

## МОНИТОРИНГ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ С ПОМОЩЬЮ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

К.Д. Чурляева\*, С.Ф. Степанов\*\*

\*Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,  
Россия, Саратов, [churlyaeva95@yandex.ru](mailto:churlyaeva95@yandex.ru).

\*\* Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,  
Россия, Саратов, [epp@sstu.ru](mailto:epp@sstu.ru).

*Аннотация.* Описаны преимущества применения беспилотных летательных аппаратов для мониторинга элементов сетевой инфраструктуры, осмотра трасс линий электропередачи для выявления технологических нарушений, проверки состояния просек воздушных линий электропередачи, тепловизионного контроля и других целей.

*Ключевые слова:* мониторинг, линии электропередачи, беспилотный летательный аппарат, квадрокоптер.

## MONITORING OVERHEAD POWER LINES BY UNMANNED AERIAL VEHICLES

K.D. Churlyaeva\*, S.F. Stepanov\*\*

\* Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia, Saratov, [churlyaeva95@yandex.ru](mailto:churlyaeva95@yandex.ru).

\*\* Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia, Saratov, [epp@sstu.ru](mailto:epp@sstu.ru).

*Abstract.* The advantages of the use of unmanned aerial vehicles to monitor the elements of the network infrastructure, inspection routes of transmission lines to identify technological failures, check the status of the glades of overhead power lines, thermal control and other purposes.

*Keywords:* monitoring, overhead power transmission lines, unmanned aerial vehicle, quadrocopter

В современном мире стремительно развивается наука и выявляет новые пути получения данных об объектах, которые достаточно удалены от цивилизации.

Одним из актуальных методов мониторинга является дистанционный метод. Группа дистанционных методов включает в себя аэрофотосъемку с пилотируемых аппаратов, космическую съемку, аэрофото и видео съемку с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

Интенсивно и стремительно развиваются методы использования БПЛА, так как они имеют ряд преимуществ:

1. безопасность;
2. широкий спектр возможностей (начиная от фото, заканчивая тепловизионной съемкой);
3. отсутствие специально подготовленных площадок и стартовых комплексов;
4. сравнительно меньшая стоимость, в отличие от больших авиакомплексов;
5. сокращение сроков осмотра объектов.

Беспилотный летательный аппарат — летательный аппарат, пилотируемый дистанционно, или выполняющий полёт автономно, без помощи пилота.

Заостряя внимание на энергетическую промышленность, следует отметить, что БПЛА применяются в электроэнергетике для развития и совершенствования систем диагностики электросетевого комплекса. БПЛА могут быть использованы для мониторинга элементов сетевой инфраструктуры, осмотра трасс линий электропередачи для выявления технологических нарушений, проверки состояния просек воздушных линий электропередачи, тепловизионного контроля и других целей.

Наибольшую заинтересованность представляет мониторинг технического состояния воздушных линий электропередач (ВЛЭП).

Беспилотная аэрофотосъемка ЛЭП при облете линий позволяет существенно сократить время на поиск повреждений линий при их аварийном отключении. Так,

например, если обследование одной высоковольтной линии, расположенной на труднодоступном лесном участке, по земле может затянуться на несколько дней, то осмотр с воздуха позволяет обследовать линию электропередачи по всей ее длине за несколько часов.

Воздушные линии электропередачи вследствие большой протяженности имеют огромное количество однотипных элементов, каждый из которых обладает своими показателями надежности. Уровень повреждаемости элементов ВЛЭП определяется как свойствами конструкции, так и условиями их эксплуатации [1].

Беспилотный летательный аппарат при оценке воздушной линии представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 - БПЛА

Эффективное решение мониторинга состояния ЛЭП зачастую осложняется большой протяженностью и недоступностью для наземных транспортных средств объектов подобного рода, особенно принимая во внимание географическую специфику России. Поэтому единственной возможностью осуществления мониторинга является наблюдение за такими объектами с воздуха с помощью пилотируемых или беспилотных летательных аппаратов.

Задачи, решаемые при помощи БПЛА для мониторинга ЛЭП:

1. аэрофотосъемка ЛЭП, мачт и линий электропередачи;
2. измерение провиса проводов;
3. оценка ЛЭП;
4. тепловизионный контроль силовых элементов высоковольтных линий;
5. контроль допустимой высоты деревьев в зоне прохождения высоковольтных линий с помощью лазерного сканирования;
6. идентификация строительных площадок;
7. съемка новых маршрутов линий электропередач и прилегающей территории и создание цифровой модели рельефа;
8. исполнительная съемка ЛЭП;
9. проектирование маршрутов прокладки ЛЭП с использованием имеющихся опор ЛЭП и новых моделей проводов;
10. инженерные расчеты и анализ провиса проводов, определение физических параметров, моделирование нагрузок;
11. анализ повреждений, аварий;
12. анализ зарастания коридоров;

13. предсказание и моделирование природных воздействий;
14. оперативное создание ортофотоплана мест строительства объектов энергетики.

