

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Максимов Алексей Борисович  
Должность: директор департамента по образовательной политике  
Дата подписания: 01.09.2023 13:34:55  
Уникальный программный ключ:  
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d8

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования**

**«Московский политехнический университет»**



**УТВЕРЖДЕНО**

Декан факультета

Информационных технологий

*Д.Г. Демидов* / Демидов Д.Г. /

«27» *апреля* 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Операционные системы реального времени во встраиваемых системах  
роботизированных беспилотных комплексов»**

Направление подготовки  
**27.04.04 «Управление в технических системах»**

Образовательная программа (профиль подготовки)  
**«Беспилотная робототехника и эргономика»**

Квалификация (степень) выпускника  
**Магистр**

Форма обучения  
**Очная**

Год приема – 2022

Москва 2022 г.

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

К **основным целям** освоения дисциплины «Операционные системы реального времени во встраиваемых системах роботизированных беспилотных комплексов» относится:

- Освоение методов разработки встраиваемых систем (VcC) с применением операционных систем реального времени (ОСРВ);
- Формирование понимания процессов взаимодействия в многопоточных системах;
- Изучение методов организации механизмов вытесняющей многозадачности в системах жесткого реального времени.

К **основным задачам** дисциплины относятся:

- Создание многозадачной системы с применением ОСРВ;
- Изучения алгоритмов оптимизации ПО ОСРВ с применением кооперативной многозадачности.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП МАГИСТРАТУРЫ

Дисциплина относится к числу учебных дисциплин вариативной части основной образовательной программы магистратуры.

Дисциплина взаимосвязана логически и содержательно-методически со всеми остальными дисциплинами и практиками ООП.

## 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

В результате освоения дисциплины у обучающихся формируются следующие компетенции и должны быть достигнуты следующие результаты обучения как этап формирования соответствующих компетенций.

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
УК-1	Способностью осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного	<b>ЗНАТЬ:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• особенности организации многозадачных систем с применением инструментов вытесняющей многозадачности.</li> </ul>

	подхода, вырабатывать стратегию действий	<p><b>УМЕТЬ:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• вести кооперативную разработку ВcС с применением ОСРВ;</li> <li>• на основе технической документации определять архитектуру ОСРВ.</li> </ul> <p><b>ВЛАДЕТЬ:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками анализа отладочной информации логирования ОСРВ.</li> </ul>
ПК-2	Способностью исследовать, разрабатывать и эксплуатировать средства и системы автоматизации и управления различного назначения, в том числе жизненным циклом продукции и ее качеством	<p><b>ЗНАТЬ:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• синтаксис организации интерфейса прикладного программирования;</li> <li>• основные типы организации ОСРВ;</li> <li>• основные проблемы в организации многопоточных систем.</li> </ul> <p><b>УМЕТЬ:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• создавать ВcС с применением ОСРВ;</li> <li>• разрабатывать архитектуру синхронизации процессов.</li> </ul> <p><b>ВЛАДЕТЬ:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками организации доступа к общим ресурсам ВcС, основанных на ОСРВ;</li> <li>• навыками конфигурации ОСРВ в зависимости от решаемой задачи;</li> <li>• поддержки и проведения процесса разработки ПО на всех этапах его жизненного цикла.</li> </ul>

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, т.е. 108 академических часов (из них 74 часа – самостоятельная работа студентов).

На втором курсе, третьем семестре, выделяется 3 зачетных единицы, т.е. 108 академических часов (из них 74 часа – самостоятельная работа студентов).

Структура и содержание дисциплины по срокам и видам работы отражены в приложении.

##### Содержание дисциплины

#### **Тема 1. Введение в операционные системы реального времени (ОСРВ)**

Определение ОСРВ. Системы жесткого и мягкого реального времени. Ядро и основные архитектуры ОСРВ. Изучение архитектуры ОСРВ FreeRTOS.

### **Тема 2. Процессы и потоки**

Понятие процессов, потоков и задач. Изучение API по работе с задачами. Планирование и приоритеты задач. Примеры изменения поведения планировщика.

