

УДК 625.1, 625.171, 625.172

А.М. Давтян, Т.Н. Асалханова

Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы применения беспилотных авиационных систем (БАС) на железнодорожном транспорте. Целью исследования является изучение нормативных документов по системе видеоконтроля, анализ конструкций, технических характеристик и функций беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), которые составляют основную часть беспилотных авиационных систем железнодорожного транспорта, а также рассмотрение возможностей моделирования объектов видеонаблюдения для построения цифрового двойника. Исследования проводятся на основе данных, полученных в региональных дирекциях, расположенных на территории Восточно-Сибирской железной дороги. Применение БАС позволяет решать достаточно широкий класс производственных задач, связанных с дистанционным видеоконтролем за состоянием объектов инфраструктуры, в том числе за проведением ремонтно-восстановительных работ. Тем не менее, существуют проблемы эффективного использования беспилотных летательных аппаратов, что затрудняет процессы моделирования и построения цифровых двойников объектов инфраструктуры. Для решения поставленных задач перед БАС необходимо дополнить имеющийся парк БПЛА теми летательными аппаратами, которые помогут ускорить процессы моделирования, в том числе для построения прогнозов по техническому состоянию и планированию работ по техническому обслуживанию, ремонту в условиях повышения грузонапряженности на сети железных дорог.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, железнодорожный транспорт, система видеоконтроля, объекты инфраструктуры, железнодорожный путь.

А.М. Davtyan, T.N. Asalkhanova

Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation

THE USE OF UNMANNED AIRCRAFT SYSTEMS IN RAILWAY TRANSPORT

Abstract. The article discusses the use of unmanned aircraft systems (UAS) on railway transport. The purpose of the study is to study regulatory documents on the video monitoring system, analyze the designs, technical characteristics and functions of unmanned aerial vehicles (UAVs), which make up the bulk of unmanned aviation systems of railway transport, as well as consider the possibilities of modeling video surveillance objects to build a digital twin. The research is carried out on the basis of data obtained from regional directorates located on the territory of the East Siberian Railway. The use of BAS makes it possible to solve a fairly wide class of production tasks related to remote video monitoring of the condition of infrastructure facilities, including repair and restoration work. Nevertheless, there are problems with the effective use of unmanned aerial vehicles, which complicates the modeling processes and construction of digital doubles of infrastructure objects. To solve the tasks assigned to the UAS, it is necessary to supplement the existing fleet of UAVs with those aircraft that will help speed up the modeling processes, including for making forecasts on the technical condition and planning maintenance and repair work in conditions of increased load on the railway network.

Keywords: unmanned aerial vehicle, railway transport, video monitoring system, infrastructure facilities, railway track.

Введение

Беспилотная авиационная система (БАС) - комплекс, включающий одно или несколько беспилотных воздушных судов, оборудованных системами навигации и связи, средствами обмена данными и полезной нагрузкой, а также наземные технические средства передачи-получения данных, используемые для управления полетом и обмена данными о параметрах полета, служебной информацией и информацией о полезной нагрузке такого или таких воздушных судов, и канал связи со службой управления воздушным движением [1].

В настоящее время на железнодорожном транспорте средствами БАС оснащены несколько хозяйств, в том числе Центральная и региональные дирекции по ремонту пути (ДРП), дирекции аварийно-восстановительных средств, Центральная и региональные дирекции инфраструктуры (региональные дирекции диагностики и мониторинга – РЦДМ) и другие.

На территории Восточно-Сибирской железной дороги (ВСЖД) беспилотные летательные аппараты (БПЛА) эксплуатируются в Восточно-Сибирской дирекции по ремонту пути (ДРП), дирекции связи, дирекции по восстановительно-аварийным системам (ДАВС), региональном центре диагностики и мониторинга (РЦДМ – структурное подразделение Центральной дирекции инфраструктуры).

Основные направления при использовании БАС для решения производственных задач, в частности в путевом хозяйстве, – это видеоконтроль за состоянием объектов, на которых производятся ремонтные или ремонтно-восстановительные работы, построение схем производственных баз путевых машинных станций и опытных путевых машинных станций и их трехмерной визуализации, контроль положения ремонтируемого пути для определения отклонения геометрических параметров железнодорожного пути относительно проектных.

