

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

И.о. декана факультета радиотехники и  
электроники  
/В.А. Небольсин/



2025г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«Программное обеспечение БАС»**

**Направление подготовки** 11.03.03 Конструирование и технология  
электронных средств

**Профиль** Проектирование и технология радиоэлектронных средств

**Квалификация выпускника** бакалавр

**Нормативный период обучения** 4 года / 4 года и 11 м.

**Форма обучения** очная / заочная

**Год начала подготовки** 2023

**Автор программы**

М.В. Паринов

**Заведующий кафедрой  
мехатроники и  
робототехники**

М.В. Паринов

**Руководитель ОПОП**

А.А. Пирогов

Воронеж 2025

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1. Цель дисциплины:** Формирование у обучающихся теоретических знаний и практических навыков применения специализированного программного обеспечения для настройки и управления БАС.

### 1.2. Задачи освоения дисциплины:

- Сформировать целостное представление об особенностях БАС как программно-аппаратной системы;
  - Изучить основные типы программного обеспечения БАС и специфику их применения для различных типов БПЛА;
- Получить практические навыки работы с программным обеспечением для решения широкого круга задач применения БАС.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Программное обеспечение БАС» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений (дисциплина по выбору) блока Б1.

## 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Программное обеспечение БАС» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-2 - Способен выполнять проектирование радиоэлектронных устройств в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-2	Знать типы программного обеспечения для БАС
	Уметь конфигурировать беспилотные летательные аппараты
	Владеть навыками базового программирования различных типов БАС

## 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Программное обеспечение БАС» составляет 3 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий  
**очная форма обучения**

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		8
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	54	54
В том числе:		
Лекции	18	18
Практические занятия (ПЗ)	36	36
<b>Самостоятельная работа</b>	54	54

Виды промежуточной аттестации - зачет	+	+
Общая трудоемкость: академические часы	108	108
зач.ед.	3	3

### заочная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		10
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	6	6
В том числе:		
Лекции	2	2
Практические занятия (ПЗ)	4	4
<b>Самостоятельная работа</b>	98	98
Часы на контроль	4	4
Виды промежуточной аттестации - зачет	+	+
Общая трудоемкость: академические часы	108	108
зач.ед.	3	3

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

#### очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	СРС	Всего, час
1	БАС как программно-аппаратная система. Особенности организации и управления БАС.	Типы БАС, классификация БАС. Программируемые и программные системы в составе БАС. Принципы программного управления. Особенности управления, эксплуатации и обслуживания программно-аппаратных систем.	4	6	10	20
2	Анализ программного обеспечения для БАС. Обзор основных типов ПО для БАС.	Типы программного обеспечения. Программное обеспечение для настройки летательных аппаратов различного назначения, программное обеспечение автопилота, программное обеспечение для наземных систем управления и обеспечения, программное обеспечение для формирования и управления полетным заданием, программные интерфейсы.	2	6	8	16
3	Основные принципы настройки и программного управления мультироторных беспилотных летательных аппаратов. Использование специализированного ПО для их выполнения.	Основные принципы настройки мультироторного беспилотного мультироторного летательного аппарата. Использование Betaflight, ArduPilot, INAV. Конфигурирование электродвигателей, инерциальной системы управления, настройка управления летательным аппаратом, настройка специальных режимов, настройка визуальной информации на экране пилота и другие настройки.	4	6	10	20
4	Основные принципы настройки и программного управления беспилотных летательных аппаратов самолетного типа, включая VTOL и конвертопланы.	Основные принципы настройки беспилотных летательных аппаратов самолетного типа, включая VTOL и конвертопланы. Использование Betaflight, ArduPilot, INAV. Конфигурирование электродвигателей, инерциальной системы управления, настройка управления летательным аппаратом, настройка специальных режимов, настройка визуальной информации на экране	2	6	8	16

	Использование специализированного ПО для их выполнения.	пилота и другие настройки				
5	Программное обеспечение для формирования и управления полетным заданием	Принципы управления БПЛА с использованием полетного задания. Использование различных навигационных систем. Планирование полетного задания. Работа с полетным заданием в MissionPlanner.	4	6	10	20
6	Использование программных интерфейсов для взаимодействия с полетным контроллером.	Программные интерфейсы в беспилотных авиационных системах	2	6	8	16
<b>Итого</b>			<b>18</b>	<b>36</b>	<b>54</b>	<b>108</b>

### заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	СРС	Всего, час
1	БАС как программно-аппаратная система. Особенности организации и управления БАС.	Типы БАС, классификация БАС. Программируемые и программные системы в составе БАС. Принципы программного управления. Особенности управления, эксплуатации и обслуживания программно-аппаратных систем.	2	-	18	20
2	Анализ программного обеспечения для БАС. Обзор основных типов ПО для БАС.	Типы программного обеспечения. Программное обеспечение для настройки летательных аппаратов различного назначения, программное обеспечение автопилота, программное обеспечение для наземных систем управления и обеспечения, программное обеспечение для формирования и управления полетным заданием, программные интерфейсы.	-	-	16	16
3	Основные принципы настройки и программного управления мультироторных беспилотных летательных аппаратов. Использование специализированного ПО для их выполнения.	Основные принципы настройки мультироторного беспилотного мультироторного летательного аппарата. Использование Betaflight, ArduPilot, INAV. Конфигурирование электродвигателей, инерциальной системы управления, настройка управления летательным аппаратом, настройка специальных режимов, настройка визуальной информации на экране пилота и другие настройки	-	-	16	16
4	Основные принципы настройки и программного управления беспилотных летательных аппаратов самолетного типа, включая VTOL и конвертопланы. Использование специализированного ПО для их выполнения.	Основные принципы настройки беспилотных летательных аппаратов самолетного типа, включая VTOL и конвертопланы. Использование Betaflight, ArduPilot, INAV. Конфигурирование электродвигателей, инерциальной системы управления, настройка управления летательным аппаратом, настройка специальных режимов, настройка визуальной информации на экране пилота и другие настройки	-	-	16	16
5	Программное обеспечение для формирования и управления полетным заданием	Принципы управления БПЛА с использованием полетного задания. Использование различных навигационных систем. Планирование полетного задания. Работа с полетным заданием в MissionPlanner	-	2	16	18
6	Использование программных интерфейсов для взаимодействия с полетным контроллером.	Программные интерфейсы в беспилотных авиационных системах	-	2	16	18
<b>Итого</b>			<b>2</b>	<b>4</b>	<b>98</b>	<b>104</b>

## 5.2 Перечень лабораторных работ

Не предусмотрено учебным планом

## 6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

**7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания**

### 7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-2	Знать типы программного обеспечения для БАС	Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь конфигурировать беспилотные летательные аппараты	Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть навыками базового программирования различных типов БАС	Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

### 7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 8 семестре для очной формы обучения, 10 семестре для заочной формы обучения по двухбалльной системе:

«зачтено»

«не зачтено»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
ПК-2	Знать типы программного обеспечения для БАС	Тест	Выполнение теста на 70-100%	В тесте менее 70% правильных ответов
	Уметь конфигурировать беспилотные летательные аппараты	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

	Владеть навыками базового программирования различных типов БАС	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
--	--	--	--	------------------

## **7.2 Примерный перечень оценочных средств ( типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)**

### **7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию**

1. ПО для настройки квадрокоптера  
+Betaflight  
Qt creator  
Lift off
2. ПО для настройки БПЛА самолетного типа  
Qt creator  
+MissionPlanner  
Lift off
3. В каком разделе настраиваются визуальные данные на экране пилота  
Receiver  
Motors  
+OSD
4. В каком разделе настраиваются направления вращения винтов  
Receiver  
+Motors  
OSD
5. В каком разделе настраиваются управление газом  
+Receiver  
Motors  
OSD
6. Сколько винтов имеет гексакоптер  
4  
+6  
8
7. Как называется летательный аппарат самолетного типа, имеющий дополнительный мультироторный модуль для взлета и посадки  
+VTOL  
конвертоплан  
чертолёт
8. Что строго необходимо для электрического БпЛА  
Gps модуль  
Приемник сигнала  
+Регулятор
9. Дополнительная знаковая и графическая информация на экране пилота отображается на  
Только цифровых системах