### **Тема 3. Подсистема времени ОСРВ**

Событийное управление выполнением задач и использование временных задержек.

### **Тема 4. Организация памяти в ОСРВ**

Особенности динамического выделения памяти в ОСРВ FreeRTOS. В зависимости от располагаемых ресурсов и уровня решаемых задач разрабатываемой системы рассматриваются методы организации памяти задач.

### **Тема 5. Обмен данными в ОСРВ**

Организация обмена данными между задачами. Понятие очереди и применение.

### **Тема 6. Доступ к общим ресурсам в ОСРВ**

Механизмы организации доступа к общим ресурсам (счетные семафоры и мьютексы). Примеры организации общего доступа в ОСРВ FreeRTOS.

### **Тема 7. Вопросы применения ОСРВ**

Особенности динамического выделения памяти в ОСРВ FreeRTOS. В зависимости от располагаемых ресурсов и уровня решаемых задач разрабатываемой системы рассматриваются методы организации памяти задач. Конфигурация ОСРВ FreeRTOS и особенности портирования.

## **5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Методика преподавания дисциплины и реализация компетентного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения групповых, индивидуальных, аудиторных занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков у обучающихся:

- выполнение лабораторных работ в лабораториях вуза;
- посещение лекций;
- посещение семинаров и практических занятий;
- индивидуальные и групповые консультации студентов с преподавателем;
- посещение профильных конференций и работа на мастер-классах экспертов и специалистов.

Самостоятельная внеаудиторная работа студентов состоит из выполнения, подготовки к занятиям, а также подготовки к промежуточной аттестации во время экзаменационной сессии.

## **6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций.

- В третьем семестре: выполнение лабораторных работ, экзамен.

*6.1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю).*

*6.1.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.*

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции – см. п. 3 данной Рабочей программы. В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе их отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися дисциплин (модулей), практик в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса.

*6.1.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины (модуля), описание шкал оценивания*

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

**УК-1 - Способность осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий;**  
**ПК-2 - Способность исследовать, разрабатывать и эксплуатировать средства и системы автоматизации и управления различного назначения, в том числе жизненным циклом продукции и ее качеством**

Показатель:	Критерии оценивания			
	Допороговое значение	Пороговое значение		
	2	3	4	5
<b>ЗНАТЬ –</b> см. п. 3 рабочей программы дисциплины.	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие указанных в п.3. знаний.	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие указанных в п.3. знаний. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие указанных в п.3. знаний. Но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие указанных в п.3. знаний. Свободно оперирует приобретенными знаниями.
<b>УМЕТЬ –</b> см. п. 3 рабочей программы дисциплины.	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени демонстрирует указанные в п.3. умения.	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие указанные в п.3. умений. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие указанные в п.3. умений. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие указанные в п.3. умений. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
<b>ВЛАДЕТЬ –</b> см. п. 3 рабочей программы дисциплины.	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет указанными в п. 3 индикаторами.	Обучающийся в неполном объеме владеет указанными в п. 3 индикаторами. Допускаются значительные ошибки,	Обучающийся частично владеет указанными в п. 3 индикаторами. Навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки,	Обучающийся в полном объеме владеет указанными в п. 3 индикаторами. Свободно применяет полученные

		проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей. Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	навыки в ситуациях повышенной сложности.
--	--	--	--	--

*6.1.3. Шкалы оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание:*

**ФОРМА ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ: ЭКЗАМЕН.**

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине.

<b>Шкала оценивания</b>	<b>Описание</b>
Отлично	Среднее значение для всех формируемых на момент проведения аттестации уровней компетенций – 5. Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Хорошо	Среднее значение для всех формируемых на момент проведения аттестации уровней компетенций – 4. Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует неполное, правильное соответствие знаний, умений,

	навыков приведенным в таблицах показателей, либо если при этом были допущены 2-3 несущественные ошибки.
Удовлетворительно	Среднее значение для всех формируемых на момент проведения аттестации уровней компетенций – 3. Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, в котором освещена основная, наиболее важная часть материала, но при этом допущена одна значительная ошибка или неточность.
Неудовлетворительно	Не достигнуто пороговое значение хотя бы для одного уровня формируемых на момент проведения аттестации компетенций. Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Фонды оценочных средств представлены в Приложении к рабочей программе.

