

Программно-аппаратный комплекс на базе БПЛА для обследования протяжённых объектов энергетики

М.П. Горячев, А.Р. Гайнутдинов, Д.Р. Зиннатуллина, Н.М. Киреев
ФГБОУ ВО «КГЭУ»
Казань, Россия
goryachev91@mail.ru

В настоящее время остро стоит проблема своевременного обнаружения дефектов и факторов внешних воздействий на воздушных линиях электропередачи и других протяжённых объектах энергетики. Существующие методы обследования весьма затратны как по времени, так и по финансовым вложениям. Наиболее перспективным методом обследования является применение беспилотного летательного аппарата, однако он весьма дорог.

Обоснована общая концепция программно-аппаратного комплекса на базе БПЛА для обследования протяжённых объектов энергетики. Проведена патентно-исследовательская работа, в результате которой проверена патентоспособность решения. Разработан прототип БПЛА, с помощью которого были выполнены первые облёты воздушных линий электропередачи. Разработан прототип лазерного дальномера.

Внедрение данного средства ревизии принесет значительный экономический эффект при небольших финансовых затратах, которые позволяют увеличить частоту автоматизированных осмотров. Благодаря этому можно будет перейти с планового ремонта на ремонт воздушных линий и других протяжённых объектов энергетики по их фактическому состоянию, что значительно снизит расходы на ремонтные и наладочные работы, резко уменьшит экологический и экономический ущерб от нештатных ситуаций на ЛЭП и других протяжённых объектах энергетики.

Ключевые слова: БПЛА, линия электропередачи, воздушная линия, верховой осмотр, коронные разряды, фотограмметрия, видеораспознавание.

Drone-based hardware-software complex for the inspection of the overhead power lines

M.P. Goryachev, A.R. Gainutdinov, D.R. Zinnatullina, N.M. Kireev
FSBEI HPE "Kazan State Power engineering university"
Kazan, Russia
goryachev91@mail.ru

Currently there is an acute problem of early detection of defects and external influences on overhead power lines. Available methods of examination are very time-consuming and cost. The most promising method is the use of drone, which is still quite expensive.

The overall concept of hardware and software complex on the basis of the drone for the survey of extended power facilities is substantiated. Patent research is performed, which resulted in testing the patentability of proposed solution. The UAV of glider type prototype is developed, and the first test flights near the overhead power lines were carried out. A prototype of the laser rangefinder is developed. UAV of multirotor type is develop now.

The implementation of this revision means will bring significant economic benefits at little financial cost, what will allow to increase the frequency of automated inspections. Due to this one may switch from scheduled maintenance of power lines to their maintenance as the need arises, which significantly reduces the cost of repair and adjustment work, sharply reduces the environmental and economic damage caused by emergency situations on power lines.

Keywords: drone, power line, overhead line, inspection from above, corona discharges, video recognition.

I. ВВЕДЕНИЕ

В России общая протяженность магистральных воздушных линий (ВЛ) электропередачи составляет более 120 тыс. км. Однако, эффективная эксплуатация ВЛ требует периодической диагностики последних и точного

определения координат мест повреждений, выявленных в ходе диагностики.

В настоящее время система профилактического обслуживания ВЛ характеризуется низкими оперативностью и точностью выявления координат мест аварийных и предаварийных состояний энергетических объектов. Это при-

водит к дополнительным расходам на ремонтные и налажочные работы, увеличению экологического и экономического ущерба от нештатных ситуаций на протяжённых объектах энергетики по причине частого возникновения аварий.

Таким образом, значительно возрастает роль обследования оборудования, проводимого без отключения и, соответственно, без вывода из работы протяжённых объектов энергетики, что позволит значительно повысить экономическость эксплуатации. Обследование подобного рода может быть выполнено летательными аппаратами (ЛА), при правильном выборе полезной нагрузки (фото- и видеокамера, тепловизор и др.) и разработке программного обеспечения (ПО) обработки данных, получаемых при обследовании протяжённых объектов энергетики.

