Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Артеменков Михаил Николаевич
Должность: Ректор
Дата подписания: 16.11.2026 11:57:59
Уникальный программный ключ:
a63b74166e8f4fc17bd1e0462725f79e393bfdf9

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Смоленский государственный университет»

Кафедра физики и технических дисциплин

***«Утверждаю»***
Проректор по учебно-
методической деятельности
_____Ю.А. Устименко
«10» сентября 2026 г.

**Рабочая программа дисциплины**
**Б1.В.ДВ.02.02 Введение в беспилотную авиацию**

Направление подготовки: 25.03.01 Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей
Направленность (профиль): Конструкция, технология эксплуатации и ремонта авиационной техники

Форма обучения: очная
Курс – 3
Семестр – 6
Всего зачетных единиц – 2; часов – 72
Форма аттестации – зачет

Смоленск
2026

## 1. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.02.02 Введение в беспилотную авиацию относится к части, формируемой участниками образовательных отношений (дисциплины (модули) по выбору), учебного плана образовательной программы по направлению подготовки 25.03.01 Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей.

Данная дисциплина направлена на формирование у обучающихся компетенций, необходимых для понимания конструктивно-технологических особенностей, принципов функционирования и правил технической эксплуатации беспилотных авиационных систем (БАС) гражданского назначения. В процессе изучения курса студенты овладевают знаниями об архитектуре беспилотных воздушных судов (БВС) различных типов, включая мультироторные, крылатые и гибридные комплексы, а также устройстве бортовых систем автоматического управления (автопилотов), навигации, связи и целевых нагрузок. Особое внимание уделяется специфике организации наземных пунктов управления, нормативно-правовому регулированию использования воздушного пространства РФ гражданскими БАС и методам обеспечения авиационной безопасности. Полученные навыки позволяют будущим инженерам квалифицированно оценивать техническое состояние планера, силовых установок и бортового оборудования беспилотных систем, планировать регламентные работы и осуществлять оперативное обслуживание комплексов. Таким образом, дисциплина формирует у выпускников комплексное представление о современном состоянии и перспективах развития беспилотной индустрии, интегрируя эти знания в общую систему поддержания летной годности воздушных судов.

Дисциплина «Введение в беспилотную авиацию» содержательно базируется на знаниях, полученных студентами при изучении предшествующих базовых курсов «Аэродинамика», «Динамика полета самолета» и «Электротехника и электроника». В свою очередь, формируемые в данном курсе компетенции являются важным дополнением для успешного освоения специальных профильных дисциплин, таких как «Техническая диагностика авиационной техники» и «Система управления безопасностью полетов». Кроме того, глубокое понимание принципов работы цифровой автоматики БАС и специфики их обслуживания непосредственно применяется студентами при прохождении производственных практик, а также может служить технологическим и расчетным фундаментом для разработки специализированных разделов в выпускной квалификационной работе.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

| **Компетенции** | **Индикаторы достижения** |
|---|---|
| ПК – 4 Способен руководствоваться основами воздушного права, требованиями летной годности, стандартами сертификации и процедурами обеспечения качества при ведении пономерной и учетно-отчетной технической документации в авиапредприятиях (организациях по | Знать: основы международного (ИКАО) и национального воздушного законодательства (Воздушный кодекс РФ, Федеральные авиационные правила, включая ФАП-285, ФАП-21 и др.); требования к поддержанию летной годности (ПЛГ) гражданских воздушных судов и процедуры сертификации авиационной техники, разработчиков и организаций по техническому обслуживанию и ремонту; принципы функционирования системы управления качеством в авиапредприятиях, стандарты контроля качества, методы проведения внутренних аудитов и управления рисками; структуру, виды и правила оформления документации (формуляры, паспорта, летные книжки) и учетно-отчетных документов (справки о техническом состоянии, производственные журналы, акты выполненных работ).<br>Уметь: соотносить производственные процессы организации |