Анализ технических особенностей беспилотных летательных аппаратов

Анализ конструкций и технических характеристик БПЛА показал, что в дирекциях используется один из типов «дронов» – это квадрокоптеры с четырьмя несущими винтами и с навесным оборудованием для дистанционного наблюдения за объектами инфраструктуры, выполнения аэрофото- и видеосъемки. В основном – это дроны, произведенные в Китае фирмой - DJI. В качестве навесного оборудования используются видеокамеры, на некоторых моделях установлены тепловизионные камеры (DJI Mavic 2 Enterprise Advanced) и геосканеры.

В холдинге внедряется еще один БПЛА – вертолетный дрон (DJI Phantom 4 RT), который позволяет производить геодезическую съёмку и картографирование местности с высокой точностью позиционирования (до сантиметров), построить топографический план. У данного типа БПЛА имеется возможность обнаруживать деформации земляного полотна и поверхностные смещения грунтов, что очень важно для того, чтобы не допустить дефектов железнодорожного пути. На дрон установлено оборудование GNSS (глобальная навигационная спутниковая система) и спутниковая система позиционирования RTK. Стоимость таких дрон достаточно высока. Такой дрон используют уже некоторые РЦДМ на сети дорог.

Необходимость в усовершенствовании БПЛА связана с конструктивными особенностями используемых в ОАО «РЖД» аппаратов. На рисунке 1 представлен один из БПЛА, который применяется для видеоконтроля в период выполнения ремонтных работ на железнодорожном пути.



Рис. 1. Квадрокоптер DJI Mini 3 Pro

По конструктивным особенностям существующих на рынке дронов достаточно много написано в научной литературе. Разработаны нормативные документы и в ОАО «РЖД», и в других отраслях экономики, где нашли свое применение БПЛА [2-12]. По типу конструкций дроны делятся на мультироторные; с неподвижным крылом; вертолетные; гибридные [2-6]. Наибольшее распространение получили дроны с четырьмя винтами – квадрокоптеры, которые используются и в холдинге. Выбор предприятий квадрокоптеров объясняется несколькими преимуществами по сравнению с другими типа: разнообразие размеров – от мини до больших с возможностью перевозки грузов; наличие встроенной системы стабилизации, что позволяет аппарату обеспечивать устойчивый полет и минимальную вибрацию; простое и доступное управление дроном; встроенные камеры для фото и видеосъемок [7-11].

Технические возможности квадрокоптеров позволяют производить полёты на высоте от 150 и более метров со скоростью 15 м/с и снижаться при необходимости. Дрон может работать автономно или управляться дистанционно через наземную станцию оператором-человеком.

Беспилотные летательные аппараты на железнодорожном транспорте

Для железнодорожного транспорта, и, в частности, для путевого хозяйства, с помощью квадрокоптеров можно проводить оценку местности (аэрофотосъемка) с последующей камеральной обработкой, что позволит решить следующие задачи [13-15]:

- определение провиса контактных путей и выявление дефектов;
- контроль санитарного состояния полосы отвода;
- обследование мест «больного» земляного полотна и скально-обвальных участков;
- инвентаризация электросетевого хозяйства;
- подготовка топопланов и рельефа местности;
- построение продольных и поперечных профилей пути;
- определение размеров и габаритов элементов железнодорожных путей;
- возможность удаленного приема груженных вагонов в коммерческом отношении на малодеятельных станциях, где отсутствует приемосдатчик груза и багажа;
- контроль за строительством и ремонтными работами;
- обследование места схода подвижного состава, лавин для оперативной оценки ситуации и организации устранения последствий аварий;
- интеграция данных с БПЛА в корпоративные информационные системы, например, систему ЕК АСУИ – для планирования и организации работ по текущему обслуживанию пути.

