

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ НЕИСПРАВНОСТЕЙ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Е.И. Скворцова¹, А.С. Ягодкин¹, В.К. Зольников¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В статье описаны основные проблемы неисправностей беспилотных летательных аппаратов. Рассматриваются наиболее распространенные поломки рамы, неисправности моторов, повреждения регулятора оборотов. Несоблюдение инструкций и технологических регламентов, неправильная транспортировка или хранение БПЛА, ошибки операторов при подготовке дронов и пилотировании могут привести к ряду поломок и неисправностей.

Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты, рама, мотор, регулятор оборотов, полетный контроллер, камера, силовые провода, неисправность.

MAIN PROBLEMS OF MALFUNCTIONS OF UNMANNED AERIAL VEHICLES

E.I. Skvortsova¹, A.S. Yagodkin¹, V.K. Zolnikov¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. The article describes the main problems of unmanned aerial vehicles malfunctions. The most common frame failures, motor malfunctions, and speed controller damage are considered. Failure to comply with instructions and technological regulations, improper transportation or storage of UAVs, operator errors during drone preparation and piloting can lead to a number of breakdowns and malfunctions.

Keywords: drones, frame, motor, speed controller, flight controller, camera, power wires, malfunction.

Для проведения аппаратной и программной дефектовки используется стандартный набор для сборки беспилотника. Рассмотрим наиболее распространенные поломки рамы:

1) раскрученные болты;

При полете появляется сильная тряска, провалы по высоте, горячие моторы. При возникновении такого рода проблем необходимо подтянуть все болты. Для крепления моторов и основных частей рамы используется синий фиксатор резьбы. Фиксатор резьбы обладает свойствами создавать прочные соединения между металлическими или другими материалами. Он также используется для предотвращения самораскручивания винтов, гаек и обеспечения устойчивости соединений. Не рекомендуется использовать фиксатор на винтах верхней деки, винтах пропеллеров. При откручивании болта, на который ранее был нанесен фиксатор, рекомендуется его прогреть, чтобы ослабить действие фиксатора резьбы.

2) расслоение рамы – состояние, при котором слои рамы начинают отделяться и отклеиваться друг от друга. В основном такая проблема возникает у карбоновых рам из-за больших ударов и нагрузок на них. Симптомы похожи, как и при раскрученных болтах. Эту проблему можно решить, максимально залив место расслоения эпоксидным клеем. После нанесения клея необходимо плотно зажать место расслоения в слесарные тиски, не допуская при этом чрезмерного «пережима» и оставить на несколько часов, а в дальнейшем, как можно скорее заменить часть расслоенной рамы.

3) поломка, деформация узла рамы или сломанный луч;

Эта поломка определяется визуальным осмотром. Такие поломки не подвергаются ремонту. Для профилактики поломки рамы тщательно осматривайте беспилотник каждый раз перед полетом и особенно после падения. Сломанную раму следует заменить.

Рассмотрим возможные неисправности моторов.

1) перегрев моторов;

У разных моторов рабочая температура имеет различные значения. Если мотор нагрелся до такой степени, что при касании невозможно держать мотор больше пары секунд, то это явный признак перегрева мотора. Помимо тактильного обнаружения можно также услышать посторонние шумы. Перегреваться мотор может по многим причинам: посторонние предметы между статором и ротором, неисправный подшипник (трещащий или шуршащий звук). Для предотвращения проблемы перегрева моторов необходимо проводить визуальный осмотр после ремонта, слушать работу моторов во время полетов, проводить тактильный осмотр моторов после полетов;

2) почерневшая обмотка мотора;

Данная проблема выражается в потере цвета обмотки мотора и заявленных характеристик. В процессе перегрева мотора лак начинает выгорать и менять цвет. Такой мотор продолжает свою работу, но не работает в привычном режиме. Проявляется это проблема в том, что могут появиться просадки на моторе, периодическое заваливание беспилотника. Продолжительная эксплуатация такого мотора приведет к короткому замыканию обмоток и сгоранию мотора. В случае почерневшей обмотки мотора необходимо перемотать обмотку статора, соблюдая диаметр сечения проволоки, вид намотки и количество витков на каждом зубце, либо заменить мотор. Для предотвращения возникшей проблемы необходимо проводить визуальный осмотр моторов.

