

УДК 621.31

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Зубков М.А., студент гр. бЭЭТ-233, II курс,
Терехов Я.С., студент гр. бЭЭТ-233, II курс
Научный руководитель: Черных Т.Е., старший преподаватель
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»
г. Воронеж

Аннотация: В статье рассмотрены ключевые преимущества и проблемы применения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в электроэнергетике. Проанализированы технологические, правовые, эксплуатационные и безопасностные аспекты их использования. Предложены направления для дальнейшего развития технологии, включая совершенствование энергообеспечения, нормативной базы и подготовки операторов. Результаты исследования демонстрируют потенциал БПЛА для повышения эффективности мониторинга энергетической инфраструктуры при условии решения существующих проблем.

Ключевые слова: БПЛА, электроэнергетика, диагностика, безопасность, нормативное регулирование.

Введение. Современная электроэнергетика сталкивается с необходимостью повышения надежности и безопасности эксплуатации объектов инфраструктуры. Традиционные методы мониторинга, такие как визуальный осмотр персоналом, требуют значительных временных и финансовых затрат, а также сопряжены с высокими рисками для работников. Внедрение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) предлагает инновационный подход к решению этих задач [1]. Однако их использование сопровождается рядом технологических и организационных сложностей, требующих детального изучения.

Целью работы является анализ основных проблем, связанных с применением БПЛА в электроэнергетике, и разработка рекомендаций по их преодолению для повышения эффективности мониторинга энергетических объектов.

Перед рассмотрением проблем, связанных с использованием БПЛА, важно отметить явные преимущества.

Во-первых, использование БПЛА позволяет многократно повысить безопасность обслуживающего персонала. БПЛА позволяют проводить мониторинг объектов, находящихся на большой высоте или в труднодоступных для человека местах (рис. 1). Это особенно важно при инспектировании линий электропередач, которые несут в себе большую угрозу для жизни и здоровья энергетиков [2].



Рис. 1. Пример инспекции воздушной линии

Во-вторых, использование БПЛА снижает затраты на техническое обслуживание, вместо долговременной и дорогостоящей инспекции персоналом, можно использовать БПЛА, на котором будет закреплена требуемая аппаратура.

В-третьих, при объединении БПЛА с возможностями искусственного интеллекта, многократно повышается качество мониторинга. Нейросеть способна с высокой точностью выявлять слабые места в системе, что позволит избежать аварий и повысить надежность всей энергосистемы [3].

Проанализировав плюсы использования беспилотных систем нужно перейти и к недостаткам. Основные проблемы можно разбить на несколько больших групп, которые приведены на рисунке 2.

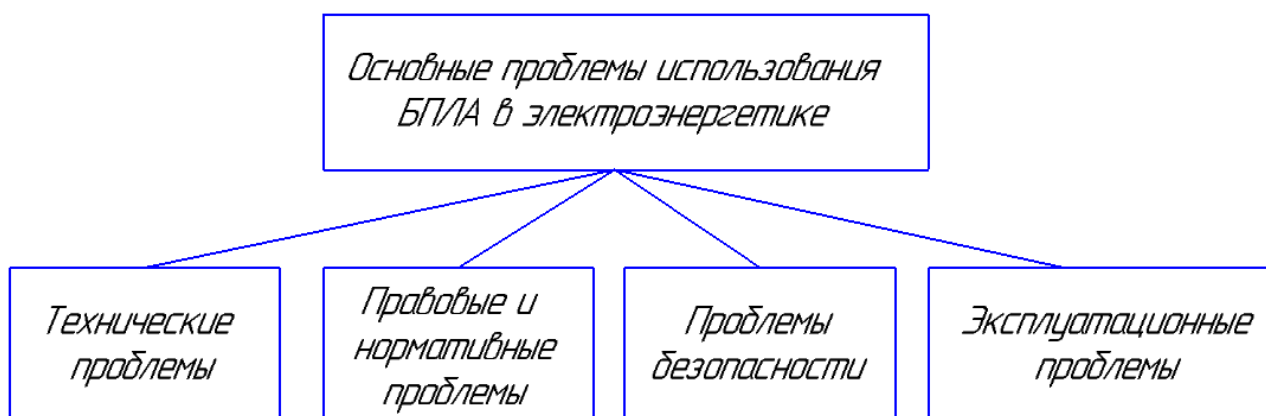


Рис.2. Основные проблемы использования БПЛА

К технологическим проблемам можно отнести то, что у любого БПЛА достаточно ограничен диапазон и время полета. Ограниченное время полета БПЛА из-за недостаточной емкости аккумуляторов.

