

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

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета машиностроения и  
аэрокосмической техники

  
/И.Г. Дроздов/

\_\_\_\_\_ 202\_ г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

«Принципы безопасной эксплуатации беспилотных систем»

**Направление подготовки** 15.04.01 Машиностроение

**Профиль** Интеллектуальные автономные робототехнические комплексы

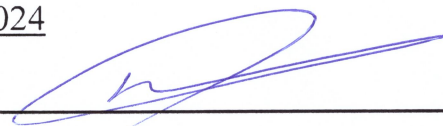
**Квалификация выпускника** магистр

**Нормативный период обучения** 2 года

**Форма обучения** очная

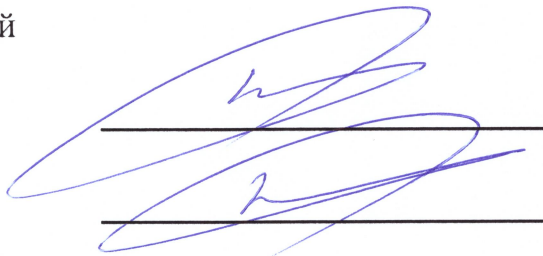
**Год начала подготовки** 2024

**Автор программы**



М.В. Паринов

**Заведующий кафедрой  
Мехатроники и  
робототехники**



М.В. Паринов

**Руководитель ОПОП**

М.В. Паринов

Воронеж 2024

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1. Цели дисциплины** Формирование у студентов теоретических и практических знаний, необходимых для безопасной эксплуатации беспилотных систем, с учетом современных технологических, этических и правовых аспектов. Дисциплина нацелена на развитие навыков работы с беспилотными летательными аппаратами, их управления, а также на понимание риска и способов предотвращения аварийных ситуаций.

### 1.2. Задачи освоения дисциплины

1. Изучение основ законодательства в области беспилотных технологий. Ознакомление с действующими национальными и международными нормами, регулирующими использование БПЛА.

2. Изучение принципов работы и управления беспилотными системами

3. Изучение конструкции и основных компонентов беспилотных летательных аппаратов, включая датчики, системы навигации и управления.

4. Изучение техники управления и маневрирования беспилотниками в различных условиях

5. Изучение и определение потенциальных угроз и рисков, связанных с эксплуатацией беспилотников. Разработка сценариев аварийных ситуаций и методов их предотвращения.

6. Изучение методик оценки и минимизации рисков для окружающей среды и населения.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Принципы безопасной эксплуатации беспилотных систем» относится к дисциплинам обязательной части блока ФТД.

## 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Принципы безопасной эксплуатации беспилотных систем» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-4 - Способность производить проектирование отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматизации, измерительной и вычислительной техники в соответствии с техническим заданием

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-4	знать принципы работы и конструкцию мехатронных и робототехнических систем.
	уметь проектировать отдельные устройства и подсистемы с использованием стандартных компонентов.
	владеть навыками использования САПР для проектирования мехатронных систем.

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Принципы безопасной эксплуатации беспилотных систем» составляет 2 з.е.

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

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		3
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	18	18
В том числе:		
Лекции	8	8
Лабораторные работы (ЛР)	10	10
<b>Самостоятельная работа</b>	54	54
Виды промежуточной аттестации - зачет	+	+
Общая трудоемкость: академические часы	72	72
зач.ед.	2	2

#### 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	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Введение в беспилотные системы. Основы безопасности полетов.	Определение, виды и области применения беспилотных систем. Принципы безопасной эксплуатации, факторы влияния на безопасность.	1	2	6	9
2	Законодательство и нормативные акты. Этика и права.	Регулирование использования, международные стандарты и рекомендации. Этические аспекты, конфиденциальность и защита данных.	1	2	12	15
3	Технические аспекты безопасности. Оценка рисков	Работа беспилотных систем, устройства безопасности. Идентификация угроз, методы оценки и управления рисками.	2	2	12	16
4	Эксплуатационные процедуры.	Подготовка к полетам, реагирование на аварийные ситуации	2	2	12	16
5	Обучение и квалификация операторов. Будущее беспилотных систем	Требования к обучению, психологические и физические аспекты. Тенденции, инновации, проблемы и вызовы в индустрии	2	2	12	16
<b>Итого</b>			<b>8</b>	<b>10</b>	<b>54</b>	<b>72</b>

#### 5.2 Перечень лабораторных работ

1. Ознакомление с беспилотными системами.
2. Настройка и конфигурация БПЛА.