3) повреждение силовых проводов;

После столкновения и падения силовые провода мотора могут быть повреждены, вследствие чего мотор будет работать некорректно. Если поврежден один провод, то мотор будет дергаться и не будет раскручиваться полностью. При поврежденной изоляции силовой провод может соприкасаться с рамой, вследствие этого может произойти короткое замыкание. При нарушении изоляции провода необходимо при помощи изолянты или термоусадки восстановить изоляцию. Перебитый провод запаивается. Если повреждения провода слишком велики, необходимо отрезать провод слева и справа от места повреждения, для удобства необходимо наращивать длину по несколько миллиметров, либо заменить одним проводом. Места пайки необходимо изолировать термоусадочной трубкой. Для предотвращения проблемы необходимо проводить визуальный осмотр и использовать защиту проводов из пластика или использовать пластины для удлинения проводов.

4) не прокручивается колокол мотора;

Возникает эта проблема при падениях. В процессе перегрева мотора лак начинает выгорать и менять цвет. Эта проблема может привести к тому, что колокол в моторе не прокручивается или прокручивается через силу. Вследствие падения может забиваться грязь между ротором и статором, физически не давая провернуться ротору. Это приводит к короткому замыканию обмоток и сгоранию мотора. Чтобы избежать усугубления проблемы (перегрев мотора, выход из строя подшипников), необходимо заменить заклинивший колокол. Для замены заклинившего колокола требуется открутить болт или клипсу у основания мотора, вытянуть неисправный колокол, установить новый, вернуть болт или клипсу в начальное положение. В случае загрязнения мотора песком или грязью необходимо прокрутить ротор руками и после пары поворотов продуть мотор.

Если после таких действий мотор крутится свободно, но все равно слышен не-большой шум от остатков песка или грязи, то можно продолжить полет. Если не получается руками прокрутить мотор, то необходимо снять статор для его очистки. После снятия статора требуется промыть мотор под струей воды мягкой щеткой, чтобы не повредить обмотку. После чего следует продуть обмотку, статор и установить все на место.

Рассмотрим повреждения регулятора оборотов.

1) повреждение MOSFET;

Это проявляется нестабильной работой моторов беспилотника (самопроизвольное ускорение или замедление, отсутствие реакции на управление, короткое замыкание). Такая ситуация может возникнуть при несоблюдении технологии пайки, при падении беспилотника. Эту проблему можно решить заменой MOSFETа. Для предотвращения проблемы нужно соблюдать правила пайки, а также подбирать оптимальную температуру нагрева.

2) повреждение моторной дорожки;

Возникает из-за чрезмерного перегрева моторной дорожки при пайке или при ударе беспилотника. Мотор будет не работать или работать некорректно. Если повреждена одна дорожка, то мотор будет дергаться и не сможет раскручиваться полностью. Самым простым и надежным способом будет замена регулятора оборотов. Так как замена моторной дорожки может быть очень сложной, потребуются наличие специального оборудования. Для предотвращения проблемы необходимо не перегревать моторную дорожку при пайке, соблюдать правила пайки и подходящий размер жала паяльника.

3) перепутанные полюса силовых проводов или конденсатора;

Если перепутать полярность, то произойдет короткое замыкание и компоненты беспилотника сгорят. Основные причины, которые приводят к этому: неправильное соединение полярности проводов, некачественная пайка проводов и случайная капля припоя в месте соединения проводов. После сборки беспилотника нужно оценить состояние пайки и правильность подключения всех проводов питания. При выявлении места короткого замыкания необходимо перепаять провода, а также проверить работоспособность тех компонентов беспилотника, в которых обнаружено короткое замыкание. В случае неработоспособности требуется заменить сгоревшие компоненты. Для предотвращения проблемы необходимо проводить визуальный осмотр спаянных компонентов, особенно проводов, отвечающих за питание беспилотника.

4) загрязнение платы;

После пайки остаются остатки флюса, если флюс не активен. Если флюс не удалить, к нему могут налипать остатки пыли, которые могут вызвать перегрев электроники, а также короткое замыкание. Для очистки платы нужно распаять все провода, подключенные к ней, а в дальнейшем очистить плату изопропиловым спиртом.

