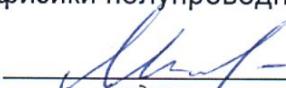


МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

И.о. заведующая кафедрой  
физики полупроводников и микроэлектроники

  
подпись

(Меньшикова Т.Г.)  
расшифровка подписи

05.06.2025

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.ДВ.02.01 Микроконтроллеры в системах управления**

**1. Код и наименование направления подготовки/специальности:**  
03.04.03 Радиофизика

**2. Профиль подготовки:** Микроэлектроника и полупроводниковые приборы

**3. Квалификация (степень) выпускника:** магистр

**4. Форма образования:** очная

**5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** физики полупроводников и микроэлектроники

**6. Составители программы:** Богатиков Евгений Васильевич,  
кандидат физико-математических наук, доцент

**7. Рекомендована:** НМС физического факультета протокол №6 от 04.06.2025

**8. Учебный год:** 2025-2026      **Семestr:** 2

**9. Цели и задачи учебной дисциплины:** целью освоения учебной дисциплины является формирование специальных знаний об архитектуре и приемах программирования микроконтроллеров для разработки встроенных систем.

Задачи учебной дисциплины:

- изучение архитектуры современных семейств микроконтроллеров и принципов выбора модели микроконтроллера, соответствующей решаемой задаче;
- изучение программных средств для разработки встраиваемых систем на базе микроконтроллеров;
- изучение основ программирования микроконтроллеров с применением операционных систем реального времени.

**10. Место учебной дисциплины в структуре ОПОП:** дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений (вариативная) блока Б1, дисциплины по выбору.

**11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:**

Компетенции		Индикаторы		Планируемые результаты обучения
Код	Наименование компетенции	Код(ы)	Наименование индикатора(ов)	
ПК-1	Способен принимать участие в разработке и научных исследованиях систем связи и телекоммуникаций	ПК-1.3	Проводит анализ известных технических решений отдельных блоков систем связи, телекоммуникаций и радионавигации	<p><i>Владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- средствами моделирования схем, имеющих в своем составе микроконтроллеры;</li> </ul>
		ПК-1.4	Планирует и проводит лабораторное или компьютерное экспериментальное исследование отдельных блоков систем связи, телекоммуникаций и радионавигации	<p><i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- инструменты разработки программного обеспечения для встраиваемых систем (среды разработки, компиляторы, библиотеки, ОСРВ)</li> </ul> <p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- обоснованно выбирать инструменты разработки встраиваемых систем.</li> </ul> <p><i>Владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- средствами разработки программного обеспечения для микроконтроллеров;</li> <li>- навыками применения операционных систем реального времени для разработки встраиваемых систем.</li> </ul>

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/часах — 3 / 108.**

Форма промежуточной аттестации – зачет.

**13. Виды учебной работы:**

Вид учебной работы	Трудоемкость (часы)	
	Всего	По семестрам
		2 сем.
Аудиторные занятия,	24	24
в том числе:	лекции	12
	лабораторные работы	12
Самостоятельная работа	84	84