| | |
|---|---|
| техническому обслуживанию и ремонту). | по техническому обслуживанию и ремонту (ТОиР) с актуальными требованиями воздушного законодательства и директивами летной годности (AD/ДЛГ); безошибочно заполнять, актуализировать и закрывать пономерные и учетные документы как в бумажном, так и в электронном виде по результатам выполнения ТОиР; готовить рабочие места, инструменты и документацию к проверкам качества, выявлять и фиксировать несоответствия технологических процессов установленным стандартам; проверять легальность происхождения, сроки службы и ресурсы (жизненный цикл) устанавливаемых на воздушное судно компонентов и запасных частей.<br><br>Владеть: практическими методами оформления паспортов и формуляров авиационной техники, учета наработки, замен агрегатов и устранения дефектов; навыками участия в процедурах обеспечения и контроля качества (Quality Assurance / Quality Control) на авиапредприятии в соответствии с руководствами по качеству (МОЕ/РД); опытом работы в специализированных информационных системах (MRO/MIS, таких как AMOS, BRAVO, Малахит или аналогичных программных комплексах) для учета компонентов, планирования ТО и ведения электронных записей; навыками мониторинга, оценки и внедрения обязательных указаний уполномоченных органов в области гражданской авиации по поддержанию летной годности. |

## 3. Содержание дисциплины

Общие принципы построения, классификация и нормативно-правовая база БАС. История развития беспилотной авиации. Основные понятия: беспилотная авиационная система (БАС), беспилотное воздушное судно (БВС), наземный пункт управления (НПУ). Классификация БВС по типам конструкции (самолетный, вертолетный, мультироторный, гибридный/конвертоплан), взлетной массе, дальности и продолжительности полета.Воздушный кодекс РФ в части регулирования БАС. Правила государственного учета и сертификации беспилотных гражданских ВС. Порядок использования воздушного пространства РФ гражданскими БАС (ФП ИВП). Обеспечение авиационной безопасности и предотвращение несанкционированного использования БВС.

Конструкция планера и силовые установки беспилотных воздушных судов. Особенности аэродинамики и конструкции планера БВС различных типов. Применение современных композиционных материалов (углепластики, стеклопластики) и аддитивных технологий (3D-печать) в производстве элементов БВС. Обеспечение прочности и минимизация веса планера. Электрические силовые установки: бесколлекторные электродвигатели (BLDC), регуляторы скорости (ESC). Типы, характеристики и правила эксплуатации литий-полимерных (Li-Po) и литий-ионных (Li-ion) аккумуляторных батарей. Применение двигателей внутреннего сгорания (ДВС) малого объема и гибридных силовых установок на БВС дальнего действия. Воздушные винты (пропеллеры), расчет их геометрии и статической тяги.

Бортовое радиоэлектронное оборудование и системы автоматического управления (автопилоты). Принципы работы современных полетных контроллеров (автопилотов). Микроэлектромеханические датчики (MEMS): гироскопы, акселерометры, магнитометры, барометрические датчики давления. Инерциальные навигационные системы (ИНС) и их

интеграция с модулями спутниковой навигации (ГЛОНАСС/GPS). Системы воздушных сигналов и оптические датчики позиционирования.Радиоканалы управления и передачи телеметрических данных. Протоколы связи. Каналы передачи видеоинформации в режиме реального времени (FPV). Способы защиты каналов связи от помех и подавления. Виды и характеристики целевых нагрузок: фото- и видеокамеры, тепловизоры, мультиспектральные камеры, лидары (LiDAR), системы стабилизации и подвесы.

Наземные пункты управления (НПУ) и навигационное обеспечение. Классификация НПУ (портативные, мобильные, стационарные). Наземные станции управления (GCS). Специализированное программное обеспечение для планирования полетных заданий (Mission Planner, QGroundControl и др.). Интерфейс оператора, мониторинг телеметрии и параметров силовой установки в реальном времени.Построение и программирование полетных маршрутов по точкам (waypoint). Автоматические режимы полета: взлет, полет по маршруту, удержание позиции, автоматический возврат на точку старта при потере связи (FailSafe/Return to Home). Системы автоматического избегания столкновений с препятствиями.

Техническая эксплуатация, обслуживание и безопасность полетов БАС. Организация технической эксплуатации БАС на авиапредприятиях. Предполетный и послеполетный технический осмотр БВС. Калибровка датчиков автопилота (компаса, акселерометров). Поиск и локализация неисправностей в электрических цепях, винтомоторной группе и сервоприводах. Правила хранения, транспортировки и утилизации литиевых аккумуляторов. Анализ причин авиационных инцидентов с БВС (технические отказы, ошибки внешнего пилота, влияние метеоусловий). Оценка рисков применения БАС над населенными пунктами и промышленными объектами. Разработка защитных процедур и аварийных чек-листов для инженерно-технического персонала.