3. Симуляция полета
4. Проведение полета с реальным БПЛА
5. Анализ данных с беспилотника
6. Оценка рисков при эксплуатации БПЛА
7. Реагирование на экстренные ситуации

## **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».

<b>Компетенция</b>	<b>Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции</b>	<b>Критерии оценивания</b>	<b>Аттестован</b>	<b>Не аттестован</b>
ПК-4	знать принципы работы и конструкцию мехатронных и робототехнических систем.	Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	уметь проектировать отдельные устройства и подсистемы с использованием стандартных компонентов.	Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть навыками использования САПР для проектирования мехатронных систем.	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 1 семестре для очной формы обучения по двухбалльной системе:

«зачтено»

«не зачтено»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
ПК-4	знать принципы работы и конструкцию мехатронных и робототехнических систем.	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	уметь проектировать отдельные устройства и подсистемы с использованием стандартных компонентов.	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть навыками использования САПР для проектирования мехатронных систем.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

**7.2 Примерный перечень оценочных средств (типичные 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. Что такое ROS (Robot Operating System)?

a) Операционная система для настольных ПК  
b) Фреймворк для разработки программного обеспечения для робототехники

c) Язык программирования

d) Программа для моделирования

2. Какой из следующих алгоритмов используется для поиска пути?

a) Bubble Sort

- b) Dijkstra
- c) Quick Sort
- d) Binary Search

3. Какой метод используется для слияния данных с различных сенсоров?

- a) Интеграция по Риману
- b) Дискретное преобразование Фурье
- c) Калмановский фильтр
- d) Быстрое преобразование Фурье

4. Что такое A\* алгоритм?

- a) Алгоритм сортировки
- b) Алгоритм поиска пути
- c) Алгоритм шифрования
- d) Алгоритм сжатия данных

5. Какие из следующих компонентов не входят в состав лидара?

- a) Лазерный излучатель
- b) Зеркало
- c) Гироскоп
- d) Приемник

6. Для чего используется OpenCV?

- a) Обработка изображений
- b) Разработка операционных систем
- c) Сжатие файлов
- d) Моделирование физических систем

7. Какую задачу решает алгоритм Калмана?

- a) Поиск пути
- b) Обработка и слияние данных с сенсоров
- c) Шифрование данных
- d) Сортировка данных

8. Какой из следующих методов наиболее эффективен для предотвращения "дрейфа" в системе GPS при навигации беспилотных транспортных средств?

- a) Использование более мощных процессоров
- b) Интеграция данных с GPS и инерциальных сенсоров (IMU)
- c) Увеличение частоты обновления GPS
- d) Использование оптических сенсоров

9. Что такое SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) и как он используется в беспилотных системах?

- a) Метод для улучшения качества изображений
  - b) Алгоритм для управления движением робота
  - c) Технология для одновременного построения карты и определения местоположения робота в этой карте
  - d) Метод для сжатия данных
10. Какой из следующих подходов не используется для избежания столкновений в беспилотных системах?
- a) Метод потенциальных полей
  - b) Алгоритм поиска пути Dijkstra
  - c) Прогностическое управление на основе модели (MPC)
  - d) Интеграция фильтрации Калмана

