

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

---

УТВЕРЖДЕНО  
решением Ученого совета ННГУ  
протокол № 10 от 27.08.2025 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Архитектура вычислительных систем

---

Уровень высшего образования  
Бакалавриат

---

Направление подготовки / специальность  
01.03.02 - Прикладная математика и информатика

---

Направленность образовательной программы  
Математическое моделирование и искусственный интеллект

---

Форма обучения  
очная

---

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.12 Архитектура вычислительных систем относится к обязательной части образовательной программы.

## 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	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-Опер_1: Осуществляет управление архитектурой изолированной (неинтегрированной) программной системы	<p>ПК-Опер_1.1: Выявляет и согласовывает требования к программной системе с точки зрения архитектуры</p> <p>ПК-Опер_1.2: Осуществляет выбор и моделирование архитектурного решения для реализации программной системы</p> <p>ПК-Опер_1.3: Разрабатывает разделы по архитектуре проектных и эксплуатационных документов программной системы</p> <p>ПК-Опер_1.4: Контролирует реализацию и испытания программной системы с точки зрения архитектуры</p> <p>ПК-Опер_1.5: Осуществляет сопровождение эксплуатации программной системы с точки зрения архитектуры</p>	<p>ПК-Опер_1.1:</p> <p>ПК-ОПЕР_1.2. У-1. Способен выбрать оптимальное архитектурное решение с учетом особенностей программной системы и принципов её организации</p> <p>ПК-ОПЕР_1.2. У-2. Способен определить архитектуру системы, ее, бизнес-процессов, структуру данных и отдельных компонентов программной системы и методы их интеграции</p> <p>ПК-ОПЕР_1.2. У-3. Способен определить перечень элементов архитектуры, которые должны быть защищены от угроз безопасности информации, связанных с нарушением конфиденциальности, целостности и доступности</p> <p>ПК-ОПЕР_1.2. У-4. Способен моделировать архитектурное решение для изолированной программной системы.</p> <p>ПК-ОПЕР_1.2. У-5. Умеет проектировать бизнес-архитектуру программных систем с применением лучших практик, шаблонов и стилей архитектурного проектирования</p> <p>ПК-Опер_1.2:</p>	Задачи Контрольная работа	Зачёт: Контрольные вопросы

		<p>ПК-ОПЕР_1.2. У-1. Способен выбрать оптимальное архитектурное решение с учетом особенностей программной системы и принципов её организации.</p> <p>ПК-ОПЕР_1.2. У-2. Способен определить архитектуру системы, ее, бизнес-процессов, структуру данных и отдельных компонентов программной системы и методы их интеграции.</p> <p>ПК-ОПЕР_1.2. У-3. Способен определить перечень элементов архитектуры, которые должны быть защищены от угроз безопасности информации, связанных с нарушением конфиденциальности, целостности и доступности.</p> <p>ПК-ОПЕР_1.2. У-4. Способен моделировать архитектурное решение для изолированной программной системы.</p> <p>ПК-ОПЕР_1.2. У-5. Умеет проектировать бизнес-архитектуру программных систем с применением лучших практик, шаблонов и стилей архитектурного проектирования.</p> <p>ПК-ОПЕР_1.2. У-6. Умеет проектировать архитектуру интегрированной программной системы с учетом устойчивости к воздействиям внутреннего и внешнего нарушителя (хакер, неосторожный пользователь, программист, поставщик компонентов) на любую из подсистем и с использованием методов и шаблонов конструктивной (встроенной) безопасности.</p> <p>ПК-ОПЕР_1.2. З-1. Знает методы моделирования архитектуры программных систем и критерии сравнения архитектурных решений.</p> <p>ПК-ОПЕР_1.2. З-2. Знает протоколы взаимодействия</p>		
--	--	--	--	--

		<p>программных систем.</p> <p>ПК-ОПЕР_1.2. 3-3. Знает нормативные правовые акты, организационно-распорядительные документы и методические рекомендации, определяющие требования к безопасности программного обеспечения.</p> <p>ПК-ОПЕР_1.2. 3-4. Знает методики определения актуальных угроз безопасности персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных</p> <p>ПК-ОПЕР_1.2. 3-5. Знает лучшие практики и шаблоны создания конструктивно-безопасных интегрированных информационных систем.</p> <p>ПК-ОПЕР_1.2. 3-1. Знает методы моделирования архитектуры программных систем и критерии сравнения архитектурных решений.</p> <p>ПК-ОПЕР_1.2. 3-2. Знает протоколы взаимодействия программных систем.</p> <p>ПК-ОПЕР_1.2. 3-3. Знает нормативные правовые акты, организационно-распорядительные документы и методические рекомендации, определяющие требования к безопасности программного обеспечения.</p> <p>ПК-ОПЕР_1.2. 3-4. Знает методики определения актуальных угроз безопасности персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных.</p> <p>ПК-Опер_1.3:</p> <p>ПК-ОПЕР_1.3. У-1. Способен описывать технические и организационные меры, обеспечивающие сохранение и восстановление программного обеспечения.</p> <p>ПК-ОПЕР_1.3. У-2. Умеет проектировать и</p>		
--	--	--	--	--