## 4. Тематический план и виды образовательной деятельности

| Наименование разделов дисциплины | Всего (ч) | Лекции (ч) | Практические занятия (ч) | Самостоятельная работа (ч) |
|---|---|---|---|---|
| Раздел 1. Общие принципы построения и нормативная база | 12 | 2 | 2 | 8 |
| Раздел 2. Конструкция планера и силовые установки | 16 | 4 | 4 | 8 |
| Раздел 3. БРЭО и автопилоты БВС | 16 | 4 | 4 | 8 |
| Раздел 4. Наземные пункты управления и навигация | 12 | 2 | 2 | 8 |
| Раздел 5. Эксплуатация, обслуживание и безопасность | 16 | 4 | 4 | 8 |
| **ИТОГО ПО ДИСЦИПЛИНЕ:** | **72** | **16** | **16** | **40** |

## 5. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации (перечень)

Уровень и качество знаний обучающихся по дисциплине «Введение в беспилотную авиацию» оцениваются по результатам текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

Текущий контроль успеваемости включает устные опросы, решение задач на практических занятиях, а также проверку самостоятельной работы. Устный опрос проводится на занятиях с целью контроля усвоения теоретического материала, изученного самостоятельно и в рамках лекций. Решение задач на практических занятиях позволяет оценить способность студента применять теоретические знания для решения конкретных инженерных задач.

### 1. Расчетно-аналитическая задача

*Дано:* Инженерно-технический состав выполняет подготовку к полету беспилотного воздушного судна (БВС) квадрокоптерного типа. Полная полетная масса БВС (включая планер, аккумулятор и полезную нагрузку) составляет: $m$=4,8кг. *Ускорение свободного падения принимается равным: $g$=9,81м/с2.*Силовая установка состоит из 4 одинаковых бесколлекторных электродвигателей с фиксированными пропеллерами. Максимальная статическая тяга, развиваемая одним двигателем на максимальных оборотах, составляет: $Fmax$1=22 Н.

*Задание*

1. Рассчитать суммарную силу тяжести ($G$), действующую на БВС в полете, и определить минимально необходимую статическую тягу одного двигателя для обеспечения режима устойчивого висения аппарата ($F$вис1).
2. Вычислить полную располагаемую максимальную тягу силовой установки ($Fmax_$сум) и определить коэффициент тяговооруженности БВС ($\mu$=$Fmax_$сум/$G$).
3. Сделать вывод: соответствует ли полученный коэффициент тяговооруженности нормативным инженерным требованиям обеспечения динамичного маневрирования и парирования порывов ветра (согласно стандартам проектирования БАС, коэффициент тяговооруженности $\mu$ для мультироторов должен быть не менее 1,8–2,0)?

## 2.Ситуационная задача

***Ситуация.*** При выполнении автоматического полета по точкам (*Waypoint*) беспилотного воздушного судна самолетного типа (длина крыла 2,5 м, силовая установка — ДВС) на удалении 3 км от наземного пункта управления, оператор НПУ по каналу телеметрии зафиксировал резкое отклонение БВС от заданной траектории. Аппарат начал самопроизвольно заваливаться в правый крен с одновременным быстрым снижением высоты, совершая спиральное движение.

На экране наземной станции индикаторы спутниковой навигации (ГЛОНАСС/GPS) показывают стабильный прием («зеленый уровень», 14 спутников), радиосвязь устойчивая, обороты двигателя соответствуют норме, однако датчик угловой скорости по крену выдает фиксированное значение «+45°/с» без изменений, несмотря на автоматические попытки автопилота отклонить левый и правый элероны в крайние противоположные положения для выравнивания.

***Вопросы и задания***

1. На основе анализа данных телеметрии определите первопричину (дефект) в аппаратной части БВС, приведшую к потере пространственной ориентации и сваливанию аппарата.
2. Объясните физический смысл противоречия в поведении системы: почему автопилот выдает максимальные команды на сервоприводы элеронов, но траектория полета не выравнивается?
3. Какие регламентные работы при послеполетном анализе лог-файлов полетного контроллера (черного ящика) должен выполнить инженер БАС для официального подтверждения данного отказа?