Кроме традиционных БПЛА получают распространение беспилотники, выполняемые по квадрокоптерной схеме [2].

Квадрокоптер - это многороторный летальный аппарат в котором управление моторами осуществляется специальной платой электроники на основе сигналов с датчиков. Эта плата автоматически контролирует скорость вращения каждого мотора в зависимости от положения аппарата в воздухе, внешних воздействий и сигналов управления.

Общим для всех аппаратов данного класса является конструкция и принцип полета. Центральная часть квадрокоптера - «фюзеляж» (1) служит для размещения оборудования, нагрузки и батареи. Радиально от центра на балках (3) устанавливаются микроэлектродвигатели с несущими винтами (2). Такая симметричная компоновка, тем не менее, предполагает наличие передней и задней частей, относительно которых сориентировано направление движения.

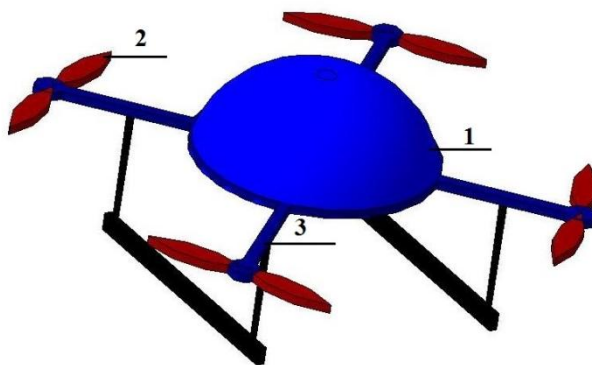


Рисунок 2 – Конструктивная модель квадрокоптера

В полете квадрокоптер поддерживает горизонтальное положение относительно поверхности земли, может зависать, перемещаться в стороны, вверх и вниз. При наличии дополнительного оборудования есть возможность осуществлять полуавтономные и автономные полеты. Для компенсации возникающего момента, т.е. исключения вращения корпуса, у квадрокоптера передний и задний винты вращаются по часовой стрелке, а левый и правый - против часовой стрелки. Для начала движения квадрокоптер выводится из состояния баланса (висения) путем увеличения скорости вращения (тяги) части винтов. В результате квадрокоптер наклоняется и устремляется в нужном направлении. Для поворота квадрокоптера вокруг своей оси по часовой стрелке, передний и задний винты ускоряют вращение, а левый и правый - замедляют. Аналогично – при повороте против часовой стрелки.

Основные режимы полета обеспечивает контроллер, используя данные от нескольких датчиков, и стабилизирует аппарат в воздухе в горизонтальном положении путем подачи управляющих сигналов двигателям. Контроллер работает по специальной программе, вычисляет скорость для каждого винта, компенсирует внешние воздействия ветра. Управление аппаратами осуществляется разнообразными способами – от традиционного управления по радиоканалу (посредством передатчика и радиоприемника) до революционных методов, например, по Wi-Fi с использованием датчика положения. Дополнительно аппарат может комплектоваться платой навигации, GPS-приемником, компасом и др. оборудованием.

На рисунке 3 показана эксплуатация квадрокоптера для мониторинга ЛЭП.



Рисунок 3 – Квадрокоптер в действии

В целом, квадрокоптеры – весьма привлекательный своей универсальностью, экономичностью и простотой тип беспилотников, который в ближайшем будущем может потеснить на рынке БПЛА традиционной вертолетной схемы [3].

Воздушный мониторинг линий электропередач с помощью квадрокоптеров позволяет наиболее эффективно оценивать техническое состояние проводов и изоляторов, обнаруживать в любое время суток акты несанкционированной деятельности посторонних лиц и транспортных средств в охранных зонах, передавать в режиме реального времени качественные данные о дефектах проводов при аварийном отключении.

#### Библиографический список

1. Грузков Д.Н., Сидоров А.Е. Диагностирование линий электропередач беспилотным летательным аппаратом // Технические науки. Энергетика. 2013. URL: [http://www.rusnauka.com/19\\_TSN\\_2014/Tecnic/9](http://www.rusnauka.com/19_TSN_2014/Tecnic/9).
2. Попов Н.И., Емельянова О.В. Динамические особенности мониторинга воздушных линий электропередачи с помощью квадрокоптера / Материалы докладов VIII Международной молодежной научной конференции «Тинчуринские чтения» 2013, том3.
3. <http://zala.aero>.