		<p>моделировать архитектурные элементы программных систем и их взаимосвязи.</p> <p>ПК-ОПЕР_1.3. У-3. Умеет формировать технические и организационные меры для защиты программной системы от несанкционированного доступа к элементам конфигурации.</p> <p>ПК-ОПЕР_1.3. З-1. Знает методы моделирования и технического описания архитектуры программных систем</p> <p>ПК-ОПЕР_1.3. З-2. Знает нормативные правовые акты, организационно-распорядительные документы и методические рекомендации, определяющие требования к безопасности программного обеспечения.</p> <p>ПК-Опер_1.4:</p> <p>ПК-ОПЕР_1.4. У-1. Способен проверять соответствие реализации программной системы выбранному архитектурному решению.</p> <p>ПК-ОПЕР_1.4. У-2. Способен проверять результаты испытаний программной системы на соответствие архитектуре и архитектурным решениям.</p> <p>ПК-ОПЕР_1.4. У-3. Умеет проверять характеристики реализованной программной системы на соответствие архитектурным требованиям.</p> <p>ПК-ОПЕР_1.4. З-1. Знает способы определения характеристик работающей программной системы.</p> <p>ПК-ОПЕР_1.4. З-2. Знает методы параметризации архитектуры программных систем.</p> <p>ПК-ОПЕР_1.4. З-3. Знает основы процесса управления изменениями программных систем.</p>		
--	--	--	--	--

		<p>ПК-Опер_1.5:  ПК-ОПЕР_1.5. У-1. Способен проверять запросы на изменения программной системы на реализуемость с точки зрения архитектуры программной системы.  ПК-ОПЕР_1.5. У-2. Способен согласовывать запросы на изменения программной системы с точки зрения архитектуры.  ПК-ОПЕР_1.5. У-3. Умеет взаимодействовать с авторами запросов на изменения программной системы для уточнения содержания запросов.  ПК-ОПЕР_1.5. У-4. Умеет выявлять несоответствия и изменять запросы на изменения программной системы для обеспечения их соответствия выбранной архитектуре  ПК-ОПЕР_1.5. З-1. Знает основы процесса управления изменениями программных систем.  ПК-ОПЕР_1.5. З-2. Знает методы обеспечения устойчивости функционирования программной системы.</p>		
--	--	---	--	--

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	<b>очная</b>
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>2</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>72</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	16
- КСР	1
самостоятельная работа	23
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>0</b>

### 3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование 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 (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	
1. Основные понятия и определения.	5	2	2	4	1
2. Архитектура системы команд	12	4	4	8	4
3. Однопортовый упорядоченный конвейер команд.	12	6	2	8	4
4. Параллелизм уровня инструкций (ILP).	10	4	2	6	4
5. Динамическое планирование	8	4	2	6	2
6. Дополнительные свойства ЦП	4	2	0	2	2
7. Динамическое предсказание ветвлений.	8	4	2	6	2
8. Архитектура памяти.	8	4	2	6	2
9. Архитектура системы ввода-вывода	4	2	0	2	2
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	72	32	16	49	23

### Содержание разделов и тем дисциплины

Цели и задачи изучения дисциплины.

Целями освоения дисциплины «Архитектура вычислительных систем» являются:

1. Ознакомление с организацией структуры и функционированием вычислительных машин и систем;
2. Ознакомление с традиционными и перспективными решениями в области компьютерной техники;
3. Привитие навыков работы в команде;
4. Развитие способностей к самоорганизации и самообразованию.

Задачами освоения дисциплины «Архитектура вычислительных систем» являются:

- формирование знаний о принципах построения и функционирования современных вычислительных систем, их архитектурных особенностях и технических характеристиках;
- изучение структуры и организации аппаратных средств вычислительной техники, принципов взаимодействия основных устройств вычислительных систем;

- изучение принципов организации процессора, памяти, систем ввода-вывода;
- формирование компетенций в области использования, настройки и выбора архитектурных решений вычислительных систем.

