

Научная статья

УДК 621.391:514.743.4

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЕКТА ПРИВЯЗНОГО БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА НА ОХРАНЯЕМЫХ ОБЪЕКТАХ

Анна Александровна Ярцева¹, Александр Витальевич Лубенцов²

^{1, 2} Воронежский институт ФСИН России, Воронеж, Россия

¹ vifsin@mail.ru

² lubensov@mail.ru

Аннотация. В работе приведено описание проекта привязного беспилотного летательного аппарата, реализуемого на охраняемых объектах. Рассмотрены преимущества данного проекта относительно проектов с использованием аэростатов и непосредственного возведения высотных платформ, реализуемых совместно с системой видеонаблюдения. А также описаны комплектующие предложенной системы и принцип работы привязной системы в целом.

Ключевые слова: привязной беспилотный летательный аппарат, система мониторинга, ретрансляция

Для цитирования: Ярцева А. А., Лубенцов А. В. Реализация проекта привязного беспилотного летательного аппарата на охраняемых объектах // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России = Scientific creativity of youth to the forest complex of Russia : материалы XXI Всероссийской (национальной) научно-технической конференции студентов и аспирантов. Екатеринбург : УГЛТУ, 2025. С. 648–654.

Original article

IMPLEMENTATION OF THE PROJECT OF A TETHERED UNMANNED AERIAL VEHICLE AT PROTECTED FACILITIES

Anna A. Yartseva¹, Alexander V. Lubentsov²

^{1, 2} Voronezh Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia,
Voronezh, Russia

¹ vifsin@mail.ru

² lubensov@mail.ru

Abstract. The article describes the project of a tethered unmanned aerial vehicle implemented at protected facilities. The advantages of this project are considered in relation to projects using balloons and the direct construction of high-rise platforms implemented in conjunction with a video surveillance system. Also, the components of the proposed system and the principle of operation of the tethered system as a whole are described.

Keywords: tethered unmanned aerial vehicle, monitoring system, relay

For citation: Yartseva A. A., Lubentsov A. V. (2025) Realizaciya proekta privyaznogo bespilotnogo letatel'nogo apparata na ohranyaemykh ob'ektax [Implementation of the project of a tethered unmanned aerial vehicle at protected facilities]. Nauchnoe tvorchestvo molodezhi – lesnomu kompleksu Rossii [Scientific creativity of youth to the forest complex of Russia] : proceedings of the XXI All-Russian (national) Scientific and Technical Conference of undergraduate and postgraduate students. Ekaterinburg : USFEU, 2025. Pp. 648–654. (In Russ).

В последние годы создание систем мониторинга, охраны, разведки и ретрансляции радиосигналов на основе беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) становятся все более популярными. Ключевую роль БПЛА играют в ведомственных и силовых структурах. Использование БПЛА позволяет оптимизировать ряд задач, непосредственно связанных с выполнением служебной деятельности. Как правило, применение БПЛА направлено на обеспечение безопасности объектов путем мониторинга подконтрольной зоны [1]. Для решения задачи мониторинга целесообразно использование БПЛА привязного типа. Это обуславливается продолжительностью работы привязной системы, которая, в отличие от обычного БПЛА, может работать значительно дольше. Концепция привязного БПЛА (ПБПЛА) возникла с появлением беспилотных аэростатических самолетов и других летательных средств с вертикальным взлетом и посадкой. Идея концепции ПБПЛА заключается в том, что беспилотник непосредственно привязан к наземной станции с помощью кабеля или другого соединительного элемента, что обеспечивает более стабильное и надежное управление дроном, а также позволяет ограничить его радиус действия и предотвратить потерю связи [2]. Отличительной особенностью концепции является использование кабеля связи и питания, который одновременно выполняет функции удерживающего кабеля, кабеля питания и линии связи.

Преимущества ПБПЛА:

- длительный период непрерывной работы;
- возможность мониторинга периметра в режиме реального времени;
- оценка рисков и выявление потенциальных угроз;
- простота эксплуатации;
- устойчивость к помехам и высококачественная передача данных;
- высокая стабильность и надежность;

- эффективность в различных сферах применения;
- универсальность и адаптивность к различным задачам.

Принцип развертывания и функционирования ПБПЛА представлен на рис. 1.