Для расчета времени полета можно использовать формулу (1):

$$T = \frac{C \cdot V}{P} \quad (1)$$

где

T — время полета (ч),

C — емкость батареи (А·ч),

V — напряжение (В),

P — потребляемая мощность (Вт).

Современные аккумуляторные батареи не способны питать длительное время системы беспилотника [4], что очень сильно ограничивает применение аккумуляторных беспилотников на объектах с большой территорией. Перезарядка аккумуляторных батарей занимает достаточно много времени, а их замена на самом БПЛА часто бывает попросту невозможна в тех случаях, когда они находятся в труднодоступных местах. Также стоит отметить, что в плохих погодных условиях использование БПЛА часто становится попросту невозможным. Работая в плохих погодных условиях БПЛА сталкиваются с ухудшением сигнала GPS, что значительно сказывается на качестве выполняемых работ. Чувствительность к погодным условиям представлена на рис. 3.

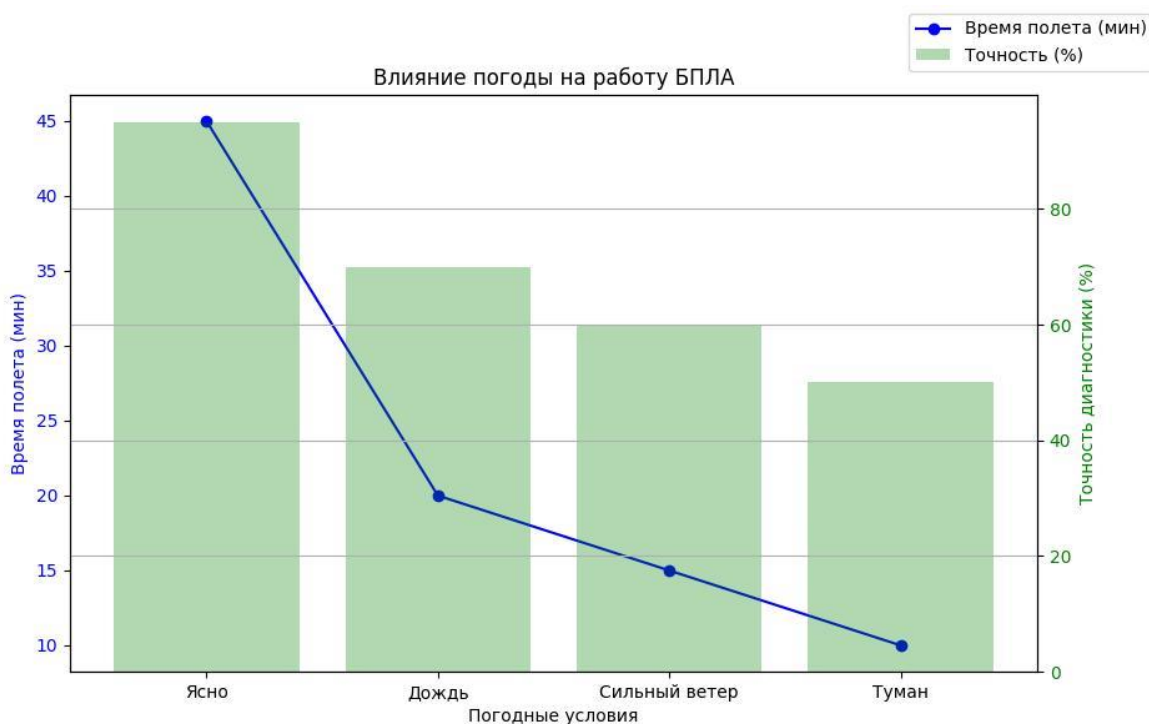


Рис. 3. Влияние погоды на эффективность работы БПЛА

Погодные условия существенно влияют на время полета и точность диагностики БПЛА. Наибольшая эффективность достигается в ясную погоду, тогда как при дожде, сильном ветре или тумане время полета сокращается в 2–4 раза, а точность снижается на 25–45%. Это подтверждает необходимость разработки БПЛА с улучшенной устойчивостью к неблагоприятным условиям.

К правовым проблемам стоит отнести отсутствие универсальных стандартов по для эксплуатации БПЛА. Этот факт очень сильно осложняет их использование, сертификацию и контроль. Стоит отметить также тот факт, что далеко не во всех местах можно летать, существует множество зон, закрытых для использования БПЛА, пусть и в полезных, рабочих целях. На графике (рис. 4) показана доля стран с разработанными нормативными актами для БПЛА в энергетике.