### 13.1. Содержание дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
<b>Лекции</b>		
1.1	Введение в архитектуру микроконтроллеров семейства ARM Cortex M3	Структурная блок-схема микроконтроллеров серии 1986ВЕ9х. Общая организация памяти. Порты ввода-вывода: регистры конфигурирования портов ввода-вывода, схемотехническая реализация режимов push-pull и open drain, назначение подтягивающих резисторов, аппаратное устранение дребезга контактов с применением встроенно-го триггера Шмитта, настройка быстродействия порта. Формирование тактовой частоты: встроенный RC-генератор, внешние генераторы HSE и LSE, встроенный блок умножения системной тактовой частоты. Системный таймер SysTick. Таймеры общего назначения. Структурная схема контроллера АЦП. Регистры конфигурирования АЦП. Модуль порта синхронной последовательной связи.
1.2	Программные среды для работы с микроконтроллерами	Обзор возможностей Keil uVision. Создание нового проекта. Выбор микроконтроллера. Выбор дополнительных программных компонентов. Настройка параметров микроконтроллера. Настройка компиляции и отладки. Настройка загрузки программы в память микроконтроллера. Средства моделирования схем с микроконтроллерами в Multisim и Proteus.
1.3	Программирование микроконтроллеров ARM средствами библиотек CMSIS и SPL/HAL	Назначение и область применения CMSIS. Соглашение о типах данных и именах идентификаторов в CMSIS. Компоненты библиотеки CMSIS: API для ядра Cortex-M и периферии (CMSIS-Core), общие интерфейсы периферийных драйверов (CMSIS-Driver), функции обработки сигналов (CMSIS-DSP), библиотека для реализации нейронных сетей (CMSIS-NN), отладочный модуль (CMSIS-DAP), общий API для систем реального времени (CMSIS-RTOS). Назначение и область применения библиотек SPL и HAL.
1.4	Введение в операционные системы реального времени	Назначение ОСРВ в микроконтроллерах. Базовые понятия: квант времени, задачи, состояния задач, приоритеты выполнения задач, планировщик задач, обмен данными между задачами, очереди, бинарные и счетные семафоры, мьютексы, критические секции, таймеры, вытесняющая и кооперативная многозадачность, работа с прерываниями.
1.5	Программирование микроконтроллеров ARM средствами FreeRTOS	Соглашение о типах данных и именах идентификаторов в FreeRTOS. API-функции для работы с задачами: создание задачи, передача параметров в задачу при создании, контроль времени выполнения, реализация задержек, динамическое изменение приоритета, уничтожение задач. API-функции для работы с очередями: создание очереди, запись элемента в очередь, отслеживание состояния очереди, использование очередей в обработчиках прерываний. API-функции для работы с семафорами: создание двоичного семафора, захват семафора, выдача семафора из обработчика прерывания, создание счетного семафора, работа с мьютексами, рекурсивные мьютексы, инверсия приоритетов и взаимная блокировка при использовании мьютексов, задачи-сторожа. Реализация программных

		таймеров.
<b>Лабораторные работы</b>		
2.1	Введение в архитектуру микроконтроллеров семейства ARM Cortex M3	
2.2	Программные среды для работы с микроконтроллерами	Лабораторная работа №1. Настройка среды программирования
2.3	Программирование микроконтроллеров ARM средствами библиотек CMSIS и SPL	Лабораторная работа №2. Конфигурирование портов ввода-вывода средствами CMSIS Лабораторная работа №3. Конфигурирование работы таймера средствами CMSIS Лабораторная работа №4. Использование библиотеки SPL при работе с портами ввода-вывода
2.4	Введение в операционные системы реального времени	
2.5	Программирование микроконтроллеров ARM средствами FreeRTOS	Лабораторная работа №5. Использование FreeRTOS для параллельного управления несколькими портами ввода-вывода Лабораторная работа № 6. Управление АЦП микроконтроллера средствами FreeRTOS

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)			
		Лекции	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Введение в архитектуру микроконтроллеров семейства ARM Cortex M3	4	-	20	24
2	Программные среды для работы с микроконтроллерами	2	2	16	20
3	Программирование микроконтроллеров ARM средствами библиотек CMSIS и SPL	2	6	16	24
4	Введение в операционные системы реального времени	2	-	16	18
5	Программирование микроконтроллеров ARM средствами FreeRTOS	2	4	16	22
Итого:		12	12	84	108
Итого по курсу					108

### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины:

Изучение дисциплины «Микроконтроллеры в системах управления» предусматривает осуществление учебной деятельности состоящей из двух частей: обучения студентов преподавателем и самостоятельной учебной деятельности студентов по изучению дисциплины.

Метод преподавания – проблемный, форма обучения – групповая, форма общения – интерактивная. Обязательное посещение лабораторных занятий и текущих аттестаций.