Невозможно полностью исключить стандартные методы видеоконтроля (выезд группы специалистов для полевых работ, обследование железнодорожного пути с помощью путеизмерительных комплексов, мобильных средств диагностики), но данные с БПЛА позволят значительно дополнить информацию с других средств диагностики и мониторинга, и в режиме реального времени в ЕК АСУИ (или в системе АСУ БИМ) моделировать конкретные участки пути с построением цифровых двойников.

Несмотря на большое количество преимуществ, квадрокоптеры имеют существенные недостатки, которые необходимо или устранять с помощью доработки существующих дронов (но это нарушает условия заводской гарантии на техническое обслуживание), или внедрять новые типы конструкций.

Эксплуатируемые на железнодорожном транспорте БПЛА имеют значительные ограничения, связанные с климатическими условиями, особенно для районов Восточной Сибири, Бурятии, на которых расположена ВСЖД. Один из существенных недостатков таких дронов – это работа только при температуре воздуха от +20 до -10⁰ С и отсутствии ветра, осадков. Также имеются ограничения по энергоносителям – полет не более 30 минут и заряд аккумуляторов на земле более 2 часов. Эти обстоятельства влияют и на качество видеоконтроля проведения капитальных и средних ремонтов железнодорожного пути в период технологических «окон», продолжительность которых от 2 и более часов (нет возможности парения над объектами мониторинга).

Вышеуказанные ограничения также снижают эффективность работы БПЛА, используемых на аварийно-восстановительных поездах. Данные дроны предназначены для видеофиксации мест нарушений или аварий. Особенно сложно их использовать в зимний период года или в районах, где температурный режим от +40⁰ (летом) до -50⁰ С (зимой), при этом погода ветреная и с осадками.

Проблемы в использовании БПЛА существуют и для Восточно-Сибирской дирекции инфраструктуры. Некоторые участки железнодорожного пути Транссиба проходят рядом со скально-обвальными, селевыми и лавиноопасными зонами. Необходим постоянный контроль за состоянием таких участков с помощью БПЛА, но это очень сложно проводить из-за непродолжительности полета квадрокоптера.

Предложение

Для снижения выявленных проблем предлагаем рассмотреть возможность применения других типов БПЛА, например, конвертоплана. Данный тип конструкции может оснащаться не только аккумуляторными батареями, и гибридной силовой установкой, что позволит осуществлять полет длительностью от 2 и более часов. Конвертопланы могут парить над объектом фото и видеосъемок, а также дооснащаться различным съемным оборудованием, которое необходимо для выполнения определенных задач.

Один из важных моментов при изготовлении конвертоплана – это использование облегченных материалов [8], что позволит снизить вес дрона и его стоимость; а также замена импортного оборудования и программного обеспечения на отечественные компоненты и разработки. На рисунке 2 представлен макет конвертоплана «ИнфраСкан», разработанный на кафедре «Путь и путевое хозяйство» ИрГУПС.



Рис. 2. Макет конвертоплана «ИнфраСкан»

Рынок отечественных дронов увеличивается, что позволяет надеяться на появление улучшенных конструкций БПЛА для железнодорожного транспорта.

Заключение

Таким образом, спектр действия БАС достаточно широк, чтобы решать многие проблемы, возникающие на железнодорожном транспорте – это постоянный мониторинг объектов инфраструктуры, который позволяет выявить незаконные вмешательства, совершаемые на открытой местности; осмотры санитарной зоны вдоль железнодорожного пути; выявление расхождений между проектными координатами на выполнение работ капитального характера и фактическим расположением участков пути и т.п.

Для решения поставленных задач перед железнодорожным транспортом, особенно связанных с безопасностью движения, необходимо усовершенствовать систему видеоконтроля железнодорожного пути в части использования беспилотных летательных аппаратов, которые эксплуатируются в холдинге, т.к. они не в полной мере отвечают тем требованиям, которые предъявляются к средствам видеодигностики и мониторинга.

Предлагаемый конвертоплан мог бы исключить те риски, которые существуют в настоящее время при оценке состояния, планировании и организации работ на объектах железнодорожной инфраструктуры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Технологическая инструкция применения беспилотных авиационных систем в хозяйстве центральной дирекции по ремонту пути в части построения масштабных планов путевых машинных станций и их трехмерной визуализации, контроля положения ремонтируемого пути для определения отклонения геометрических параметров железнодорожного пути относительно проектных, мониторинга проведения ремонтных работ : утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 01.06.2021 г. № 1240р.