Предпосылками применения БПЛА в качестве нового инструмента диагностирования объектов энергетики являются недостатки традиционных способов, таких как: обход ВЛ бригадой электромонтеров (наблюдения осуществляются людьми с земли при помощи оптических приспособлений, при этом частота осмотра не всегда оптимальна, поскольку частые осмотры экономически не выгодны); применение систем сбора и передачи данных (необходимо дооснащение воздушной линии, что весьма дорого); традиционная аэрофотосъёмка, которая проводится с помощью самолетов (Ту-134, Ан-2, Ан-30, Ил-18, Cesna, L-410) или вертолетов (Ми-8Т, Ка-26, AS-350) требует высоких экономических затрат на обслуживание и заправку, что приводит к повышению стоимости конечной продукции.

Применение стандартных авиационных комплексов нерентабельно в следующих случаях:

- съёмка небольших объектов и малых по площади территорий. В этом случае экономические и временные затраты на организацию работ, приходящиеся на единицу отснятой площади, существенно превосходят аналогичные показатели при съемке больших площадей (тем более для объектов, значительно удаленных от аэропрома);
- при необходимости проведения регулярной съемки в целях мониторинга протяженных объектов: трубопроводы, линии электропередачи (ЛЭП), транспортные магистрали.

Наиболее рациональным методом для осмотра и автоматического мониторинга состояния ЛЭП является использование беспилотного летательного аппарата (БПЛА). Использование БПЛА значительно уменьшает время, затрачиваемое на обследование протяжённых объектов энергетики, облегчает и повышает эффективность поиска дефектов. Результатом чего становится меньшая вероятность возникновения аварийных и ненормальных режимов работы протяжённых объектов энергетики [1].

Таким образом, плюсами применения БПЛА являются:

- Высокая рентабельность (по сравнению с другими способами обследования).
- Возможность съемки с небольших высот и вблизи объектов (получение снимков высокого разрешения).
- Оперативность получения снимков.

- Возможность применения в зонах чрезвычайных ситуаций без риска для жизни и здоровья пилотов.
- Простота использования.

II. ФАКТОРЫ, СДЕРЖИВАЮЩИЕ РАЗВИТИЕ РЫНКА

1. На сегодняшний день развитие рынка гражданских БПЛА, в том числе и для нужд аэрофотосъёмки, тормозится отсутствием нормативно-правовой базы для интеграции БПЛА в единое воздушное пространство. Данная проблема не решена полностью ни в одной стране мира. В России же пока предприняты только первые шаги в этом направлении.

С 1 ноября 2010 года вступили в силу новые Федеральные правила использования воздушного пространства Российской Федерации. Впервые в этот документ включено определение беспилотного летательного аппарата, а также введены положения относительно порядка использования беспилотного летательного аппарата в воздушном пространстве. Однако этот документ должен быть дополнен рядом сопутствующих документов, содержащих подробные правила и инструкции. Пока что, не дожидаясь создания нормативно-правовой базы, беспилотные системы, закупают структуры, имеющие особые полномочия (вооружённые силы, полиция, МЧС) [4].

2. Не урегулированы до конца вопросы сертификации, страхования, регистрации.

30 марта 2016 года на территории РФ вступил в силу федеральный закон от 30 декабря 2015 года «О внесении изменений в Воздушный кодекс Российской Федерации в части использования беспилотных воздушных судов». Согласно документу, теперь обязательной регистрации подлежат любые беспилотные летательные аппараты взлетной массой более 0,25 килограмма. То есть под новый закон подпадают не только серьезные дроны, но даже детские игрушки. В 2015 году, когда поправки к закону еще проходили обсуждение, с резкой критикой в адрес документа выступали авиамоделисты, производители и продавцы дронов. Сам порядок регистрации в новом законе не прописан, он будет регламентироваться дополнительным постановлением правительства. Предположительно, новые поправки заработают не раньше осени 2016 года, когда будут готовы все подзаконные акты и постановления [3]. Однако, самая большая проблема в настоящее время заключается в том, что правила, которые, по словам специалистов, невозможно выполнить, не нарушив закон, уже действуют [4]. В настоящее время легальные запуски БПЛА в коммерческих целях осуществляются на основании разрешения, технология получения которого отработана компаниями-поставщиками БПЛА. При этом ответственность за полет лежит на операторе, который осуществляет запуск.