Подготовка к лекциям является одним из видов самостоятельной работы студентов. Студентам, чтобы хорошо овладеть учебным материалом, необходимо вырабо-

тать навыки правильной и планомерной работы. Перед началом лекционных занятий надо просмотреть все, что было сделано в предыдущий раз. Это позволит сосредоточить внимание и восстановить в памяти уже имеющиеся знания по данному предмету. Кроме того, такой метод поможет лучше запомнить как старое, так и новое, углубит понимание того и другого, так как при этом устанавливаются связи нового со старым, что является не только обязательным, но и основным условием глубокого овладения материалом. Чем детальнее изучаемое ассоциируется с известным ранее, тем прочнее сохраняется в памяти и быстрее вспомнится, когда требуется.

Следует помнить, что через лекцию передается не только систематизированный теоретический материал, но и постигается методика научного исследования и умение самостоятельно работать, анализировать различного рода явления.

Записывать на лекции необходимо главное, не стремясь зафиксировать все слово в слово. Выбрать же главное без понимания предмета невозможно. Наличие собственного конспекта лекций позволяет еще раз ознакомиться, продумать, разобраться в новом материале, так как недостаточно хорошо понятые во время лекции положения могут быть восстановлены в памяти, сопоставлены с другими, додуманы, дополнены, уяснены и расширены с помощью учебной литературы. Записи являются пособиями для повторения, дают возможность охватить содержание лекции и всего курса в целом.

При этом хорошо овладеть содержанием лекции – это:

- знать тему;
  - понимать значение и важность ее в данном курсе;
  - четко представлять план;
  - уметь выделить основное, главное;
  - усвоить значение примеров и иллюстраций;
  - связать вновь полученные сведения о предмете или явлении с уже имеющимися;
  - представлять возможность и необходимость применения полученных сведений.
- Существует несколько общих правил работы на лекции:
- лекции по каждому предмету записывать удобнее в отдельных тетрадях, оставляя широкие поля для пометок;
  - к прослушиванию лекций следует готовиться, что позволит в процессе лекции отделить главное от второстепенного;
  - лекции необходимо записывать с самого начала, так как оно часто бывает ключом ко всей теме;
  - так как дословно записать лекцию невозможно, то необходимо в конспекте отражать: формулы, определения, схемы, трудные места, мысли, примеры, факты и положения от которых зависит понимание главного, новое и незнакомое, неопубликованные данные, материал отсутствующий в учебниках и т.п.;
  - записывать надо скжато;
  - во время лекции важно непрерывно сохранять рабочую установку, умственную активность.

Самостоятельная работа студентов наряду с аудиторной представляет одну из форм учебного процесса и является существенной ее частью. Самостоятельная работа предназначена для формирования навыков самостоятельной работы как вообще, так и в учебной, научной деятельности. Она обеспечивает формирование и развитие способности принимать на себя ответственность, самостоятельно решать проблему, находить конструктивные решения, выход из кризисной ситуации и т.д.

Самостоятельная работа формирует самостоятельность не только как совокупность умений и навыков, но и как черту характера, играющую существенную роль в структуре личности современного специалиста высшей квалификации. Она воспитывает самостоятельность как черту характера. Никакие знания, полученные на уровне

пассивного восприятия, не ставшие объектом собственной умственной или практической работы, не могут считаться подлинным достоянием человека.

Давая возможность расширять и обогащать знания, умения по индивидуальным направлениям, самостоятельная работа студента позволяет создать разносторонних специалистов. В процессе самостоятельной работы развиваются творческие возможности обучающегося, при этом самостоятельная работа завершает задачи всех видов учебной работы.

Самостоятельная работа - это планируемая работа студентов, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Преподаватель, ведущий занятия, организует, направляет самостоятельную работу студентов и оказывает им необходимую помощь. Однако самостоятельность студентов должна превышать объем работы, контролируемой преподавателем работы, и иметь в своей основе индивидуальную мотивацию обучающегося по получению знаний, необходимых и достаточных для будущей профессиональной деятельности в избранной сфере. Преподаватель при необходимости может оказывать содействие в выработке и коррекции данной мотивации, лежащей в основе построения самостоятельной деятельности студента по изучению дисциплины, получению необходимых знаний и навыков.

