

доставка персонализированных сообщений и создание захватывающих впечатлений. Беспилотники открывают новый источник доходов и возможности для оптимизации расходов в отраслях высоких технологий, информации, связи и индустрии развлечений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Commercial UAV (Unmanned Aerial Vehicle) Market Size, Share, Trends, & Industry Analysis Report By Type (Fixed Wing, Rotary Blade, Hybrid), By Application, By End-Use, By Region – Market Forecast, 2025–2034 [Электронный ресурс] // Polaris Market Research/ – URL: www.polarismarketresearch.com/industry-analysis/commercial-uav-market (дата обращения: 12.09.2025).

2. Pro drone racing is dizzying, insane, and just started its first official season [Электронный ресурс] // Digitaltrends/ – URL: www.forbes.com/sites/frankbi/2015/02/23/drones-are-already-intercepting-cell-phone-signals-in-l-a/#1787e55b6ee3 (дата обращения: 12.09.2025).

УДК 681.518.5

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ОБОРУДОВАНИЯ

В.С. ФРАНЦКЕВИЧ¹, Р.В. ФРАНЦКЕВИЧ², Л.Н. МОСКАЛЕВ³

¹Белорусский государственный технологический университет

²ОАО «ПЕЛЕНГ»

Минск, Беларусь

³Казанский национальный исследовательский
технологический университет

Казань, Россия

Использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА, дронов) для диагностики оборудования совершило настоящую революцию в обслуживании критически важной инфраструктуры. Этот подход сочетает в себе скорость, безопасность, точность и экономическую эффективность.

Дроны применяются для диагностики объектов, доступ к которым затруднен, опасен или требует больших временных и финансовых затрат:

1. Энергетика:

– ЛЭП (Воздушные линии электропередачи): осмотр изоляторов, проводов, соединений, опор на предмет повреждений, коррозии, нагрева.

– Ветряные электростанции: осмотр лопастей турбин на микротрещины, эрозию, повреждения от молний.

– Солнечные электростанции: тепловой осмотр панелей для выявления дефектных элементов.

– Подстанции и вышки: обследование оборудования с безопасного расстояния.

2. Химическая и нефтегазовая промышленность:

– Резервуары для хранения: осмотр крыш и стенок на предмет коррозии и деформаций.

– Высокие вертикальные аппараты: ректификационные аппараты, абсорберы и др.).

– Газо- и нефтепроводы: мониторинг трасс на предмет утечек (с помощью газоанализаторов), несанкционированных врезок, повреждений изоляции.

– Буровые платформы и вышки: осмотр конструкций на предмет целостности.

3. Горнодобывающая промышленность и инфраструктура:

– Трубопроводы и дымовые трубы: оценка состояния высотных конструкций.

– Крыши и фасады зданий: быстрый осмотр без необходимости возведения лесов.

– Картография карьеров. Обеспечение безопасности неустойчивых склонов и обвалоопасных мест.

– Мосты и эстакады: Выявление трещин, коррозии арматуры, деформаций.

Один из ключевых факторов, напрямую определяющих ценность и возможности дрона – качество оптики камеры. Хорошая оптика обеспечивает: высокую резкость и детализацию (качественные линзы с минимальными искажениями передают картинку с высокой четкостью от центра до краев кадра), правильную цветопередачу, высокий контраст, эффективную работу сенсора.

Оптические камеры высокого разрешения используются для обнаружения механических повреждений, коррозии, трещин, нарушений целостности конструкций и позволяют проводить визуальный осмотр, фотографирование и запись видео в высоком качестве.

Ведущей белорусской компанией по разработке и производству оптико-электронной продукции военного и гражданского назначения

является ОАО «Пеленг». Предприятие более 50 лет специализирующийся на разработке и изготовлении оптико-электронных систем различного назначения.

Сама по себе камера – это уже мощный инструмент, но главная сила дронов – в специализированных датчиках:

1. Тепловизоры (инфракрасные камеры) – измерение температуры объектов и построение тепловой карты.