3. Повышенная аварийность БПЛА.

В настоящее время БПЛА не снабжены системой распознавания препятствий и ухода от столкновений, кроме того, многие модели оснащены не вполне совершенными автопилотами (для удешевления стоимости и уменьшения веса бортового оборудования). Риск потери аппарата и оборудования приводит к тому, что многие компании могут предпочесть покупать не БПЛА, а летные часы у организаций, которые бы специализировались на беспилотных запусках.

III. ПРИМЕНЕНИЕ БПЛА В ЭНЕРГЕТИКЕ

В настоящее время наблюдается устойчивая тенденция к росту числа потребителей электроэнергии и продукции энергетических компаний, а также экспорта энергоносителей в Европу и, в перспективе, в Китай. В связи с этим, наблюдается увеличение общей протяженности сетей (в Российской Федерации одна из самых протяжённых энергетических сетей, что делает проблематичным их полноценное обследование), осуществляющих транспорт электроэнергии и энергоносителей. При этом, отсутствует возможность их полноценного обследования, что может приводить к возникновению аварийных ситуаций и срыву снабжения потребителей энергией. Это способствует повышению спроса на БПЛА для диагностирования объектов энергетики (не только в Татарстане, но и на территории всей Российской Федерации). Однако, использование, а тем более покупка, современных БПЛА весьма дороги (Supercam S350 стоит не менее 3млн.руб./шт; ПТЕРО-СМ – 4,1 млн.руб./шт). Выходом из непростой сложившейся ситуации может стать применение недорогого разрабатываемого программно-аппаратного комплекса на базе БПЛА.

На сегодняшний день коллективом НИЛ «СТ и ВПС» при ФГБОУ ВПО «КГЭУ» разработан прототип БПЛА (рис. 1) со следующими техническими характеристиками:

- продолжительность полёта: не менее 1 часа;
- скорость: 40-65 км/ч;
- масса целевой нагрузки: до 2,5 кг;
- тип двигателя: электрический (планируется установка бензинового);
- диапазон рабочих температур: -30°C +40°C;
- максимально допустимая скорость ветра: 5 м/с
- взлёт: с руки;
- посадка: на брюхо.

Целевой нагрузкой прототипа для обследования протяжённых объектов энергетики является видеокамера FullHD.



Рис. 1. Разработанный прототип БПЛА

Предлагаемый в проекте программно-аппаратный комплекс (ПАК) на базе БПЛА предназначен для обследования протяжённых объектов энергетики, в первую очередь воздушных линий электропередачи. Разрабатываемый ПАК состоит из БПЛА (типа планер) с разрабатываемой системой автономного пилотирования, а также

специализированного программного обеспечения (ПО). Отличительной чертой разрабатываемого БПЛА являются возможность автономных полётов на низких высотах, невысокая стоимость, а также простота обслуживания и эксплуатации. Разрабатываемой ПО позволит осуществлять восстановление трёхмерных моделей объекта по видеоданным его обследования с последующим их анализом), отслеживать динамику изменений на обследуемых объектах, а также получать отчёт об их состоянии.

На рис. 2 показана фотография, полученная в ходе облёта ЛЭП с помощью прототипа БПЛА. Даже по данной фотографии, снятой с далеко не лучшей оптики, можно оценить степень зарастания коридора ВЛ, провис любого из проводов, провести внешний осмотр гирлянд изоляторов (без возможности детального осмотра каждого изолятора).