Самостоятельная работа студентов включает подготовку к аудиторным занятиям, решение задач, изучение дополнительной литературы, а также выполнение индивидуальных заданий. В качестве самостоятельной работы студентам предлагаются задачи для самостоятельного решения. Решение задач предназначено для проверки студентов на предмет освоения теоретического и практического материала и проводится после изучения основных тем.

Промежуточная аттестация по итогам изучения дисциплины проводится в форме зачета. К моменту сдачи зачета должны быть успешно пройдены все предшествующие формы контроля. Зачет позволяют оценить уровень освоения компетенций за весь период изучения дисциплины.

## 6. Перечень основной и дополнительной литературы

### 6.1 Основная литература


1. Поляков, К. Ю. Основы мехатроники и робототехники : учебник и практикум для вузов / К. Ю. Поляков. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 354 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-14205-1.
2. Милов, В. Р. Автоматика и автоматизация систем управления : учебник и практикум для вузов / В. Р. Милов, И. В. Шалашов. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 352 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-15102-2.
3. Гусев, В. Г. Электроника и микропроцессорная техника : учебник для вузов / В. Г. Гусев, Ю. М. Гусев. — 6-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 799 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-00216-4.
4. Нефедов, В. И. Основы радиоэлектроники и связи : учебник для вузов / В. И. Нефедов, А. С. Сигов. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 525 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-03102-7.


### 6.2 Дополнительная литература


1. Попов, С. А. Беспилотные летательные аппараты: проектирование, конструкция и техническая эксплуатация : учебное пособие / С. А. Попов, В. М. Кузнецов. — Москва : Издательство МАИ, 2021. — 184 с.
2. Грумондз, В. Т. Автоматическое управление беспилотными воздушными судами : учебное пособие / В. Т. Грумондз, А. В. Яковлев. — Москва : ИД Академии Жуковского, 2022. — 136 с.
3. Руководство пользователя программным комплексом Mission Planner и QGroundControl для планирования полетных заданий БАС. — Электронная версия официальной документации разработчиков ПО ArduPilot / PX4. — 2025.
4. Человеческий фактор и безопасность полетов беспилотной авиации : научно-методическое пособие / под ред. проф. Ю. М. Чинючина. — Москва : МГТУ ГА, 2023. — 96 с.


### 6.3 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Система дистанционного обучения СмолГУ (moodle.smolgu.ru).
2. Национальный открытый университет (intuit.ru).
3. Научная библиотека Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова (www.lib.msu.su/index.html).
4. Научная библиотека Санкт-Петербургского государственного университета (www.lib.pu.ru).
5. Российская Государственная Библиотека (www.rsl.ru).
6. Научная электронная библиотека (elibrary.ru).

## 7. Материально - техническое обеспечение

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, в том числе:

- стандартная учебная мебель (50 посадочных мест);
- стол и стул для преподавателя (по 1 шт.);
- кафедра для лектора (1 шт.);
- доска настенная трехэлементная (1 шт.);
- переносной настенный экран ViewScreen (1 шт.);
- мультимедийный проектор NEC (1 шт.);
- ноутбук Asus (1 шт.);
- колонки Genius (1 пара)

Учебный класс АО «СмАЗ», оснащенный: стандартная учебная мебель на 30

посадочных мест; стол и стул для преподавателя; мультимедийный проектор TouYinger Q10W PLUS Full HD, 13000 люменов со встроенным Android (1 шт.); интерактивная доска «nano smart blackboard», 86", Android 3+32, ПК 4-е поколение (1 шт.); ноутбук Honor MagicBook X14 2025 Win 11 (1 шт.); колонки Edifier MR3, 2-полосн, активные, Hi-Res (2 шт.); наглядные учебные пособия; модели самолетов и вертолетов.

Помещение для самостоятельной работы, оснащенное компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду организации, в том числе: компьютеры (12 шт.); компьютерный студенческий стол (12 шт.); стол и стул для преподавателя (по 1 шт.); доска настенная трехэлементная (1 шт.).

## 8. Программное обеспечение

Microsoft Open License (Windows XP, 7, 8, 10, Server, Office 2003-2016), лицензия 66975477 от 03.06.2016 (бессрочно).

Обучающимся обеспечен доступ к ЭБС «Юрайт», а также доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.