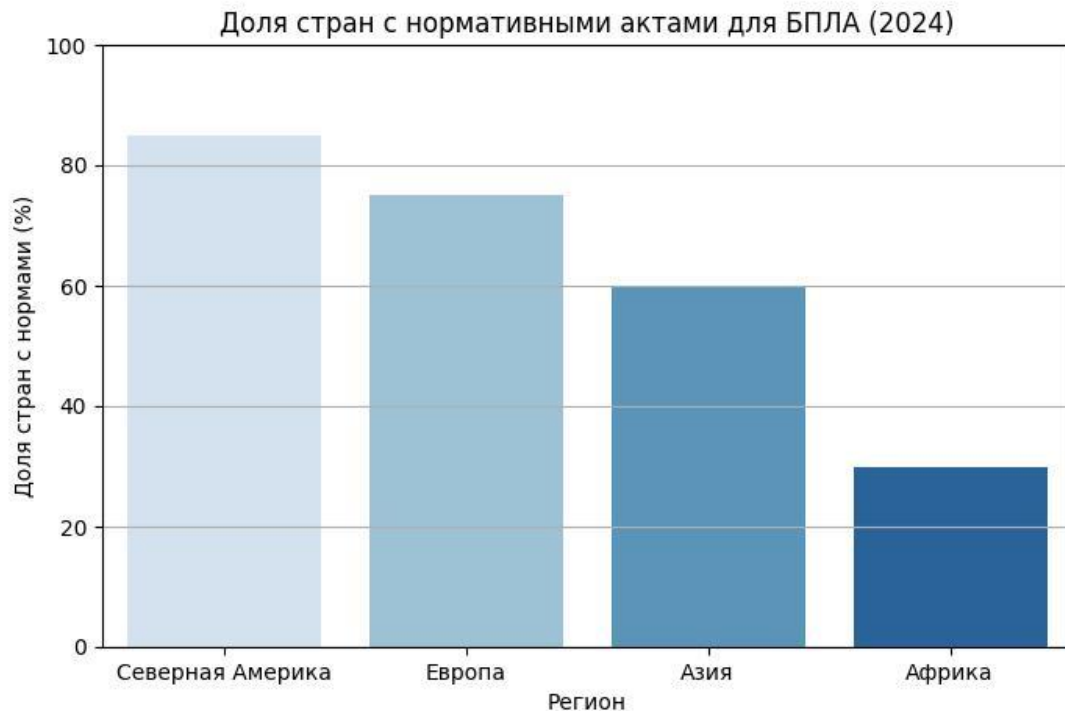


Рис. 4. Регулирование использования БПЛА в мире

Наиболее развитая нормативная база для БПЛА в энергетике существует в Северной Америке и Европе, тогда как в Азии и Африке регулирование находится на ранних стадиях. Это создает дисбаланс в глобальном внедрении технологии и требует международной гармонизации стандартов.

Эксплуатационные проблемы заключаются в том, что на рынке труда сейчас крайне мало квалифицированных операторов БПЛА, что требует значительных затрат на внедрение беспилотных систем в работу энергетиков. Также новизна данной технологии ведет к большим расходам на приобретение и обслуживание.

Дефицит квалифицированных операторов. Предложена формула (2) для оценки затрат на подготовку кадров:

$$Z = N \cdot (S + T) \quad (2)$$

где

Z — общие затраты,

N — количество операторов,

S — стоимость обучения,

T — затраты на техническое оснащение.

Формула показывает, что затраты на кадры для БПЛА зависят от трех переменных, где N – управляемый параметр, а S и T требуют анализа рынка. Из формулы следует, что массовая подготовка и переговоры с поставщиками критически важны для снижения издержек, а также она позволяет обосновать инвестиции в обучение, сравнивая общие затраты с потенциальной прибылью от внедрения БПЛА.

Не менее важной является проблема безопасности. В местах с большой плотностью воздушного движения, есть огромный риск столкновения БПЛА с другими летательными аппаратами. На рисунке 5 представлена схема зонирования воздушного пространства для минимизации рисков.