#### 1. Основные понятия и определения.

Уровни абстракции электронной вычислительной системы. Фон-Неймановская модель компьютера. Этапы обработки инструкций в ЦП. Микрооперации. Метрики производительности и их применимость. Типы бенчмарков. Целевая нагрузка, тесты SPEC, тестовые ядра, микробенчмарки. Уравнение производительности ЦП.

#### 2. Архитектура системы команд.

Программируемые места хранения. Режимы адресации. Типы инструкций. Кодирование инструкций. CISC и RISC. Архитектура системы команд Risc-V.

#### 3. Однопортовый упорядоченный конвейер команд.

Принцип конвейерной обработки инструкций. Пример конвейера. Производительность CPU с конвейером. Структурные конфликты. Конфликты данных, их классификация. Пересылка данных (Forwarding). Статическое планирование инструкций. Конфликты управления. Статические методы обработки условных переходов. Статическое предсказание переходов. Расширение конвейера для обработки вещественных операций.

#### 4. Параллелизм уровня инструкций (ILP).

Базовый блок инструкций. Статическая оптимизация с разворачиванием циклов. Зависимости между инструкциями по данным, по именам, по управлению. Граф зависимостей. Параллелизм уровня цикла (LLP).

#### 5. Динамическое планирование.

Принципы реализации динамического планирования. Использование табло, его структура и контролируемые параметры. Алгоритм Томасуло, особенности конвейера, его использующего. Примеры выполнения программ при использовании алгоритмов Табло и Томасуло.

#### 6. Дополнительные свойства ЦП.

Суперскалярность. Динамическое планирование при суперскалярности. Длинное машинное слово (VLIW). Векторные расширения.

#### 7. Динамическое предсказание ветвлений.

Буфер целей переходов. Буфер предсказания ветвлений. Алгоритм Смита. Двухуровневый механизм динамического предсказания ветвлений с учетом корреляции. Схема MCFarling'a gshare. Гибридные предсказатели.

#### 8. Архитектура памяти.

Уровни иерархии памяти. Кеширование. Принцип локальности. Кэш прямого отображения. Проецирующая функция. Наборно-ассоциативный кэш. Полностью ассоциативный кэш. Политика замещения в кэше. Уменьшение кэш-промахов. Стратегии записи в кэш. Обеспечение когерентности кэш памяти в многопроцессорных системах.

#### 9. Архитектура системы ввода-вывода.

Отображение устройств ввода-вывода в память. Последовательный ввод-вывод. Исключения и прерывания. Обработка исключений. Точные исключения.

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

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:

Электронные курсы, созданные в системе электронного обучения ННГУ:

Архитектура и организация ЭВМ, <https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=2435>.

Открытые онлайн-курсы MOOC:

Архитектура и организация ЭВМ, <https://e-learning.unn.ru/login/index.php>.

Иные учебно-методические материалы:

– А.В. Кудин, А.В. Линёв. Архитектура и операционные системы параллельных вычислительных систем. Нижний Новгород, 2007. <http://www.unn.ru/books/resources.html>

– С.Бастраков, В.Гергель, А.Горшков, Е.Козин, А.Линев, И.Мееров, А.Сиднев, А.Сысоев. Введение в принципы функционирования и применения современных мультиядерных архитектур (на примере Intel Xeon Phi).

<http://www.intuit.ru/studies/courses/10611/1095/info>

– В.Гуров, В.Чуканов. Архитектура и организация ЭВМ.

<http://www.intuit.ru/studies/courses/60/60/info>

– В.Гуров. Архитектура микропроцессоров. <http://www.intuit.ru/studies/courses/604/460/info>

– Д.Северов. Архитектура вычислительных систем и язык ассемблера.

<http://www.intuit.ru/studies/courses/535/391/info>

## **5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**

### **5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:**

#### **5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-Опер\_1:**

Задание 1. Напишите на С и псевдоассемблере код, решающий следующую задачу. Из двух данных чисел выбрать наименьшее.

Задание 2. Напишите на С и псевдоассемблере код, решающий следующую задачу. Найти максимальное значение в массиве.

#### **Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)**

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Выполнены все или большая часть этапов решения задачи или задача решена с незначительными недочетами. Результаты работы представлены преподавателю в срок.
не зачтено	Выполнены не все практические задания или выполнены не в полном объеме (представлено не полное описание этапов выполнения заданий, получен неверный ответ, результаты работы не представлены преподавателю).