DJI Google 2

+На любых экранах пилота

10. К какому типу БПЛА относится октокоптер

Самолетный тип

VTOL

+Мультироторный тип

### 7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. В Betaflight можно задать

+Лимиты напряжения для принятия решений

Максимальное допустимое KV

Ток аварийного отключения регулятора

2. MAVLINK – это

Конфигуратор

Язык программирования

+Протокол

3. ГНСС необходим для

Любых полетов

+Полетов в автоматическом режиме

Полетов в ручном режиме

4. Для конфигурирования в командной строке Betaflight необходимо

знать:

C

Python

+Языки программирования не требуются

5. Полетный контроллер f405 подключается для конфигурирования к

ПК посредством:

+USB

Ethernet

RS232

6. Какой БПЛА не может продолжить нормальный полет при потере

одного двигателя:

Самолет

Октокоптер

+Квадрокоптер

7. Полетный контроллер f405 не может быть настроен посредством:

Телефона

+Специализированного планшета-конфигуратора для полетного

контроллера

Персонального компьютера;

8. Настройку конфигурации следует проводить с:

Установленными винтами

+С демонтированными винтами

Любой вариант допустим;

9. Настройку конфигурации следует проводить с:  
Установленной батареей  
+Любой вариант допустим  
С демонтированной батареей

10. Для цифровых систем видео OSD конфигурируется в:  
Фирменной утилите от производителя системы видео  
+Стандартном конфигураторе  
Оба варианта допустимы;

### 7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Обновить программное обеспечение для приемника ELRS

При правильном решении отображающаяся версия ПО изменяется на последнюю, а устройства могут связаться друг с другом.

2. Оценить наличие корректного управления между БПЛА и наземной станцией без осуществления полета.

Правильное решение: открыть вкладку настройки приемника в конфигураторе и показать, что реакция на дроне соответствует воздействию на органы управления.

3. Осуществить запуск и останов двигателей БПЛА посредством программного интерфейса

Вариант решения:

`command=MAV_CMD_ARM_AUTHORIZATION_REQUEST`

`target_system=system id of arm authorizer`

`target_component=component id of arm authorizer.`

4. Сформировать полетное задание в MissionPlanner

Вариант решения:



The screenshot shows the Mission Planner interface. At the top, there are menu options: FLIGHT DATA, FLIGHT PLAN, INITIAL SETUP, CONFIG/TUNING, SIMULATION, TERMINAL, HELP, and DONATE. Below the menu is a toolbar with icons for various functions. The main display area shows a satellite map with a flight plan consisting of 5 waypoints (numbered 1-5) and a 'Home' point. The waypoints are connected by a yellow line. The 'Waypoints' table at the bottom lists the following data:

WP	Radius	Loiter	Radius	Default Alt	Absolute Alt	Verify Height	Lat	Long	Alt	Delete	Up	Down	Grad %	Dist	AZ
1	WAYPOINT	0	0	0	0		-35.0407928	117.8277898	100	X			35.7	104.5	1
2	WAYPOINT	0	0	0	0		-35.0406786	117.8260410	100	X			0.0	159.7	275
3	WAYPOINT	0	0	0	0		-35.0417239	117.8251612	100	X			0.0	141.2	215
4	WAYPOINT	0	0	0	0		-35.0428395	117.8259873	100	X			0.0	145.1	149
5	WAYPOINT	0	0	0	0		-35.0427165	117.8274572	100	X			0.0	134.5	84

5. Определить направление вращения двигателей:

Правильное решение: на вкладке Моторов осуществить тестовое включение моторов СО СНЯТЫМИ ВИНТАМИ или выполнить аналогичные действия командой ARM с пульта.

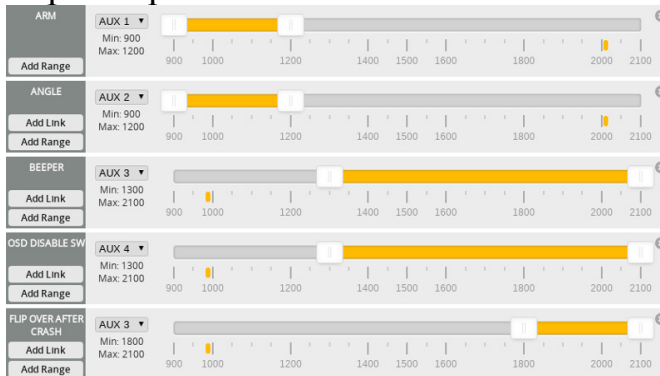
6. Настроить экран пилота.

