

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт вычислительной математики и математической геофизики  
Сибирского отделения Российской академии наук  
(ИВМиМГ СО РАН)

УТВЕРЖДАЮ

директор ИВМиМГ СО РАН

М.А. Марченко

« 03 » июня 2022 г.



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### Имитационное моделирование

**Научная специальность:**

- 1.1.6. Вычислительная математика (физико-математические)
- 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (физико-математические, технические науки)
- 2.3.5. Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей (технические науки)

**Уровень образования:** подготовка кадров высшей квалификации

Форма обучения: очная

Новосибирск 2022

## АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Имитационное моделирование» реализуется в рамках Блока 2 Дисциплины (модули) по выбору, образовательной программы высшего образования – программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения Российской академии наук» (ИВМиМГ СО РАН) по научным специальностям:

2.3.5. Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей,

1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ;

1.1.6. Вычислительная математика.

Рабочая программа составлена с учетом:

Основным источником материалов для формирования содержания программы являются: материалы конференций, симпозиумов, семинаров, Интернет-ресурсы, научные издания и монографические исследования и публикации.

Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану составляет 3 зач.ед. (108 часов), из них лекционных занятий- 16 семинарских занятий – 14 часов, практических занятий – 8 часов, контроль самостоятельной работы- 4 часов и самостоятельной работы – 66 часов. Дисциплина реализуется на 3-м курсе, в 5 семестре, продолжительность обучения – 1 семестр.

Текущая аттестация проводится в форме экзамена 1 раз в соответствии с заданиями и формами контроля, предусмотренными настоящей программой.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Целью освоения дисциплины** «Имитационное моделирование» является формирование целостного представления о:

- подготовке научных кадров, владеющих современными CASE-технологиями в научных исследованиях;
- моделях и методах описания динамики поведения сложных дискретных и непрерывно-дискретных систем;
- разработке эффективных проблемно-ориентированных средств имитационного моделирования;
- методах проведения имитационных экспериментов и анализа их результатов

**Задачей изучения дисциплины является:** получение профессиональных компетенций в области имитационного моделирования сложных систем и их использование в диссертационном исследовании.

В результате освоения данной дисциплины обучающийся, должен:

- 1) **знать:** модели представления поведения дискретно-событийных и непрерывно-дискретных систем.
- 2) **уметь:** разрабатывать и использовать имитационные модели сложных систем.
- 3) **владеть:** навыками эффективного программирования имитационных моделей на

современных архитектурах вычислительных средств.

## 2. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 2.1 Структура дисциплины

#### Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебных работ

Вид учебной работы	Всего	
	зач.ед.	час.
<b>ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ</b>	<b>3</b>	<b>108</b>
<i>Аудиторные занятия</i>		<b>52</b>
Лекции (Л)		16
Лабораторные занятия (Лаб)		14
Практические занятия (ПЗ)		8
Контроль самостоятельной работы (КСР)		14
<b>Самостоятельная работа (СР):</b>		<b>56</b>
Изучение литературы по темам		24
Подготовка отчетов по темам		22
Подготовка к экзамену		10
<b>Вид промежуточной аттестации:</b>	<b>экзамен</b>	

### 2.2. Содержание разделов дисциплины

#### Общее содержание дисциплины

Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)	Аудиторные часы	Самостоятельная работа
1. Основные понятия имитационного моделирования	Моделирование как метод научного исследования. Типы моделей. Особенности имитационного моделирования. Этапы имитационного моделирования. Подходы к построению моделей сложных систем. Информационные и вычислительные системы как пример сложных систем, цели и задачи их моделирования.	2	2
2. Классические подходы к описанию систем с дискретными событиями (событийный, процессный, транзактный)	Классические подходы к описанию систем с дискретными событиями на примере модели мульти-кластерной ВС в режиме исполнения потока задач и распределённой информационной системы.	6	6