### 5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольная работа) для оценки сформированности компетенции ПК-Опер\_1:

Задание 1.

Фон-Неймановская модель компьютера.

Задание 2.

Принципы реализации динамического планирования.

Задание 3.

Этапы обработки инструкций в ЦП.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольная работа)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Студент получил верный ответ во всех заданиях. При этом студент продемонстрировал знание дополнительного материала.
отлично	Студент получил верный ответ во всех заданиях. При этом студент продемонстрировал знание дополнительного материала.
очень хорошо	Студент получил верный ответ в большинстве заданий.
хорошо	Студент решил большую часть задач с незначительными недочетами.
удовлетворительно	Студент решил большую часть задач с существенными недочетами.
неудовлетворительно	Студент допускает грубые ошибки в решении стандартных задач.
плохо	Отсутствие знаний материала, отсутствует способность решения стандартных задач.

### 5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

#### Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено			зачтено			

<b>ения</b>							
<b>компет</b>							
<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 несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	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	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

### Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
<b>зачтено</b>	<b>превосходно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	<b>отлично</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	<b>очень хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	<b>хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».

	<b>удовлетворительно</b>	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»
<b>не зачтено</b>	<b>неудовлетворительно</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	<b>плохо</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

### **5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:**

#### **5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-Опер\_1**

1. Фон-Неймановская модель компьютера.
2. Этапы обработки инструкций в ЦП.
3. Уравнение производительности ЦП.
4. Метрики производительности.
5. Классификация архитектур систем команд по типу программируемых мест хранения.
6. Режимы адресации ЦП.
7. Кодирование инструкций.
8. CISC и RISC.
9. Принцип конвейерной обработки инструкций.
10. Структурные конфликты в конвейере ЦП.

#### **Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)**

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Студент ответил на большую часть вопросов возможно с незначительными недочетами
не зачтено	При ответе студент допускает грубые ошибки в основном материале и решении стандартных задач.

### **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

Основная литература:

1. Максимов Николай Вениаминович. Архитектура ЭВМ и вычислительных систем : учеб. для студентов учреждений сред. проф. образования, обучающихся по группе специальностей "Информатика и вычисл. техника". - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Форум, 2010. - 512 с. : ил. -

(Профессиональное образование). - На обл. и корешке кн. загл.: Архитектура ЭВМ и вычислительные системы. - ISBN 978-5-91134-374-3 : 169.95., 14 экз.

Дополнительная литература:

1. Паттерсон Дэвид. Архитектура компьютера и проектирование компьютерных систем = Computer Organization and Design. - 4-е изд. - СПб. : Питер, 2012. - 784 с. : ил. - (Классика Computer Science). - ISBN 978-5-459-00291-1 : 500.00., 1 экз.
2. Архитектура микропроцессоров / Гуров В.В. - Москва : ИНТУИТ, 2016., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=662831&idb=0>.
3. Кудин А. В. Архитектура и операционные системы параллельных вычислительных систем : учебно-методические материалы по программе повышения квалификации "Информационные технологии и компьютерное моделирование в прикладной математике" : учебно-методическое пособие / А. В. Кудин, А. В. Линева ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского, Образовательно-научный центр "Информационно-телекоммуникационные системы: физические основы и математическое обеспечение". - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2007. - 73 с. - Текст : электронный., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=825118&idb=0>.
4. Введение в принципы функционирования и применения современных мультиядерных архитектур (на примере Intel Xeon Phi) / Гергель В.П., Мееров И.Б., Бахраков С.И., Горшков А.В., Козин Е.А., Линева А.В., Сиднев А.А., Сысоев А.В. - Москва : ИНТУИТ, 2016., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=662900&idb=0>.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

1. Операционные системы семейства Microsoft Windows, лицензия по подписке Microsoft Imagine.
2. Браузер Google Chrome, предоставляется бесплатно на условиях лицензионных соглашений на программное обеспечение с открытым исходным кодом.
3. Среда разработки семейства Microsoft Visual Studio <https://visualstudio.microsoft.com/ru/>

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами.

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 подготовки/специальности 01.03.02 - Прикладная математика и информатика.

Автор(ы): Линева Алексей Владимирович

Карпенко Сергей Николаевич, кандидат технических наук.

Заведующий кафедрой: Мееров Иосиф Борисович, кандидат технических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 25.06.2025, протокол № Протокол №11.