Основой самостоятельной работы служит научно-теоретический курс, комплекс полученных студентом знаний. Основной, наиболее экономичной формой получения и усвоения информации, теоретических знаний в вузе является лекция, позволяющая воспринять значительную сумму основных знаний и потому способствующая повышению продуктивности всех других форм учебного труда.

Результат обучения и самостоятельной работы студента предполагает наличие следующих составляющих: понимание методологических основ построения изучаемых знаний; выделение главных структур учебного курса; формирование средств выражения в данной области; построение методик решения задач и ориентации в проблемах (ситуациях).

Самостоятельная работа студента при изучении курса «Микроконтроллеры в системах управления» включает в себя: подготовку и участие в изучении теоретической части курса, подготовку к лабораторным работам, подготовку к зачету.

Самостоятельная работа студента при изучении дисциплины «Микроконтроллеры в системах управления» включает в себя:

изучение теоретической части курса	- 48 часов;
подготовка к лабораторным занятиям	- 12 часов;
подготовка к зачету	- 24 часа;
Итого - 84 часа.	

## **15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов Интернет, необходимых для освоения дисциплины:**

a) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Васильев А.Е. Микроконтроллеры. Разработка встраиваемых приложений : [учебное пособие для студ. вузов] / А.Е. Васильев . — СПб : БХВ-Петербург, 2008 . — 298 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник

2	Зыль С. Н. Операционная система реального времени QNX : от теории к практике / С.Н. Зыль.— 2-е изд. — СПб. : БХВ-Петербург, 2004 .— 191 с.
3	Операционная система реального времени QNX Neutrino 6.3. Системная архитектура : пер. с англ. — СПб. : БХВ-Петербург, 2006 .— 316 с.
4	Гребнев В. В. Микроконтроллеры семейства AVR фирмы Atmel / В.В.Гребнев .— М. : Радиософт, 2002 .— 172 с.
5	Новиков Ю. В. Основы микропроцессорной техники : учебное пособие / Ю. В. Новиков, П. К. Скоробогатов .— 3-е изд., испр. — М. : Интернет-Университет Информ. Технологий : Бином. Лаборатория знаний, 2006 .— 357 с.
6	Белов А.В. Конструирование устройств на микроконтроллерах / А.В. Белов .— СПб : Наука и техника, 2005 .— 255 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
7	FreeRTOS Documentation <a href="https://www.freertos.org/Documentation/RTOS_book.html">https://www.freertos.org/Documentation/RTOS_book.html</a> <URL:
8	АО «ПКК Миландр», образование, учебные материалы <a href="https://edu.milandr.ru/library/">https://edu.milandr.ru/library/</a> <URL:

#### 16. Учебно-методическое обеспечение для организации самостоятельной работы:

№ п/п	Источник
1	Шебанов А.Н. Введение в программирование микроконтроллеров серии 1986ВЕ9х на базе ядра ARM Cortex-M3 : учебно-методическое пособие / А.Н. Шебанов, Е.В. Богатиков, К.Э. Ангарита Лопес. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2019.
2	Программирование микроконтроллеров К1986ВЕ92QI в среде Eclipse: учебно-методическое пособие / М.П. Ряполов. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2018.
3	Программирование микроконтроллеров : практикум для вузов. Ч. 1 / А.П. Трифонов [и др.]. — Воронеж : Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2013.
4	Проектирование электронных схем в пакете САПР MULTISIM 10.1 : учебное пособие для вузов / В.И. Клюкин, Ю.К. Николаенков , С.А. Быстрицкий .— Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2012 .— 43 с.