### **7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач**

1. Какую роль играет система контроля версий в разработке программного обеспечения для беспилотных систем?
- a) Автоматизация процесса тестирования
  - b) Управление изменениями исходного кода и отслеживание истории изменений
  - c) Обработка и анализ данных с сенсоров
  - d) Управление энергетическими ресурсами системы
2. Какая из следующих технологий используется для автоматизированного тестирования программного обеспечения в беспилотных системах?
- a) Selenium
  - b) Jenkins
  - c) TensorFlow
  - d) Ansible
3. Какой из следующих алгоритмов лучше всего подходит для обнаружения объектов в реальном времени на видеопотоке с камеры беспилотной системы?
- a) K-Means Clustering
  - b) Convolutional Neural Networks (CNN)
  - c) Principal Component Analysis (PCA)
  - d) Decision Trees
4. Какой из перечисленных подходов используется для оценки надежности программного обеспечения в беспилотных системах?
- a) Использование системы контроля версий
  - b) Выполнение формальной верификации и статического анализа кода
  - c) Разработка с использованием Agile методологий
  - d) Моделирование физических процессов

5. В чем основное преимущество использования технологии Docker при разработке программного обеспечения для беспилотных систем?

- a) Обеспечение высокой производительности выполнения
- b) Облегчение процесса интеграции и развёртывания компонентов программного обеспечения
- c) Улучшение графической обработки данных
- d) Увеличение объема доступной памяти

6. Какую функцию выполняет система непрерывной интеграции (Continuous Integration, CI) в контексте разработки программного обеспечения для беспилотных систем?

- a) Контроль версий исходного кода
- b) Автоматическое тестирование и сборка кода после каждого изменения
- c) Обеспечение безопасности сети
- d) Управление проектами и задачами

7. Какие методы машинного обучения чаще всего используются для распознавания и классификации объектов в кадрах с камер беспилотных систем?

- a) K-Means Clustering
- b) Support Vector Machines (SVM)
- c) Random Forests
- d) Convolutional Neural Networks (CNN)

8. Какой из следующих типов сенсоров используется для определения расстояний до объектов вокруг беспилотного автомобиля?

- a) Инфракрасный сенсор
- b) Акустический сенсор
- c) Лидар
- d) Колориметр

9. Что такое "дифференциальная GPS" и как она помогает улучшить точность навигации беспилотных систем?

- a) Метод усиления радиосигнала GPS
- b) Технология, используемая для защиты GPS от воздействия внешних помех
- c) Система коррекции ошибок GPS с помощью дополнительных станций
- d) Метод, улучшающий обработку данных с GPS за счет фильтрации

10. Какие из следующих методов используются для обработки и анализа данных с лидара?

- a) Алгоритмы сжатия данных
- b) Фильтрация Калмана

- c) Методы дескрипторов точек
- d) Все вышеперечисленное

### 7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Какие из следующих технологий обеспечивают защиту от кибератак в беспилотных системах?

- a) Формальная верификация кода
- b) Использование VPN
- c) Шифрование данных
- d) Все вышеперечисленное

2. Какие из следующих подходов наиболее эффективны для обеспечения безопасности передачи данных в беспилотных системах?

- a) Использование симметричного шифрования
- b) Применение двухфакторной аутентификации
- c) Использование цифровых подписей
- d) Все вышеперечисленное

3. Какие из следующих методов наиболее часто используются для симуляции поведения беспилотных систем?

- a) Gazebo
- b) OpenCV
- c) TensorFlow
- d) Git

4. Что такое "агрессивное тестирование" в контексте разработки программного обеспечения для беспилотных систем?

- a) Методика тестирования, направленная на проверку системы на предмет выявления всех возможных ошибок
- b) Тестирование, проводимое в условиях экстремальных нагрузок и внешних воздействий
- c) Тестирование, направленное на определение максимальной производительности системы
- d) Тестирование с использованием алгоритмов машинного обучения

5. Какие из следующих компонентов чаще всего включаются в состав беспилотных систем для обеспечения высокой степени автономности?

- a) Инерциальные сенсоры
- b) Солнечные батареи
- c) Водородные топливные элементы
- d) Тепловизоры

6. Какие из перечисленных методов используются для оценки надежности и безопасности беспилотных систем?

- a) Fault Tree Analysis (FTA)
- b) Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)

- c) Hazard and Operability Study (HAZOP)
- d) Все вышеперечисленное

7. Какой из следующих алгоритмов наиболее подходит для определения оптимального пути перемещения беспилотного автомобиля в динамической городской среде?