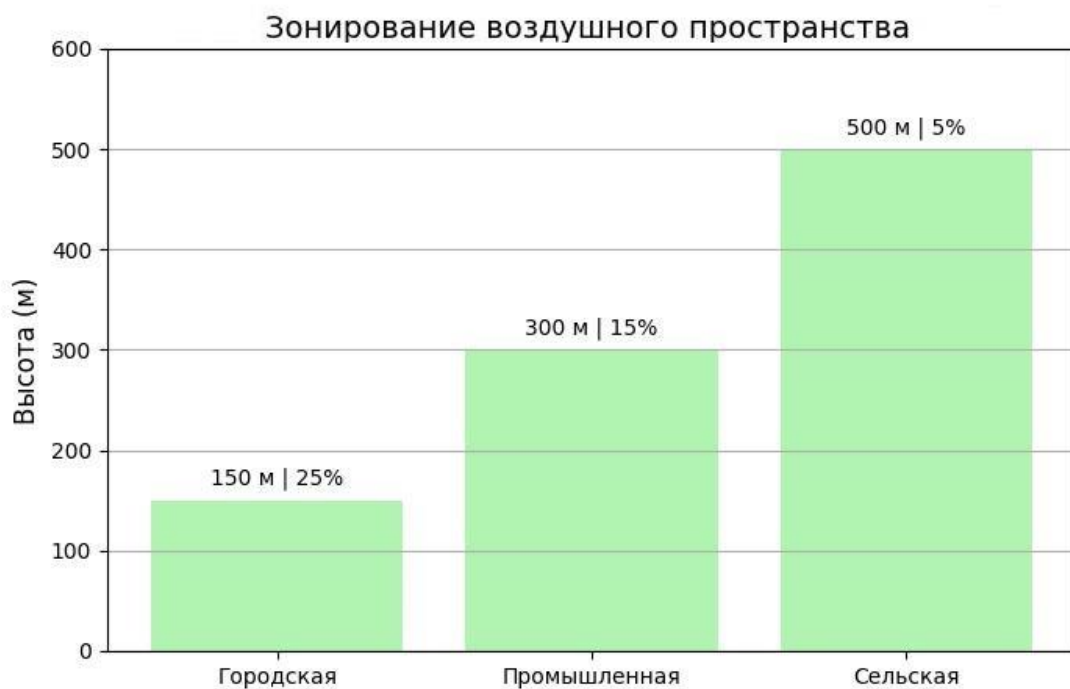


Рис. 5. Оптимизация воздушных коридоров для БПЛА

Зонирование воздушного пространства позволяет снизить риск столкновений БПЛА с другими объектами. Наибольшая опасность возникает в городских зонах из-за высокой плотности летательных аппаратов, тогда как сельские территории более безопасны. Внедрение таких коридоров требует согласования с авиационными регуляторами.

Также в случае использования БПЛА для мониторинга объектов критической инфраструктуры, существует риск их использования для проведения диверсий. Всё это требует внедрения дополнительных норм и правил безопасности и контроля [5].

Выводы: Исходя из всего вышеизложенного можно сделать следующие выводы, для решения проблемы в зоне технологических ограничений для расширения применения БПЛА необходимы аккумуляторы с повышенной емкостью, защита БПЛА от дождя, ветра и тумана (например, антиобледенительные системы).

Для преодоления правовых барьеров странам с низким уровнем регулирования (Африка, частично Азия) требуется адаптация международных стандартов, а также разработка единых правил для энергетического сектора.

Для создания благоприятных условий с точки зрения безопасности приоритетным зонированием для энергетических объектов принять промышленные зоны, а также использовать искусственный интеллект для автоматического избегания столкновений.

Использование БПЛА в электроэнергетике обладает значительным потенциалом для повышения безопасности, снижения затрат и улучшения качества мониторинга. Однако для успешной интеграции технологии необходимо разработать более эффективные системы энергообеспечения БПЛА; унифицировать нормативно-правовую базу на международном уровне; инвестировать в подготовку квалифицированных операторов и внедрить системы управления воздушным движением для БПЛА.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на совершенствование технологий автономного полета и обработки данных с использованием искусственного интеллекта.

Список литературы

1. Зубков М.А. Использование беспилотных летательных аппаратов для обслуживания воздушных линий электропередач / Зубков М.А., Терехов Я.С., Сугак В.В., Черных Т.Е. / Прикладные задачи энергетики, электротехники и автоматики. Труды Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Воронеж, 2024, с.122-126

2. Беспилотные летательные аппараты в электроэнергетике – Электронные данные – Режим доступа: <https://www.avite.ru/upload/iblock/9a2/9a2f3359634bf56e142ee3ee65bc67e6.pdf>

3. Как используют беспилотные технологии ПАО «Россети» – Электронные данные – Режим доступа: <https://energetika-restec.ru/news/tpost/yd33xh31e1-kak-ispolzuyut-bespilotnie-tehnologii-pa>

4. Сугак В.В. Анализ выбора аккумуляторной батареи для беспилотного летательного аппарата / Сугак В.В., Зубков М.А., Терехов Я.С., Черных Т.Е., Тикуннов А.В. / Прикладные задачи энергетики, электротехники и автоматики. Труды Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Воронеж, 2024, с.57-63

5. Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) в энергетике – Электронные данные – Режим доступа: <https://ftp.electricalschool.info/spravochnik/poleznoe/2927-bespilotnye-letatelnye-apparaty-blpa-v-elektroenergetike.html>