#### 17. Информационные технологии, используемые для реализации учебного процесса по дисциплине:

№ п/п	Источник
1	<a href="http://www.lib.vsu.ru">http://www.lib.vsu.ru</a> – ЗНБ ВГУ
2	<a href="https://edu.vsu.ru">https://edu.vsu.ru</a> – Образовательный портал "Электронный университет ВГУ"
3	Федеральный портал «Российское образование» <a href="http://www.edu.ru">http://www.edu.ru</a>

#### 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Лекционные занятия проводятся в мультимедийном кабинете кафедры ФППиМЭ, оснащённым стационарным мультимедийным проектором AcerX125H – 1 шт., ноутбук emachines e510 – 1 шт., экран, с лицензионным программным обеспечением Microsoft Windows 7, Windows 10 договор 3010-15/207-19 от 30.04.2019; ПО Kaspersky Endpoint Security, договор 3010-07/04-20 от 27.01.2020.

Для проведения лабораторных работ необходим компьютерный класс с лицензионным программным обеспечением - лаборатория вычислительных систем и математического моделирования, оснащенная сервером на базе 2-х процессоров Xeon E5-2620 v3. – 1 шт., компьютеры HP ProDesk 400 G6 SFF – 9 шт., компьютеры Pentium Dual Core - 2 шт. , подключенные к сети Интернет с обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде ВГУ и с лицензионным программным обеспечением: Microsoft Windows 7, Windows 10 договор 3010-15/207-19 от 30.04.2019; программный комплекс для ЭВМ – MathWorks Total Academic Headcount, Университетская лицензия, договор 3010-07/01-19 от 09.01.19; ПО Kaspersky Endpoint Security, договор 3010-07/04-20 от 27.01.2020.

Аудитория для самостоятельной работы студентов оснащена сервером на базе 2-х процессоров Xeon E5-2620 v3. – 1 шт., компьютеры HP ProDesk 400 G6 SFF – 9 шт., компьютеры Pentium Dual Core - 2 шт. , подключенные к сети Интернет с обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде ВГУ и лицензионным программным обеспечением: Microsoft Windows 7, Windows 10, договор 3010-15/207-19 от 30.04.2019; ПО Kaspersky Endpoint Security, договор 3010-07/04-20 от 27.01.2020.

Реализация дисциплины с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий осуществляется через образовательный портал "Электронный университет ВГУ".

## **19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций**

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Оценочные средства
1	Введение в архитектуру микроконтроллеров семейства ARM Cortex M3	ПК-1	ПК-1.4	Перечень вопросов
2	Программные среды для работы с микроконтроллерами	ПК-1	ПК-1.3	Отчет о выполнении лабораторной работы №1
3	Программирование микроконтроллеров ARM средствами библиотек CMSIS и SPL	ПК-1	ПК-1.4	Отчет о выполнении лабораторной работы №2,3,4
4	Введение в операционные системы реального времени	ПК-1	ПК-1.4	Перечень вопросов
5	Программирование микроконтроллеров ARM средствами FreeRTOS	ПК-1	ПК-1.4	Отчет о выполнении лабораторной работы №5,6
Промежуточная аттестация: форма контроля – зачет				Вопросы к зачету

## **20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания**

### **20.1 Текущий контроль успеваемости**

Текущий контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью оценки отчетов о выполнении лабораторных работ.

#### Перечень лабораторных работ

Лабораторная работа №1. Настройка среды программирования

Лабораторная работа №2. Конфигурирование портов ввода-вывода средствами CMSIS

Лабораторная работа №3. Конфигурирование работы таймера средствами CMSIS

Лабораторная работа №4. Использование библиотеки SPL при работе с портами ввода-вывода

Лабораторная работа №5. Использование FreeRTOS для параллельного управления несколькими портами ввода-вывода