- a) A\* алгоритм
- b) Dijkstra алгоритм
- c) Rapidly-exploring Random Tree (RRT)
- d) Bellman-Ford алгоритм

8. Какой тип датчиков наиболее эффективен для обнаружения статических и динамических препятствий вокруг беспилотного автомобиля?

- a) Ультразвуковые сенсоры
- b) Радиоактивные сенсоры
- c) Радары
- d) Металлодетекторы

9. Какие из следующих методов используются для определения положения беспилотного аппарата в пространстве?

- a) GPS
- b) Инерциальная навигация
- c) Visual Odometry
- d) Все вышеперечисленное

10. Какой тип сенсоров обычно используется для измерения скорости ветра и влажности в окружающей среде беспилотного аппарата?

- a) Барометры
- b) Анемометры
- c) Термометры
- d) Гигрометры

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

*Общие понятия Что такое беспилотная система и каковы ее основные компоненты? Назовите основные виды беспилотных летательных аппаратов и их характеристики. Законодательство и нормативы Какие основные законы и нормативные акты регулируют эксплуатацию БПЛА в вашей стране? Каково значение международных стандартов для использования беспилотных систем? Безопасность полетов Какие меры предосторожности необходимо соблюдать перед запуском БПЛА? Какие факторы могут влиять на безопасность полета беспилотника? Технические аспекты Опишите процессы, которые происходят во время управления БПЛА. Как функционирует система навигации БПЛА? Оценка рисков Каковы основные шаги для оценки рисков при эксплуатации БПЛА? Приведите примеры потенциальных угроз при эксплуатации беспилотных систем. Этика и права Каковы этические аспекты использования БПЛА в*

гражданских и коммерческих целях? Почему важна защита конфиденциальности данных при использовании БПЛА? Эксплуатационные процедуры Каковы основные этапы эксплуатации БПЛА от подготовки до выполнения миссии? Что необходимо делать в случае возникновения аварийной ситуации во время полета? Практические навыки Какие навыки необходимы оператору БПЛА для эффективного управления аппаратом? Как провести анализ данных, полученных в ходе полета БПЛА? Анализ случаев Приведите пример известного инцидента с беспилотным аппаратом и проанализируйте его причины. Будущее БПЛА Какие тенденции в развитии беспилотных технологий вы можете отметить? Какие потенциальные вызовы стоят перед индустрией беспилотных систем в будущем?

### 7.2.5 Примерный перечень заданий для подготовки к экзамену

Не предусмотрено учебным планом

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

(Например: 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	Основы в беспилотных системах. Основы безопасности полетов	ПК-4	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
2	Технические аспекты безопасности. Оценка рисков.	ПК-4	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
3	Законодательство и нормативные акты. Этические аспекты	ПК-4	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....

4	Эксплуатационные процедуры. Обучение и квалификация операторов	ПК-4	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
5	Будущее беспилотных систем	ПК-4	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....

### **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**

1. Себастьян Трун, Вольфрам Бургард, Дитер Фокс. Вероятностная робототехника. – СПб.: Питер, 2009. – 672 с.

2. Морган Куигли, Брайан Герки, Уильям Смарт. Программирование роботов с использованием ROS: практическое введение в Robot Operating System. – М.: ДМК Пресс, 2017. – 432 с.

3. Паскуаль Кампой, Анибаль Ольеро. Воздушная робототехника. – СПб.: Наука, 2015. – 448 с.

**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:**

Robot Operating System (ROS).  
Симуляторы: Gazebo, AirSim, V-REP.  
MATLAB/Simulink

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

Специализированная лекционная аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой.  
Учебные лаборатории:

- “ Моделирование и симуляция беспилотных систем”.
- “Интеллектуальные системы и робототехника”.

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

По дисциплине «Принципы безопасной эксплуатации беспилотных систем» читаются лекции, проводятся лабораторные работы.

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

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

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.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоения учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;

	<ul style="list-style-type: none"> <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	<p>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.</p>

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

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