов	ОПК-1
10. Геометрический метод и метод математического ожидания для вычисления определенного интеграла. Сравнение их эффективности	ОПК-1
11. Способы уменьшения дисперсии при вычислении определенного интеграла методом Монте-Карло	ОПК-1
12. Способы распределения вычислительной работы в задаче о приближенном вычислении определенного интеграла	ОПК-1
13. Метод черного ящика при имитационном моделировании	ОПК-1
14. Метод дискретных событий при имитационном моделировании	ОПК-1
15. Метод кибернетической управляющей системы при имитационном моделировании	ОПК-1
16. Оценка стационарной характеристики по периодам регенерации	ОПК-1
17. Оценка стационарной характеристики с помощью квазистационарного режима	ОПК-1
18. Задача об оценке вероятности редкого события	ОПК-1

### 6.2.3. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции УК-1

**Задача 1.** Напишите программу с использованием технологии OpenMP для приближенного интегрирования функции  $f(x) = x^2 \cdot \sin(x)$  по отрезку  $[0, \pi]$ . Сравните достигаемую точность при одинаковом объеме выборки и разных способах разбиения интегрируемой функции.

### 6.2.3. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ОПК-1



**Задача 1.** Сгенерируйте 100 членов последовательности  $X_n = \{n \sqrt{3}\}$ . Постройте гистограмму и выборочную функцию распределения.

**Задача 2.** Сгенерируйте выборку из 100 значений из биномиального распределения. Постройте частотное распределение и выборочную функцию распределения.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Федоткин М.А. Основы прикладной теории вероятностей и статистики. – М.: Высшая школа, 2006. – 368 с (185 экз.).
2. Соболев И. М. Метод Монте-Карло. – М.: Наука, 1978. – 64 с. (4 экз.)

б) дополнительная литература:

1. В.П. Гергель, К.А. Баркалов, И.Б. Мееров, А.В. Сысоев, и др. Параллельные вычисления. Технологии и численные методы: Учебное пособие в 4 томах. – ТТ 1, 4. – Н. Новгород: Изд-во Нижегородского госуниверситета, 2013. – 1388 С. – ISBN 978-5-91326-203-5 (50 экз)
  - в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины) Сайт с ресурсами и документацией для высокопроизводительных вычислений на основе технологии OpenMP <http://www.openmp.org/>
  - Сайт с ресурсами и документацией для высокопроизводительных вычислений на основе технологии MPI <https://www.mpich.org/>

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: компьютерный класс, проектор, экран.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению 02.04.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии.

Автор д.ф.-м.н., доцент \_\_\_\_\_ Зорин А.В,

Рецензент (ы) \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Зорин А.В,

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики  
от 30.11.2022 года, протокол № 3.