Лабораторная работа № 6. Управление АЦП микроконтроллера средствами FreeRTOS

#### **Примерный перечень вопросов для текущего контроля успеваемости**

1. Перечислите регистры, отвечающие за конфигурирование GPIO в микроконтроллерах серии 1986ВЕ9х.
  2. В чем заключается отличие между режимами работы GPIO push-pull и open-drain?
  3. Какой режим работы цифрового выхода позволяет согласовать логические уровни цифровых устройств и каким образом (изобразите схему подключения)?
  4. Какой режим работы цифрового выхода не допускает работы на общую нагрузку и почему?
  5. Изобразите передаточную характеристику триггера Шмитта.
  6. Для каких целей используются триггеры Шмитта в цифровых входах микроконтроллеров?
  7. Изобразите схему аппаратного подавления дребезга контактов.
  8. Какое назначение имеет параметр MDR\_PORTx->PWR?
  9. Что такое «JTAG»?
  10. Для чего производится выбор опции Device-Startup в окне выбора дополнительных компонентов Keil uVision?
  11. В чем заключается преимущество использования внешнего источника тактовых импульсов перед внутренним RC-генератором?
  12. Какая информация хранится в HEX-файле?
  13. Каким образом включается тактирование порта в микроконтроллерах серии 1986ВЕ9х?
  14. В каком заголовочном файле содержится описание структуры и адресов регистров микроконтроллера серии 1986ВЕ9х?
  15. Как при помощи побитовых операций инвертировать значение требуемого бита?
  16. Как при помощи побитовых операций установить в «1» значение требуемого бита?
  17. Как при помощи побитовых операций сбросить в «0» значение требуемого бита?
  18. Какие регистры используются для работы с системным таймером SysTick?
  19. Какая информация содержится в файле MDR32F9Qx\_port.h?
  20. Какой API-функцией FreeRTOS запускается задача?
- В чем заключается эффект инверсии приоритетов при использовании мьютексов?

## **20.2 Промежуточная аттестация**

Промежуточная аттестация по дисциплине – зачет. Оценка за освоение дисциплины определяется ведущим дисциплину преподавателем как экспертом.

## Перечень вопросов к зачету

1. Общая организация памяти микроконтроллеров серии 1986ВЕ9х.
2. Конфигурирование портов ввода-вывода микроконтроллеров серии 1986ВЕ9х.
3. Формирование тактовой частоты в микроконтроллерах серии 1986ВЕ9х.
4. Конфигурирование системного таймера SysTick в микроконтроллерах серии 1986ВЕ9х.
5. Структурная схема и конфигурирование контроллера АЦП в микроконтроллерах серии 1986ВЕ9х.
6. Программные средства для программирования микроконтроллеров
7. Библиотека CMSIS: назначение и состав.
8. Библиотека SPL: назначение и состав.
9. Библиотека HAL: назначение и состав.
10. Понятие задачи в операционных системах реального времени.
11. Передача данных между задачами с использованием очередей.
12. Семафоры: назначение, виды, примеры применения.
13. Механизм взаимного исключения при доступе к общим ресурсам.
14. Инверсия приоритетов и взаимная блокировка при использовании мьютексов.
15. Использование задач-сторожей для реализации механизма взаимного исключения.
16. Работа с прерываниями в операционных системах реального времени.

Для текущего контроля успеваемости используется устный опрос, отчеты о ходе выполнения практических работ.

Каждому обучающемуся задаются вопросы по всем разделам спецкурса.

Оценка освоения компетенций обучающимися во время прохождения спецкурса осуществляется по следующим критериям:

- уровень профессиональной подготовки;
- ответы на контрольные вопросы.

Уровень профессионализма (профессиональные знания, умения, навыки и компетенции) оценивается по следующим показателям:

- умение формулировать цели исследований;
- адекватное применение физико-математического аппарата для решения поставленных задач;
- адекватная рефлексия выполняемой научно-практической деятельности.

На основании выполнения обучающимся программы спецкурса и с учетом критериев оценки итогов освоения спецкурса выставляется: «зачтено»/«не зачтено».

Критерии оценки работы обучающихся, которые соотносятся с уровнями сформированности компетенций:

- оценка «зачтено» выставляется при полном соответствии работы обучающихся всем вышеуказанным показателям: компетенции сформированы полностью, проявляются и используются систематически и в полном объёме. Данный уровень обязательен для всех осваивающих ООП;
- оценка «не зачтено» выставляется в случае несоответствия работы обучающегося всем требуемым показателям, неорганизованности, безответственности и низкого качества работы при выполнении заданий, предусмотренных программой спецкурса.