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **7.1. Основная литература**

1. Беспалов, Д. А. Операционные системы реального времени и технологии разработки кроссплатформенного программного обеспечения. Часть 1: учебное пособие / Д. А. Беспалов, С. М. Гушанский, Н. М. Коробейникова. - Ростов н/Д: ЮФУ, 2019. - 139 с. - ISBN 978-5-9275-3367-1. - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785927533671.html>
2. Замятин, А. В. Операционные системы: учебное пособие / А. В. Замятин, С. П. Сущенко. - Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2020. - 220 с. - ISBN 978-5-94621-935-8. - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785946219358.html>



## 7.2. Дополнительная литература

1. Назаров, С. В. Современные операционные системы / Назаров С. В. , Широков А. И. - Москва : Национальный Открытый Университет "ИНТУИТ", 2016. (Основы информационных технологий) - ISBN 978-5-9963-0416-5. - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996304165.html>
2. Староверова, Н. А. Операционные системы: учебное пособие / Н. А. Староверова, Э. П. Ибрагимова - Казань: Издательство КНИТУ, 2016. - 312 с. - ISBN 978-5-7882-2046-8. - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788220468.html>

## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 8.1 Требования к оборудованию и помещению для занятий

Лекционные занятия должны проводиться в специализированных аудиториях с комплектом мультимедийного оборудования и/или доской для записей материалов. Число рабочих мест в аудитории должно быть достаточным для обеспечения индивидуальной работы студентов.

Семинарские занятия должны проводиться в специализированных аудиториях с комплектом мультимедийного оборудования и/или доской для записей материалов. Число рабочих мест в аудитории должно быть достаточным для обеспечения индивидуальной работы студентов.

1. Комплект отладочных плат STM32 на основе ядра Cortex M3.
2. Комплект программаторов ST-LINKv2.
3. Комплект преобразователей интерфейса FT232RL.

### 8.2 Требования к программному обеспечению

Для выполнения лабораторных работ и самостоятельной работы необходимо следующее программное обеспечение:

1. Microsoft windows.
2. Офисные приложения – Microsoft Office.
3. Среда разработки System Workbench for STM32 (SW4STM32).

#### 4. Генератор инициализации кода STM32CubeMX.

### **9. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

Изучение дисциплины осуществляется в строгом соответствии с целевой установкой в тесной взаимосвязи с учебным планом.

В процессе самостоятельной работы студенты закрепляют и углубляют знания, полученные во время аудиторных занятий, готовятся к промежуточной аттестации, а также самостоятельно изучают отдельные темы учебной программы.

На занятиях студентов, в том числе предполагающих практическую деятельность, осуществляется закрепление полученных, в том числе и в процессе самостоятельной работы, знаний. Особое внимание обращается на развитие умений и навыков установления связи положений теории с профессиональной деятельностью будущего специалиста.

Самостоятельная работа осуществляется индивидуально. Контроль самостоятельной работы организуется в двух формах:

- самоконтроль и самооценка студента;
- контроль со стороны преподавателей (текущий и промежуточный).

Текущий контроль осуществляется на аудиторных занятиях, промежуточный контроль осуществляется на зачете и/или экзамене в письменной (устной) форме.

Критериями оценки результатов самостоятельной работы студента являются:

- уровень освоения студентом учебного материала;
- умения студента использовать теоретические знания при выполнении практических задач;
- сформированность компетенций;
- оформление материала в соответствии с требованиями.

### **10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЯ**

1. При подготовке к занятиям следует предварительно проработать материал занятия, предусмотрев его подачу точно в отведенное для этого время занятия. Следует подготовить необходимые материалы – теоретические сведения, задачи и др. При проведении занятия следует контролировать подачу материала и решение заданий с учетом учебного времени, отведенного для занятия.