3.Графы событий	Графы событий (ГС). Определение ГС. Нахождение минимального набора переменных состояния, необходимых для однозначного воспроизведения поведения модели. Нахождение пар событий, для которых возможна необходимость установления приоритета. Редукция ГС. Задачи анализа и оптимизации экономических систем, которые удобно решать на моделях, представленных ГС.	6	6
4.DEVS-схемы	DEVS-схемы Зиглера как формальная модель дискретно-событийных и комбинированных систем. Компоненты и мультикомпоненты DEVS, связующие (генерические) компоненты. Композиция и декомпозиция DEVS-моделей.	4	4
5. Агентно-ориентированное моделирование		6	6
6.Проблемы синхронизации событий в модельном времени. Императивное управление и календарь событий	Календарь событий. Простейшая реализация системы управления событиями. Оптимизация работы с календарём: управление одновременными и одноимёнными событиями	6	6
7.Проблемы синхронизации событий в модельном времени. Интеррогативное управление	Реализация интеррогативного подхода к планированию событий в процессно-ориентированных системах ИМ. Оператор WaitUntil: удобство использования в описании моделей и варианты реализации.	6	10
8.Проблемы параллельной реализации имитационных моделей	Параллельные схемы взаимодействия объектов в модельном времени. Консервативные и оптимистические алгоритмы. Реализация откатов по времени.	6	6
9.Современные программные средства имитационного моделирования. AnyLogic, ns3, OptNet++	AnyLogic как пример агентной системы имитационного моделирования, реализующей различные подходы к описанию моделей. OptNet++ и ns3 как примеры специализированных систем моделирования динамики поведения сетей различного назначения.	10	10

### 2.3. Самостоятельная работа аспиранта

№ раздела	Краткое содержание раздела (темы)	Часы на выполнение
-----------	-----------------------------------	--------------------

1	Основные понятия и терминология имитационного моделирования. Понятие имитационного эксперимента. Этапы моделирования	2
<p>Литература: 1. Замятина Е.Б. Современные теории имитационного моделирования: Специальный курс. - Пермь: ПГУ, 2007. - 119 с. (в свободном доступе на <a href="http://window.edu.ru/library/pdf2txt/717/41717/18875/page12">window.edu.ru/library/pdf2txt/717/41717/18875/page12</a>)</p> <p>2. Алиев Т.И. основы моделирования дискретных систем Учебное пособие.- Санкт-Петербург: ИТМО, 2009, 363с. (в свободном доступе на <a href="http://zyurvas.narod.ru/knigi/Aliev.pdf">http://zyurvas.narod.ru/knigi/Aliev.pdf</a>).</p>		
2	Классические подходы к описанию систем с дискретными событиями (событийный, процессный, транзактный)	6
<p>Литература: 1. Замятина Е.Б. Современные теории имитационного моделирования: Специальный курс. - Пермь: ПГУ, 2007. - 119 с. (в свободном доступе на <a href="http://window.edu.ru/library/pdf2txt/717/41717/18875/page12">window.edu.ru/library/pdf2txt/717/41717/18875/page12</a>)</p> <p>2. Алиев Т.И. основы моделирования дискретных систем Учебное пособие.- Санкт-Петербург: ИТМО, 2009, 363с. (в свободном доступе на <a href="http://zyurvas.narod.ru/knigi/Aliev.pdf">http://zyurvas.narod.ru/knigi/Aliev.pdf</a>).</p>		
3	Графы событий	6
<p>Литература: 1. Замятина Е.Б. Современные теории имитационного моделирования: Специальный курс. - Пермь: ПГУ, 2007. - 119 с. (в свободном доступе на <a href="http://window.edu.ru/library/pdf2txt/717/41717/18875/page12">window.edu.ru/library/pdf2txt/717/41717/18875/page12</a>)</p> <p>2. A. Buss. Basic Event Graph Modeling [Электронный ресурс].-Режим доступа: <a href="https://core.ac.uk/download/pdf/36737642.pdf">https://core.ac.uk/download/pdf/36737642.pdf</a></p>		
4	DEVS-схемы	4
<p>Литература: 1. Замятина Е.Б. Современные теории имитационного моделирования: Специальный курс. - Пермь: ПГУ, 2007. - 119 с. (в свободном доступе на <a href="http://window.edu.ru/library/pdf2txt/717/41717/18875/page12">window.edu.ru/library/pdf2txt/717/41717/18875/page12</a>)</p> <p>2. Tag Gon Kim. Hierarchical development of model classes in the DEVS-scheme simulation environment // Expert Systems with Applications, Volume 3, Issue 3, 1991, P. 343-351, ISSN 0957-4174 [Электронный ресурс].-Режим доступа: <a href="https://doi.org/10.1016/0957-4174(91)90057-L">https://doi.org/10.1016/0957-4174(91)90057-L</a>. (<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/095741749190057L">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/095741749190057L</a>)</p>		
5	Агентно-ориентированное моделирование	6
<p>Литература: 1. Замятина Е.Б. Современные теории имитационного моделирования: Специальный курс. - Пермь: ПГУ, 2007. - 119 с. (в свободном доступе на <a href="http://window.edu.ru/library/pdf2txt/717/41717/18875/page12">window.edu.ru/library/pdf2txt/717/41717/18875/page12</a>)</p> <p>2. Алиев Т.И. основы моделирования дискретных систем Учебное пособие.- Санкт-Петербург: ИТМО, 2009, 363с. (в свободном доступе на <a href="http://zyurvas.narod.ru/knigi/Aliev.pdf">http://zyurvas.narod.ru/knigi/Aliev.pdf</a>).</p> <p>3. Куприяшкин, А.Г. Основы моделирования систем. учеб. пособие / А.Г. Куприяшкин; Норильский индустр. ин-т. – Норильск: НИИ, 2015. – 135 с. (доступно на <a href="https://www.anylogic.ru/upload/pdf/osnovi_modelirovania_sistem.pdf">https://www.anylogic.ru/upload/pdf/osnovi_modelirovania_sistem.pdf</a>)</p>		
6	Проблемы синхронизации событий в модельном времени. Императивное управление и календарь событий	6