2. Газоанализаторы – обнаружение и количественная оценка концентрации газов в атмосфере. Например, могут использоваться при поиске утечек метана на газопроводах, компрессорных станциях, нефтехранилищах.

3. Лидары (LIDAR – Light Detection and Ranging) – создание высокоточных 3D-карт местности и объектов, построение цифровых двойников оборудования, точное измерение расстояний, определение провисания проводов ЛЭП, обследование труднодоступных трасс.

4. Ультрасонофоны (Акустические сенсоры) – улавливание ультразвуковых шумов, неслышимых человеческим ухом. Например, могут использоваться для обнаружения утечек сжатого воздуха или газа в трубопроводах и оборудовании по характерному звуку.

5. Системы точного позиционирования (RTK/PPK) – обеспечение точного позиционирования дрона в пространстве. Незаменимы для автоматизации полетов по заданному маршруту с возможностью возврата к одной и той же точке для повторных замеров и сравнения.

Таким образом, можно выделить следующие преимущества использования дронов для диагностики оборудования:

– Безопасность: исключается необходимость работы людей на высоте, в опасных зонах (напряжение, химически опасные вещества и др).

– Экономия времени и стоимости: осмотр ветряной турбины дронам занимает 10-15 минут вместо нескольких часов с привлечением промышленных альпинистов и вышки. Снижаются затраты на остановку производства.

– Высокая точность и детализация: современные камеры и датчики фиксируют малейшие дефекты. Данные можно анализировать в замедленном режиме и привлекать экспертов.

– Доступность: дроны могут легко осматривать труднодоступные места без сооружения лесов и подъемных механизмов.

– Планово-предупредительное обслуживание: регулярные облеты позволяют находить проблемы на ранней стадии, до наступления серьезных последствий (авария, простой), и планировать ремонт.

– Архивация и анализ данных: все данные (фото, видео, тепловые карты) оцифровываются, сохраняются и могут сравниваться с предыдущими осмотрами для отслеживания динамики развития дефекта.

При наличии неоспоримых преимуществ нельзя не отметить сложности и ограничения использования БПЛА:

– Погодные условия: сильный ветер, дождь, туман могут ограничивать или делать невозможными полеты.

– Регулирование: полеты вблизи критической инфраструктуры, в городах и воздушных пространствах аэропортов требуют специальных разрешений и соблюдения строгих правил.

– Время полета: ограниченная емкость аккумуляторов требует тщательного планирования миссий или наличия сменных батарей.

– Квалификация операторов: пилот должен не только управлять дроном, но и понимать задачи диагностики, правильно настраивать оборудование и интерпретировать первичные данные.

– Обработка больших данных: один полет может генерировать гигабайты информации. Требуются эффективные системы хранения, обработки и анализа (возможно, с использованием ИИ).

Перспективы применения БПЛА для диагностики оборудования:

– Полная автоматизация: дроны будут базироваться на стационарных "улей"-станциях, самостоятельно вылетая по расписанию на диагностику и возвращаясь для подзарядки и передачи данных.

– Искусственный интеллект (ИИ): AI-алгоритмы будут в реальном времени анализировать поток данных с датчиков, сразу классифицировать дефекты и составлять отчеты без участия человека.

– Рой дронов (Swarm): группа дронов будет совместно обследовать большие объекты (например, поля солнечных батарей) за рекордно короткое время.

– Новые датчики: появление более компактных, точных и дешевых сенсоров расширит диапазон решаемых задач.

Таким образом, использование дронов для диагностики оборудования – это не модная тенденция, а уже устоявшаяся, высокоэффективная практика. Она переводит обслуживание и ремонт оборудования и инфраструктуры из реактивного режима ("чиним то, что сломалось") в планово-предупредительный ("предсказываем и предотвращаем поломку"), что кардинально повышает надежность, безопасность и экономическую эффективность ключевых отраслей промышленности.