Вариант решения:



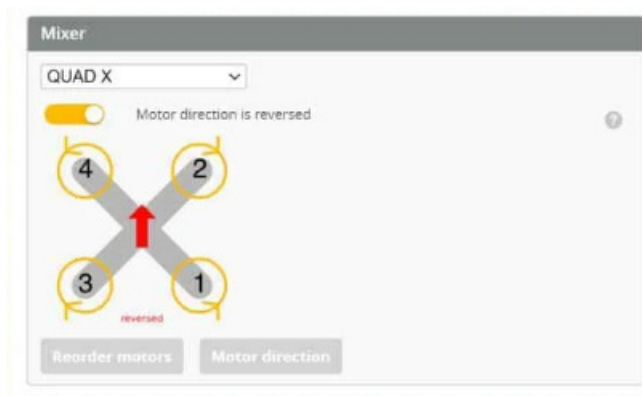
## 7. Настроить режимы в Betaflight

Вариант решения:



## 8. Настроить обратный порядок вращения моторов в Betaflight

Вариант решения:



## 9. Заменить bind фразу elrs приемника.

Вариант решения: войти по беспроводной сети в web-интерфейс по адресу 10.0.0.1 и заменить фразу в соответствующем поле

## 10. Обновить микропрограмму в полетном контроллере.

Вариант решения: открыть программу конфигуратор, выбрать контролер, в режиме DFU обновить микропрограмму.

#### 7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Особенности аппаратно-программного управления БАС
2. Основные типы ПО для БАС
3. Основные типы и классификация БАС
4. Принципы программной конфигурации БПЛА
5. Основы конфигурирования БПЛА мультироторного типа
6. Основы конфигурирования БПЛА самолетного типа
7. Особенности работы с полетным заданием
8. ПО для управления полетным заданием
9. Программные протоколы для БАС
10. Настройка PID регуляторов БПЛА

#### 7.2.5 Примерный перечень заданий для подготовки к экзамену

Не предусмотрено учебным планом

#### 7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Зачет проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «Не зачтено» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.

2. Оценка «Зачтено» ставится в случае, если студент набрал 6 и более баллов

#### 7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	БАС как программно-аппаратная система. Особенности организации и управления БАС.	ПК-2	Тест
2	Анализ программного обеспечения для БАС. Обзор основных типов ПО для БАС.	ПК-2	Тест
3	Основные принципы настройки и программного управления мультироторных беспилотных летательных аппаратов. Использование специализированного ПО для их выполнения.	ПК-2	Тест
4	Основные принципы настройки и программного управления беспилотных летательных аппаратов самолетного типа, включая VTOL и конвертопланы. Использование специализированного ПО для их выполнения.	ПК-2	Тест
5	Программное обеспечение для формирования и управления полетным заданием	ПК-2	Тест
6	Использование программных интерфейсов для взаимодействия с полетным контроллером.	ПК-2	Тест

#### 7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

## **8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)**

### **8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

Балабанов, П. В. Программирование беспилотного летательного аппарата мультироторного типа : учебное пособие / П. В. Балабанов, А. Г. Дивин, Д. А. Любимова. — Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2023. — 85 с. — ISBN 978-5-8265-2689-7. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/141076.html> (дата обращения: 04.07.2024).

Козлова, А. Т. Основы применения беспилотных авиационных систем : учебное пособие для СПО / А. Т. Козлова, А. В. Исаев. — Саратов, Москва : Профобразование, Ай Пи Ар Медиа, 2024. — 89 с. — ISBN 978-5-4497-3283-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/141701.html> (дата обращения: 25.07.2024).

**8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:**

Windows 10, Betaflight, MissionPlanner, INAV, Visual Studio Code.

## **9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

Для проведения лекционных занятий необходима аудитория, оснащенная проектором.

Практические занятия проводятся в компьютерной лаборатории.

## 10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Программное обеспечение БАС» читаются лекции, проводятся практические занятия.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков конфигурирования БАС. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: <ul style="list-style-type: none"><li>- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;</li><li>- выполнение домашних заданий и расчетов;</li><li>- работа над темами для самостоятельного изучения;</li><li>- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;</li><li>- подготовка к промежуточной аттестации.</li></ul>
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию дисциплины
----------	-----------------------------	----------------------------	---