2. При проверке работ и отчетов следует учитывать не только правильность выполнения заданий, но и оптимальность выбранных методов решения, правильность выполнения всех его шагов.

Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным стандартом высшего образования по направлению подготовки магистров **27.04.04 «Управление в технических системах».**

**Программу составил:**

Руководитель образовательной программы



/Таратов И.А./

**Программа утверждена на заседании кафедры «СМАРТ-Технологии» «26» апреля 2022 г, протокол № 8.**

И.о. заведующего кафедрой



/ Береснева Я.В./

**Структура и содержание дисциплины «Операционные системы реального времени  
роботизированных беспилотных комплексов»  
по направлению подготовки 27.04.04 «Управление в технических системах»  
(магистратура)**

№	Раздел	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость в часах					Виды сам	
				Л	П/С	Лаб	СРС	КСР	К.Р.	К.П.
<b>Третий семестр</b>										
1.1	Тема 1. «Введение в операционные системы реального времени (ОСРВ)»	3	1-2	1	4		10			
1.2	Тема 2. «Процессы и потоки»	3	3-4	1	4		10			
1.3	Тема 3. «Подсистема времени ОСРВ»	3	5-6	2			10			
1.4	Тема 4. «Организация памяти в ОСРВ»	3	7-10	2		4	10			
1.5	Тема 5. «Обмен данными в ОСРВ»	3	11-14			8	10			
1.6	Тема 6. «Доступ к общим ресурсам в ОСРВ»	3	15-16	2		4	12			
1.7	Тема 7. «Вопросы применения ОСРВ»	3	17-18	2			12			
	Форма аттестации		<b>19-21</b>							
	Всего часов по дисциплине в третьем семестре			<b>10</b>	<b>8</b>	<b>16</b>	<b>74</b>			
	<b>ВСЕГО ЧАСОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b>			<b>10</b>	<b>8</b>	<b>16</b>	<b>74</b>			

## **ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

### **«Операционные системы реального времени во встраиваемых системах роботизированных беспилотных комплексов»**

#### **1. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ДИСЦИПЛИНЕ**

1. Определение СРВ.
2. Типы ОСРВ.
3. Необходимые требования ОСРВ.
4. Концепция многозадачности (процессы, потоки).
5. Типы многозадачности.
6. Основные виды алгоритмов планирования.
7. Задачи планировщика.
8. Таймеры в ОСРВ.
9. Схема организации состояния задач.
10. Понятие ресурсов и критических секций.
11. Механизмы межзадачного взаимодействия(семафоры, мьютексы).
12. Механизмы межзадачного взаимодействия(очереди).
13. Проблемы межзадачного взаимодействия.
14. Динамическое выделение памяти в ОСРВ.
15. Вытесняющая многозадачность.
16. Кооперативная многозадачность.

#### **2. ТИПОВОЕ ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ**

Типовое практическое задание 1.

ОСРВ с вытесняющей многозадачностью состоит из двух задач А и Б. Задача А обладает меньшим приоритетом относительно задачи Б. Задача Б находится в заблокированном состоянии в течении 15мс после начала работы системы. Нарисуйте временную диаграмму выполнения задач на промежутке от 0 до 50 мс.

Типовое практическое задание 2.

ОСРВ с вытесняющей многозадачностью состоит из двух задач А и Б. Обе задачи обладают одинаковым приоритетом. Каждой задаче планировщиком выделяется квант времени в 10мс. Задача А находится в заблокированном состоянии в течении 5мс после начала работы системы. Нарисуйте временную диаграмму выполнения задач на промежутке от 0 до 70 секунд.

Типовое практическое задание 3.

ОСРВ с кооперативной многозадачностью имеет три задачи А, Б и С. Время выполнения задачи А равняется 5 мс, задачи Б равняется 12мс и задачи С равняется 3мс. Нарисуйте временную диаграмму выполнения задач на промежутке от 0 до 30 мс.