Задачи, решаемые при помощи беспилотника для электроэнергетики - оценка ЛЭП:

- аэрофотосъёмка;
- определение геометрических параметров обследуемого объекта (провис проводов; крен опор ЛЭП и т.д.);
- тепловизионный контроль силовых элементов высоковольтных линий;
- регистрация частичных и коронных разрядов;
- контроль роста растительности вблизи протяжённого объекта энергетики;
- анализ динамики изменений, происходящих на протяжённых объектах энергетики;
- предсказание и моделирование природных воздействий.

Преимуществами комплекса являются:

- низкая себестоимость комплекса и минимальные затраты на его эксплуатацию;
- автоматизация процессов обследования и анализа данных;
- существенное сокращение времени и затрат на обнаружение повреждений и факторов внешних воздействий на ВЛ и других протяжённых объектах энергетики;
- потенциал расширения функциональных возможностей (инфракрасная (ИК) съемка и/или ультрафиолетовая (УФ) съемка, а также возможность увеличения продолжительности полёта).

Предлагаемая нами беспилотная аэрофотосъёмка протяжённых объектов энергетики (рис. 2), вместе с разрабатываемым ПО, осуществляющим построение 3D-моделей обследуемых объектов, на основе данных видеосъёмки, позволит существенно сократить время на поиск повреждений протяжённых объектов энергетики при их аварийном отключении, а также дефектов в конструкциях протяжённых объектов энергетики, повысить качество обследования и уменьшить финансовые затраты на обследование.



Рис. 2. Фотография с разработанного прототипа БПЛА, полученная в ходе облёта ЛЭП

Использование данных фото- и видеонаблюдения, полученных при помощи БПЛА, а также современных достижений науки и техники в области обработки таких данных должно внести существенный вклад в развитие комплексных систем мониторинга протяжённых объектов энергетической инфраструктуры. Современные достижения таких областей науки, как машинное зрение и фотограмметрия, а также постоянное совершенствование характеристик бортовой фото/видеоаппаратуры, позволяют говорить о возможности качественного восстановления трехмерных моделей объектов.

Кроме того, реализация низковысотных полётов БПЛА с привязкой к диагностируемому объекту позволит не только в большей степени автоматизировать процесс обследования, но и расширить возможности применения УФ и ИК съёмки, а также способствует применению на БПЛА новых методов обследования, таких как акустическое обследование [2].

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В последнее время у организаций, обслуживающих протяжённые объекты энергетики (воздушные линии электропередачи, нефте-/газопроводы) растёт интерес к использованию беспилотных летательных аппаратов для их обследования, так как применение беспилотников значительно эффективнее традиционных методов обследования. Однако, рынок БПЛА сдерживается как высокой

стоимостью аппаратов, так и отсутствием нормативно-правовой базы для интеграции БПЛА в единое воздушное пространство. И если последняя проблема прорабатывается, то стоимость БПЛА только растёт.

Именно на решение данной проблемы и направлен наш проект по разработке недорогого ПАК на базе БПЛА, позволяющего проводить обследование протяжённых объектов энергетики с достаточной эффективностью. Кроме того, проработка системы для низковысотных полётов позволит в будущем применять на беспилотниках новые методы диагностирования состояния ВЛ, а также нефте-/газопроводов.

Список литературы

- [1] Дикой В.П. Мониторинг состояния воздушных линий электропередачи с использованием беспилотного летательного аппарата / В.П. Дикой, А.А. Левандовский, Р.С. Арбузов и др. // Энергия единой сети. - 2014. - №2. – С. 16 – 25.
- [2] Пат. 2187438 РФ, МПК B60M1/13. Способ и устройство для обнаружения мест повреждения изоляции на контактной сети / Мрыхин Станислав Дмитриевич, Мрыхин Дмитрий Станиславович, Перетокин Борис Петрович. - Опубл. 20.08.2002.
- [3] <https://xakep.ru/2016/03/31/drone-register/>
- [4] http://www.bbc.com/russian/russia/2016/04/160413_russia_drone_law