<p>Литература: 1. Замятина Е.Б. Современные теории имитационного моделирования: Специальный курс. - Пермь: ПГУ, 2007. - 119 с. (в свободном доступе на <a href="http://window.edu.ru/library/pdf2txt/717/41717/18875/page12">window.edu.ru/library/pdf2txt/717/41717/18875/page12</a>)</p> <p>2. Алиев Т.И. основы моделирования дискретных систем Учебное пособие.- Санкт-Петербург: ИТМО, 2009, 363с. (в свободном доступе на <a href="http://zyurvas.narod.ru/knigi/Aliev.pdf">http://zyurvas.narod.ru/knigi/Aliev.pdf</a>).</p>		
7	Проблемы синхронизации событий в модельном времени. Интеррогативное управление	6
<p>Литература: 1. Замятина Е.Б. Современные теории имитационного моделирования: Специальный курс. - Пермь: ПГУ, 2007. - 119 с. (в свободном доступе на <a href="http://window.edu.ru/library/pdf2txt/717/41717/18875/page12">window.edu.ru/library/pdf2txt/717/41717/18875/page12</a>)</p> <p>2. Алиев Т.И. основы моделирования дискретных систем Учебное пособие.- Санкт-Петербург: ИТМО, 2009, 363с. (в свободном доступе на <a href="http://zyurvas.narod.ru/knigi/Aliev.pdf">http://zyurvas.narod.ru/knigi/Aliev.pdf</a>).</p>		
8	Проблемы параллельной реализации имитационных моделей	6
<p>Литература: 1. Замятина Е.Б. Современные теории имитационного моделирования: Специальный курс. - Пермь: ПГУ, 2007. - 119 с. (в свободном доступе на <a href="http://window.edu.ru/library/pdf2txt/717/41717/18875/page12">window.edu.ru/library/pdf2txt/717/41717/18875/page12</a>)</p> <p>2. Алиев Т.И. основы моделирования дискретных систем Учебное пособие.- Санкт-Петербург: ИТМО, 2009, 363с. (в свободном доступе на <a href="http://zyurvas.narod.ru/knigi/Aliev.pdf">http://zyurvas.narod.ru/knigi/Aliev.pdf</a>).</p>		
9	Современные программные средства имитационного моделирования. AnyLogic, ns3, OptNet++	10
<p>Литература: 1. Замятина Е.Б. Современные теории имитационного моделирования: Специальный курс. - Пермь: ПГУ, 2007. - 119 с. (в свободном доступе на <a href="http://window.edu.ru/library/pdf2txt/717/41717/18875/page12">window.edu.ru/library/pdf2txt/717/41717/18875/page12</a>)</p> <p>2. Алиев Т.И. основы моделирования дискретных систем Учебное пособие.- Санкт-Петербург: ИТМО, 2009, 363с. (в свободном доступе на <a href="http://zyurvas.narod.ru/knigi/Aliev.pdf">http://zyurvas.narod.ru/knigi/Aliev.pdf</a>).</p> <p>3. Куприяшкин, А.Г. Основы моделирования систем. учеб. пособие / А.Г. Куприяшкин; Норильский индустр. ин-т. – Норильск: НИИ, 2015. – 135 с. (доступно на <a href="https://www.anylogic.ru/upload/pdf/osnovi_modelirovania_sistem.pdf">https://www.anylogic.ru/upload/pdf/osnovi_modelirovania_sistem.pdf</a>)</p>		