2. Рэндал У. Биард, Тимоти У. МакЛэйн. Малые беспилотные летательные аппараты: теория и практика. - Москва: ТЕХНОСФЕРА. - 2015. – 312 с.

3. Руйбис А. Беспилотные летательные аппараты: новейшие разработки // Воздушно-космическая сфера - 2016. - №3/4(88/89) - С. 90-97.
4. Плисеина Е.А., Овчинникова Т.В. Решение глобальных проблем современного общества посредством использования беспилотных летательных аппаратов // Лучшая студенческая статья 2019. Сборник статей XXV Международного научно-исследовательского конкурса : в 2 ч.. - 2019. - С. 29-34.
5. Олейников С.С. Система управления многофункционального беспилотного летательного аппарата комбинированной схемы с полезной нагрузкой 250 кг // Авиакосмические технологии (АКТ-2018). Тезисы XX Международной научно-технической конференции и школы молодых ученых, аспирантов и студентов. - 2019. - С. 29-31.
6. Файзуллин Н.Н. Использование беспилотных летательных аппаратов и беспилотных аппаратов в работе силовых структур в России и зарубежных странах // Евразийский юридический журнал. - 2019. - № 9(136). - С. 289-291.
7. Павлюченко А.А. Имитационно-статистическая модель оценки эффективности комплекса ударного беспилотного летательного аппарата многоцелевого применения // Авиакосмические технологии (АКТ-2018). Тезисы XX Международной научно-технической конференции и школы молодых ученых, аспирантов и студентов. - 2019. - С. 95-96.
8. Гаврилова Л.А., Костеша В.А., Юнусов А.Г. Опыт использования материалов с беспилотных летательных аппаратов для создания картографической основы ГИС автомобильных дорог // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. - 2019. - Т. 63. - № 4. - С. 446-454.
9. Алексеев М.А., Маризина В.Н. Проектирование программного комплекса для удаленного управления беспилотными летательными аппаратами (для сферы тушения лесных пожаров) // Актуальные вопросы естественных наук и пути решения сборник материалов V научно-практической конференции студентов и школьников с международным участием. - 2019. - С. 270-276.
10. Васечкин, Ю.С. Датчики информации летательных аппаратов / Ю.С. Васечкин, Ю.Г. Оболенский - М. : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана. - 2008. - 56 с.
11. Федотова В.Д., Баженова А.В. Применение дронов на железнодорожном транспорте // Научное сообщество студентов: Междисциплинарные исследования: сб. ст. по мат. X междунар. студ. науч.-практ. конф. № 7(10). – 2016. - С. 413-418.
12. Об обеспечении ОАО «РЖД» услугами видеосъемки с использованием беспилотных воздушных судов – утв. распоряжением ОАО «РЖД» № 2279/р от 15.10.2020.
13. Лагерева С.Ю., Карпов И.Г., Насников Д.Н., Асалханова Т.Н. Комплексное решение постановки плана железнодорожного пути в проектное положение / С.Ю. Лагерева, И.Г. Карпов, Д.Н. Насников, Т.Н. Асалханова // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. - № 2(74). – 2022. – С. 58-68.
14. Асалханова Т.Н., Карпов И.Г. Автоматизация ранжирования критериев, влияющих на безотказность железнодорожного пути / Т.Н. Асалханова, И.Г. Карпов // Вестник транспорта Поволжья. – № 2(86). - 2021. – С. 26-33.
15. Асалханова Т.Н., Осолков А.А. Организация транспортного производства путевых работ с учетом информационного моделирования / Т.Н. Асалханова, А.А. Осолков // Транспорт Урала - № 3(70) – 2021. – С. 65-67.