Рис. 1. Последовательность действий при работе с ПБПЛА

Привязная система включает в себя сам беспилотник, кабель-трос, наземную станцию, наземный источник питания и полезную нагрузку.

Летательный аппарат:

1. Рама. Это каркас мультикоптера, который соединяет все его компоненты. Рама обычно изготавливается из легких и прочных материалов, таких как углеродное волокно или алюминий, рис. 2.

2. Полетный контроллер. Это «ядро» системы. Механизм, который осуществляет управление БПЛА. Получив информацию от датчиков (акселерометров, гироскопов, GPS), которые в свою очередь фиксируют всю динамику движения БПЛА, он ее обрабатывает и передает команды моторам, рис. 3.



Рис. 2. Рама БПЛА



Рис. 3. Контроллер БПЛА

3. Двигатели. Каждый винт подключен к электрическому мотору, который вращает его. Чаще всего используются бесколлекторные моторы (BLDC), которые обеспечивают большую эффективность и долговечность, рис. 4.

4. Пропеллеры. Их количество зависит от конструкции мультикоптера (например, квадрокоптер имеет 4 пропеллера). Пропеллеры создают подъемную силу за счет вращения, рис. 5.



Рис. 4. Двигатель БПЛА



Рис. 5. Пропеллеры БПЛА

5. Электронный регулятор оборотов (ESC) Устройство, предназначенное для регулирования скоростью вращения моторов. ESC получает сигналы от полетного контроллера и в соответствии с этими данными корректирует скорость моторов (рис. 6).

Наземная станция:

- предоставляет оператору возможность управлять дроном, а также получать данные с его сенсоров. Обычно такие станции оснащены специализированным программным обеспечением для мониторинга и управления полетом, а также высококачественными дисплеями для отображения видеоинформации и данных с аппаратуры, установленной на БПЛА. С помощью наземной станции операторы могут эффективно осуществлять контроль, координацию и управление БПЛА в режиме реального времени.

Системы связи. Обеспечивают беспроводное взаимодействие с БПЛА и принимают сигналы от него. Передатчик устанавливается у оператора, а приемник – непосредственно на БПЛА. Обычно используются диапазоны 2.4 ГГц и 5.8 ГГц для передачи данных и управления.

Система удерживания (рис. 8):

- трос. Кабель, который обычно изготавливается из прочного и легкого материала, соединяющий дрон с наземной станцией и обеспечивающий как питание, так и передачу данных (в случае необходимости);
- крепежные механизмы. Обеспечивают надежное закрепление троса на земле, что исключает его запутывание.

Наземный источник питания. Это устройство или система, предназначенные для обеспечения непрерывным электропитанием БПЛА в течение неограниченного времени. Он позволяет поддерживать стабильную работу дрона и предотвращает потерю связи с ним (рис. 7).



Рис. 6. Электронный регулятор скорости для двигателей БПЛА



Рис. 7. Наземная станция питания БПЛА



Рис. 8. Система удерживания ПБПЛА (кабель-тросс, крепежный механизм)



Рис. 9. Полезная нагрузка для БПЛА (видеокамера)

Полезная нагрузка:

- камеры. Для осуществления видеомониторинга и съемки (рис. 9);
- защита от осадков, ветра и пыли.

Сенсоры:

- системы GPS. Для определения местоположения и навигации;
- гироскопы: используются для измерения угловой скорости и поддержания стабильности полета;
- акселерометры. Позволяют измерять ускорение и определять ориентацию дрона в пространстве;
- лидары. Используются в случае необходимости создания 3D-карт местности или объекта;
- сенсоры окружающей среды. Предоставляют информацию о различных параметрах (температура, влажность, и т. д.);

Каждый из этих элементов играет важную роль в работе ПБПЛА и его способности выполнять конкретные задачи в зависимости от целей операции.