### 3. ТЕКУЩАЯ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Текущая аттестация аспирантов. Текущая аттестация аспирантов проводится в соответствии с локальным актом ИВМиМГ СО РАН – Положением о текущей, промежуточной и итоговой аттестации аспирантов ИВМиМГ СО РАН по программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине проводится в форме опроса, а также оценки вопроса-ответа в рамках участия обучающихся в обсуждениях и различных контрольных мероприятиях по оцениванию фактических результатов обучения, осуществляемых преподавателем дисциплины.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина – активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость занятий;
- степень усвоения теоретических знаний и уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы, проводимых в рамках семинаров и самостоятельной работы.

Оценивание обучающегося на занятиях осуществляется с использованием нормативных оценок по четырех-бальной системе (5 – отлично, 4 – хорошо, 3 – удовлетворительно, 2 –неудовлетворительно).

Промежуточная аттестация аспирантов. Промежуточная аттестация аспирантов по дисциплине проводится в форме экзамена в соответствии с локальным актом ИВМиМГ СО РАН – Положением о текущей, промежуточной и итоговой аттестации аспирантов ИВМиМГ СО РАН по программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре и является обязательной.

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется в форме экзамена в период зачетно-экзаменационной сессии в соответствии с Графиком учебного процесса. Обучающийся допускается к экзамену в случае выполнения всех учебных заданий и мероприятий, предусмотренных настоящей программой. В случае наличия учебной задолженности (пропущенных занятий и/или невыполненных заданий) аспирант обрабатывает пропущенные занятия и выполняет задания.

Оценивание обучающегося на промежуточной аттестации осуществляется с использованием нормативных оценок по четырехбальной системе (5 – отлично, 4 – хорошо, 3 – удовлетворительно, 2 –неудовлетворительно).

#### Оценивание аспиранта на промежуточной аттестации в форме экзамена

Оценка экзамена (нормативная)	Требования к знаниям и критерии выставления оценок
Отлично	Аспирант демонстрирует всестороннее, систематическое и глубокое знание материала, а также умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой; усвоил основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой; в полном объеме усвоил взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии.
Хорошо	Аспирант демонстрирует полное знание учебно-программного материала; успешно выполнил предусмотренные в программе задания; усвоил основную литературу, рекомендованную в программе; показал систематический характер знаний в области методологии научных исследований и способность к самостоятельному пополнению и обновлению знаний.
Удовлетворительно	Аспирант демонстрирует знания основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для предстоящей работы; в целом справился с выполнением заданий, предусмотренных программой; знаком с основной литературой, рекомендованной программой. При этом, хотя аспирант допускает погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, у него есть необходимые знания для их устранения под руководством преподавателя.
Неудовлетворительно	Аспирант при ответе обнаруживает существенные пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допускает

	принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий.
--	--

**Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

Форма контроля знаний	Вид аттестации	Примечание
Опрос, Дискуссия	Текущая	Подготовка и ответ на семинарском занятии по заданным вопросам Обсуждение проблематики предмета
Домашнее задание: проверочные работы	Текущая	<b>Домашнее задание:</b> подготовка тезисов прошедшего занятия в виде «опорный вопрос – краткий ответ» <b>Контрольная работа:</b> изложение пройденного материала в краткой форме
Экзамен	Промежуточная	<b>Вопросы к экзамену</b>

**Промежуточный контроль. Примерные вопросы к экзамену**

1. Понятие моделирования. Классификация моделей.
2. Роль моделирования в проектировании ВС. Особенности имитационных моделей.
3. Основные методы генерации псевдослучайных величин. Базовый датчик.
4. Основные этапы имитационного моделирования.
5. Основные методы генерации псевдослучайных величин. Генерация дискретной случайной величины с заданными вероятностями значений
6. Основные методы генерации псевдослучайных величин. Метод отбраковки.
7. Основные методы генерации псевдослучайных величин. Выборки с возвращением и без.
8. Процессно-ориентированный подход к моделированию. Операторы управления событиями в процессно-ориентированных системах.
9. DEVS-схемы. Концепция представления иерархических моделей.
10. Объектно-ориентированное моделирование. Взаимодействие объектов. Способы реализации.
11. Агентно-ориентированное моделирование. Достоинства подхода и проблемы реализации.
12. Комбинированное (непрерывно-дискретное) моделирование. Основные проблемы реализации.
13. Генерация псевдослучайных структурированных объектов. Генерация случайного дерева
14. Моделирование случайных процессов с заданными маргинальным распределением и автокорреляционной функцией. Генерация рандомизированной цепи Маркова.
15. Генерация псевдослучайных структурированных объектов. Генерация случайной битовой строки с заданной вероятностью единицы в разряде
16. Генерация псевдослучайных структурированных объектов. Генерация случайного связного графа.
17. Программная реализация систем дискретного имитационного моделирования. Структура управляющего списка и организация передачи управления между программами обработки событий
18. Графы событий. Достижимость событий. Редукция графа событий

19. Графы событий. Определение минимально необходимого набора переменных, однозначно определяющих поведение модели
20. Задачи планирования имитационного эксперимента. Необходимый объём выборки.
21. Проблемы параллельной реализации имитационных моделей. Консервативный и оптимистический подходы.
22. Система имитационного моделирования AnyLogic. Подходы и средства описания моделей.
23. Система имитационного моделирования ns3. Подходы и средства описания моделей.
24. Система имитационного моделирования OptNet++. Подходы и средства описания моделей.

Примеры задач на описание моделей (графы событий, системы взаимодействующих процессов, агрегированные системы).

1. Один прибор, очередь ограниченной длины со сбросом (если достигнута длина  $N$ , то сбрасываются последние  $N-M$  заявок,  $M < N$ ). Цель моделирования – определение доли обслуженных заявок

2. Два прибора. Все заявки идут на первый прибор, затем либо с вероятностью  $p$  идут на повторное обслуживание на этом же приборе, либо с вероятностью  $1-p$  — на второй. После двух обслуживаний заявка покидает систему. Цель моделирования — определение средних длин очередей

3. Два прибора. Каждая заявка обслуживается на обоих, порядок обслуживания определяется выбором первого по порядку обслуживания прибора по признаку более короткой очереди. В случае равных длин — случайный выбор. Цель моделирования — определение коэффициентов загрузки приборов

4. Один прибор. Каждая заявка обслуживается ровно два раза. Цель моделирования — определение средней длины очереди

5. Два прибора. На первом приборе обслуживаются только требования, поступившие в пустую очередь. Если очередь больше 0, то все требования обслуживаются вторым прибором. Цель моделирования — определение доли требований, обслуженных первым прибором

#### 4. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы аспирантов по дисциплине (модулю).

Необходимые дополнительные материалы по дисциплине, не представленные в литературе из основного и дополнительного списка, можно найти в Российской электронной научной библиотеке (<http://elibrary.ru>) и электронной библиотеке IEEE (<http://ieeexplore.ieee.org>), а также в материалах конференций INASE (<http://www.inase.org/library/>).

