

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

УТВЕРЖДАЮ

И.о. декана факультета энергетики и систем  
управления  
/А.В. Бурковский/



2024г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

«Программное обеспечение БАС»

**Направление подготовки** 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

**Профиль** Электромеханика

**Квалификация выпускника** бакалавр

**Нормативный период обучения** 4 года

**Форма обучения** очная

**Год начала подготовки** 2022

**Автор программы**

М.В. Паринов

**И.о. заведующего кафедрой  
систем**

**автоматизированного**

**проектирования и**

**информационных систем**

П.Ю. Гусев

**Руководитель ОПОП**

А.В. Тикунов

Воронеж 2024

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1. Цели 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-1 - Способен выполнять научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки по отдельным разделам темы с использованием современных методов сбора и анализа данных и современных программно-аппаратных комплексов.

| Компетенция | Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции |
|-------------|-------------------------------------------------------------------|
| ПК-1        | 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 4 з.е.

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

| Виды учебной работы               | Всего часов | Семестры |
|-----------------------------------|-------------|----------|
|                                   |             | 8        |
| <b>Аудиторные занятия (всего)</b> | 72          | 72       |
| В том числе:                      |             |          |
| Лекции                            | 36          | 36       |

|                                                 |           |           |
|-------------------------------------------------|-----------|-----------|
| Практические занятия (ПЗ)                       | 36        | 36        |
| <b>Самостоятельная работа</b>                   | <b>72</b> | <b>72</b> |
| Виды промежуточной аттестации - зачет с оценкой | +         | +         |
| Общая трудоемкость:<br>академические часы       | 144       | 144       |
| зач.ед.                                         | 4         | 4         |

## 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.                                                                                                                                                                         | 6         | 6         | 12        | 24         |
| 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.                                                  | 6         | 6         | 12        | 24         |
| 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                | 6         | 6         | 12        | 24         |
| 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. | 6         | 6         | 12        | 24         |
| 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.                                                                                                                                                                                       | 6         | 6         | 12        | 24         |
| 6            | Использование программных интерфейсов для взаимодействия с полетным контроллером.                                                                                                               | Программные интерфейсы в беспилотных авиационных системах                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 6         | 6         | 12        | 24         |
| <b>Итого</b> |                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <b>36</b> | <b>36</b> | <b>72</b> | <b>144</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-1        | 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 по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

| Компетенция | Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции | Критерии оценивания                    | Отлично                                  | Хорошо                                                   | Удовл.                                             | Неудовл.                             |
|-------------|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------|
| ПК-1        | Знать типы программного обеспечения для БАС                       | Тест                                   | Выполнение теста на 90-100%              | Выполнение теста на 80-90%                               | Выполнение теста на 70-80%                         | В тесте менее 70% правильных ответов |
|             | Уметь конфигурировать беспилотные летательные аппараты            | Решение стандартных практических задач | Задачи решены в полном объеме и получены | Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен | Продемонстрирован верный ход решения в большинстве | Задачи не решены                     |

|  |                                                                            |                                                                         |                                                                          |                                                                                                             |                                                                          |                     |
|--|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|---------------------|
|  |                                                                            |                                                                         | верные<br>ответы                                                         | верный ответ<br>во всех<br>задачах                                                                          | задач                                                                    |                     |
|  | Владеть навыками<br>базового<br>программирования<br>различных типов<br>БАС | Решение<br>прикладных<br>задач в<br>конкретной<br>предметной<br>области | Задачи<br>решены в<br>полном<br>объеме и<br>получены<br>верные<br>ответы | Продемонстр<br>ирован<br>верный ход<br>решения всех,<br>но не получен<br>верный ответ<br>во всех<br>задачах | Продемонстр<br>ирован<br>верный ход<br>решения в<br>большинстве<br>задач | Задачи не<br>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

С демонтированной батареей

+Любой вариант допустим;

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:



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.

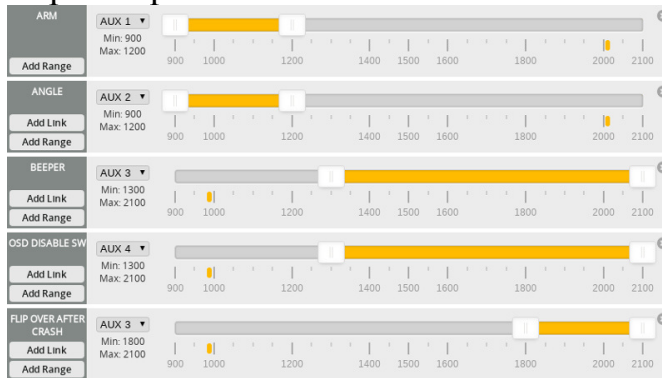
6. Настроить экран пилота.

Вариант решения:



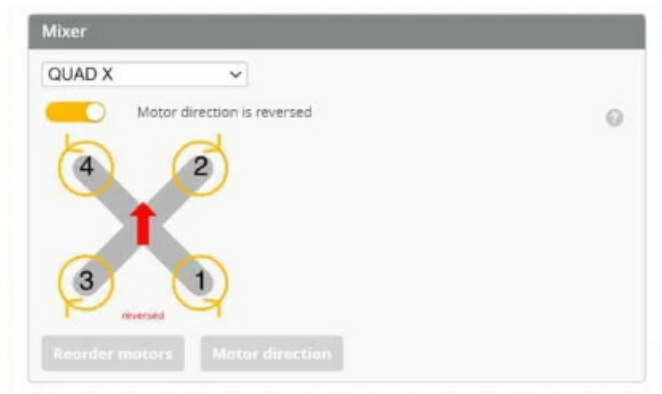
7. Настроить режимы в Betaflight.

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 с оценкой**

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 предусмотрен учебным планом.

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

*Экзамен 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 «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.*

*2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 10 баллов*

*3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15 баллов.*

*4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 20 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-1                           | Тест                             |
| 2     | Анализ программного обеспечения для БАС. Обзор основных типов ПО для БАС.                                                                                                                       | ПК-1                           | Тест                             |
| 3     | Основные принципы настройки и программного управления мультироторных беспилотных летательных аппаратов. Использование специализированного ПО для их выполнения.                                 | ПК-1                           | Тест                             |
| 4     | Основные принципы настройки и программного управления беспилотных летательных аппаратов самолетного типа, включая VTOL и конвертопланы. Использование специализированного ПО для их выполнения. | ПК-1                           | Тест                             |

|   |                                                                                   |      |      |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------|------|------|
| 5 | Программное обеспечение для формирования и управления полетным заданием           | ПК-1 | Тест |
| 6 | Использование программных интерфейсов для взаимодействия с полетным контроллером. | ПК-1 | 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; пометать 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 с оценкой три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.                                                                                                                                                                                                                                                                              |

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

| №<br>п/п | Перечень вносимых изменений | Дата внесения<br>изменений | Подпись<br>заведующего<br>кафедрой,<br>ответственной за<br>реализацию ОПОП |
|----------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
|----------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------|