Использование видеокамер с высокой разрешающей способностью в качестве полезной нагрузки, устанавливаемой на ПБПЛА, значительно облегчает деятельность сотрудников государственных и частных подразделений, основная задача которых направлена на обеспечение безопасности охраняемого объекта. Вся информация, находящаяся в «поле зрения» видеокамеры, транслируется на пост оператора ПБПЛА, благодаря чему возникает возможность оперативного реагирования при возникновении различного рода правонарушений. Кроме того, аналогично различным комплексам безопасности, включающим подсистему видеонаблюдения, встроенные компоненты ПБПЛА позволяют осуществлять запись инцидентов для последующего анализа. Необходимо отметить, что некоторые модели БПЛА могут быть интегрированы с системами распознавания и идентификации лиц, функционирующими с помощью искусственного интеллекта. В последнее время данное направление является наиболее перспективным и популярным, особенно в области обеспечения безопасности и наблюдения. Это

обуславливается скоростью распознавания «образов» и последующим ходом решения задач. Принцип заключается в следующем: для распознавания того или иного «образа» (человека, объекта, предмета, действия и т. д.) необходимо создать достаточно большую базу данных, на основании которой будет сформирован dataset. Выделив признаки и их комбинации для идентификации похожих объектов, можно обучить модель машинного обучения распознавать нужные типы закономерностей. Определив цель и поставив задачи, модель обучается конкретно под определенный объект с учетом его специфики. Однако при использовании данного способа присутствует определенный процент ошибочного распознавания. В этих случаях необходимо «дообучать» модели посредством внесения новых данных, т. е. увеличения базы данных. Одной из самых популярных архитектур нейронных сетей для таких задач, является YOLO (you only look once). С помощью данной модели можно решить достаточно широкий спектр задач в контексте мониторинга охраняемых зон. Установка модели машинного обучения в данном случае может осуществляться двумя способами:

- 1) непосредственно на видеокамере;
- 2) на базе пульта управления.

Выявленное правонарушение с помощью технологии распознавания «образов» дополнительно может сопровождаться свето-звуковыми сигналами для отпугивания и предупреждения потенциальных правонарушителей [3]. Это может также служить сигналом для сотрудников о необходимости вмешательства. При том в случае возникновения инцидента привязной БПЛА предоставляет оператору необходимую информацию для оценки ситуации, тем самым помогая сотрудникам принять обоснованное решение о дальнейших действиях [4].

Привязной БПЛА может быть интегрирован с другими системами безопасности, такими как видеонаблюдение, сигнализация и системы контроля доступа. Это позволяет создать единую систему, которая работает в реальном времени, повышая общую эффективность охраны объекта. Это может быть полезным на объектах критической важности, а также при проведении массовых мероприятий.

Большинство привязных моделей, предназначенных для мониторинга широкоплощадных территорий, устойчивы к погодным условиям, так как находятся на привязи и могут быть защищены от ветра и дождя [5].

Фактически БПЛА на проводе может заменить любую вышку высотой в сто метров и смонтированной на ней видеокамерой, строительство которой занимает много времени и средств, а также может быть невозможным в некоторых местах.

Кроме того, использование ПБПЛА имеет ряд преимуществ и перед аэростатом. Использование аэростатных устройств требует дополнительных усилий в их обслуживании. Это связано с размером аэростата, а также

в процессе эксплуатации возникает зависимость от центров заправки гелием – текущий газ просачивается через оболочку и аэростат необходимо спустать для повторной накачки не менее двух раз в месяц.

Таким образом, использование привязного беспилотника для обеспечения безопасности охраняемых объектов является современным и эффективным подходом, который сочетает в себе технологические преимущества и практическую применимость.

Список источников

1. Лубенцов А. В., Ярцева А. А. Системный анализ применения БПЛА привязного типа для мониторинга объекта и создания зоны связи // Карбышевские чтения. Наше дело правое – победа будет за нами! : сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. 2023. С. 236–243.
2. Фетисов В. С., Кулбаев Б. Р. Содержание и развитие концепции «привязанный беспилотный летательный аппарат» // Альманах современной науки и образования. 2014. № 3 (82). С. 170–173.
3. Лубенцов А. В., Душкин А. В. Комплексные системы безопасности: системный анализ, архитектура, управление жизненным циклом. Воронеж : Научная книга, 2022, 254 с.
4. Масюков М. В., Лукашов П. П., Третьяков В. Ю. Мониторинговая платформа с системой питания // Вестник НИЦ ВА РВСН. 2021. № 3. С. 40–45.
5. Лиско В. В. Современная беспилотная техника М. : АСТ, 2023. С. 95–131.