#### Основная литература:

[1]. Замятина Е.Б. Современные теории имитационного моделирования: Специальный курс. - Пермь: ПГУ, 2007. - 119 с. (в свободном доступе на [window.edu.ru/library/pdf2txt/717/41717/18875/page12](http://window.edu.ru/library/pdf2txt/717/41717/18875/page12))

[2]. Алиев Т.И. основы моделирования дискретных систем Учебное пособие.- Санкт-Петербург: ИТМО, 2009, 363с. (в свободном доступе на <http://zyurvas.narod.ru/knigi/Aliev.pdf>).

[3]. Кнут Д. Искусство программирования. Том 2. Получисленные алгоритмы. 3-е издание. М.: Вильямс, 2011, 832 с. (можно пользоваться идентичными текстами изданий 1 и 2).

[4]. Куприяшкин, А.Г. Основы моделирования систем. учеб. пособие / А.Г. Куприяшкин; Норильский индустр. ин-т. – Норильск: НИИ, 2015. – 135 с. (доступно на [https://www.anylogic.ru/upload/pdf/osnovi\\_modelirovania\\_sistem.pdf](https://www.anylogic.ru/upload/pdf/osnovi_modelirovania_sistem.pdf))

#### **Дополнительная литература:**

[1]. Замятина О. М. К34 Компьютерное моделирование: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – 121 с. (в свободном доступе на [window.edu.ru/resource/827/74827/files/Zamyatina\\_Simulation.pdf](http://window.edu.ru/resource/827/74827/files/Zamyatina_Simulation.pdf)).

[2]. Васильев К.К., Служивый М.Н. Математическое моделирование систем связи : учебное пособие – 2-изд., перераб. и доп. – Ульяновск : УлГТУ, 2010. – 170 с. (в свободном доступе на <http://venec.ulstu.ru/lib/disk/2012/Vasiljev.pdf>).

### **5. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

При чтении лекций и проведении семинаров используется современное мультимедийное оборудование, необходим доступ к интернету. Перечень необходимого программного обеспечения. Для проведения лекций достаточно иметь MS Office и Acrobat Reader, для проведения семинаров также необходимы демонстрационные (как минимум) версии AnyLogic и Simulink. Перечень необходимых информационных справочных систем. Кроме указанных выше, используются порталы Высшей аттестационной комиссии ([vak.ed.gov.ru](http://vak.ed.gov.ru)), Новосибирского госуниверситета ([nsu.ru](http://nsu.ru)) и сайт [aspirantura.ru](http://aspirantura.ru). Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю). Для лекций необходим класс, оснащённый мультимедийным проектором, для семинаров – компьютерный класс.

### **6. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для обеспечения реализации дисциплины используются стандартный комплект программного обеспечения (ПО) Windows, MS Office, а также Acrobat Reader.

### **7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

В ходе реализации учебного процесса по дисциплине проводятся лекционные занятия (в контактной форме и в on-line режиме). Материалы лекционного курса увязываются с передовыми исследованиями везде, где это допускается уровнем знаний и подготовки аспирантов. Специально указываются темы, активно обсуждающиеся в текущей научной литературе. По темам, рассматриваемым на лекции и изучаемым самостоятельно, проводятся семинары, обсуждение в виде дискуссии, проводятся консультации.

Рабочая программа утверждена на заседании Ученого совета ИВМиМГ СО РАН

03.06 2022 г., протокол № 10

Председатель Ученого совета \_\_\_\_\_



М.А. Марченко

**Исполнитель:** Родионов Алексей Сергеевич, доктор технических наук, профессор кафедры вычислительных систем СибГУТИ.

Согласовано:

Зам. директора по научной работе \_\_\_\_\_



А.В. Пененко