REFERENCES

1. Randal W. Beard, Timothy W. McLane. Small unmanned aerial vehicles: theory and practice. Moscow: TECHNOSPHERE, 2015. – 312 p.
2. Ruibis A. Unmanned aerial vehicles: the latest developments // Aerospace sphere No.3/4(88/89), 2016, pp. 90-97
3. Pliseina E.A., Ovchinnikova T.V. Solving global problems of modern society through the use of unmanned aerial vehicles // The best student article 2019 collection of articles of the XXV International Research Competition: in 2 hours. 2019. pp. 29-34.

4. Oleynikov S.S. Control system of a multifunctional unmanned aerial vehicle of a combined scheme with a payload of 250 kg // Aerospace technologies (ACT-2018) Abstracts of the XX International Scientific and Technical Conference and school of young scientists, postgraduates and students. 2019. pp. 29-31.

5. Fayzullin N.N. The use of unmanned aerial vehicles and unmanned vehicles in the work of law enforcement agencies in Russia and foreign countries // Eurasian Legal Journal. 2019. No. 9 (136). pp. 289-291.

6. Pavlyuchenko A.A. Simulation and statistical model for evaluating the effectiveness of a reusable unmanned aerial vehicle strike complex // Aerospace technologies (ACT-2018) Abstracts of the XX International Scientific and Technical Conference and school of young scientists, postgraduates and students. 2019. pp. 95-96.

7. Gavrilova L.A., Kostesha V.A., Yunusov A.G. The experience of using materials from unmanned aerial vehicles to create a cartographic basis for gis of highways // Izvestia of higher educational institutions. Geodesy and aerial photography. 2019. Vol. 63. No. 4. pp. 446-454.

8. Alekseev M.A., Marizina V.N. Designing a software complex for remote control of unmanned aerial vehicles (for the field of extinguishing forest fires) // Topical issues of natural sciences and solutions collection of materials of the V scientific and practical conference of students and schoolchildren with international participation. 2019. pp. 270-276.

9. Vasechkin Yu.S., Sensors of aircraft information : / Vasechkin Yu.S., Obolensky Yu.G. - M. : Publishing House of Bauman Moscow State Technical University, 2008. - 56 p.

10. Fedotova V.D., Bazhenova A.V. The use of drones on railway transport // Scientific community of students: Interdisciplinary research: collection of articles on mat. X International Student Scientific and practical Conference No. 7(10). С. 413 – 419

11. On providing JSC "Russian Railways" with video shooting services using unmanned aircraft – approved by Order of JSC "Russian Railways" No. 2279/r dated 10/15/2020.

12. On providing JSC "Russian Railways" with video shooting services using unmanned aircraft - approved by the Order of JSC "Russian Railways" No. 2279/r dated 10/15/2020.

13. Lagerev S.Yu., Karpov I.G., Nasnikov D.N., Asalkhanova T.N. A comprehensive solution for setting the railway track plan in the design position / S.Yu. Lagerev, I.G. Karpov, D.N. Nasnikov, T.N. Asalkhanova // Modern technologies. System analysis. Modeling. - № 2(74). – 2022. – Pp. 58-68.

14. Asalkhanova T.N., Karpov I.G. Automation of ranking criteria affecting the reliability of the railway track / T.N. Asalkhanova, I.G. Karpov // Bulletin of Transport of the Volga region. – № 2(86). - 2021. – Pp. 26-33.

15. Asalkhanova T.N., Oskolkov A.A. Organization of transport production of track works taking into account information modeling / T.N. Asalkhanova, A.A. Oskolkov // Transport of the Urals - № 3(70) – 2021. – Pp. 65-67.

Информация об авторах

Давтян Артур Мартикович – студент 5 курса, специальность «Строительство железных дорог, мостов, транспортных тоннелей», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: artur.davtyan.2000@list.ru

Асалханова Татьяна Николаевна – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры «Путь и путевое хозяйство», Иркутский государственный университет путей сообщения, г.Иркутск, e-mail: asalk-tatyana@yandex.ru

Information about the authors

Davtyan Artur Martikovich – 5th year student, specialty – Construction of railways, bridges, transport tunnels, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: artur.davtyan.2000@list.ru

Asalkhanova Tatiana Nikolaevna – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department "Way and Track Management", Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: asalk-tatyana@yandex.ru