Одной из возможных причин отсутствия питания полетного контроллера или отсутствия какой-либо индикации при подключении FC к компьютеру является повреждение кабеля питания, а также неисправность кабеля USB. Для предотвращения таких проблем следует избегать жестких падений беспилотника.

При повреждениях камеры может возникнуть проблема в отсутствии фокуса. Во время полета картинка может стать нечеткой и размытой. Зачастую это происходит из-за сбитого фокуса камеры. Решением данной проблемы будет ослабление контргайки объектива, необходимо покрутить объектив на камере, пока фокус не придет в норму. Для предотвращения такой проблемы следует проверять фокус камеры перед полетом, а также избегать жестких падений беспилотника.

Список литературы

1. Формализация верификации топологии и электрической схемы для систем автоматизированного проектирования / Т. В. Скворцова, К. В. Зольников, А. М. Плотников, И. В. Скоркин // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 61-70.

2. Система мониторинга и оповещения о проникновении на территорию биосферного заповедника / А. С. Ягодкин, А. В. Ачкасов, Т. В. Скворцова [и др.] // Охрана, инновационное восстановление и устойчивое управление лесами. Forestry – 2023 : материалы Международного лесного форума, Воронеж, 13 октября 2023 года. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2023. – С. 631-637.

3. Разработка системы предупреждения водителей о возможном появлении животных на автомобильных дорогах / А. С. Ягодкин, Т. В. Скворцова, А. В. Ачкасов [и др.] // Охрана, инновационное восстановление и устойчивое управление лесами. Forestry – 2023 : материалы Международного лесного форума, Воронеж, 13 октября 2023 года. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2023. – С. 638-643.

4. Цифровое устройство мониторинга и анализа общего состояния дерева "Happyytree" / А. С. Ягодкин, Т. В. Скворцова, А. В. Ачкасов, Д. В. Никитин // Способы, модели и алгоритмы управления модернизационными процессами : сборник статей Национальной (Всероссийской) научно-практической конференции с международным участием, Киров, 22 мая 2023 года. – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью "ОМЕГА САЙНС", 2023. – С. 51-55.
5. Компьютерное моделирование работоспособности финишных процедур и паразитных элементов в программно-аппаратном комплексе проектирования микросхем / А. С. Ягодкин, Н. Н. Литвинов, П. С. Иванов, А. С. Грошев // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 106-115.
6. Заревич А.И., Макаренко Ф.В., Ягодкин А.С., Зольников К.В. Моделирование поведения мобильных роботов с использованием генетических алгоритмов // Моделирование систем и процессов. – 2022. – Т. 15, № 3. – С. 7-16.
7. Макаренко Ф.В., Ягодкин А.С., Зольников К.В., Денисова О.А., Полуэктов А.В. Обзор логических базисов и микросхем при построении комбинационного устройства с учетом надежности// Моделирование систем и процессов. – 2022. – Т. 15, № 1. – С. 115-124.
8. Полуэктов А.В., Макаренко Ф.В., Ягодкин А.С. Использование сторонних библиотек при написании программ для обработки статистических данных // Моделирование систем и процессов. – 2022. – Т. 15, № 2. – С. 33-41.
9. Ягодкин А.С., Зольников В.К., Скворцова Т.В., Ачкасов А.В., Кузнецов С.А., Макаренко Ф.В. Разработка алгоритмов и программ анализа электрических характеристик БИС // Моделирование систем и процессов. – 2022. – Т. 15, № 3. – С. 136-148.

References

1. Formalization of verification of topology and electrical circuit for computer-aided design systems / T. V. Skvortsova, K. V. Zolnikov, A. M. Plotnikov, I. V. Skorkin // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – P. 61-70.
2. Monitoring and warning system for intrusion into the territory of a biosphere reserve / A. S. Yagodkin, A. V. Achkasov, T. V. Skvortsova [et al.] // Protection, innovative restoration and sustainable management of forests. Forestry – 2023: materials of the International Forestry Forum, Voronezh, October 13, 2023. – Voronezh: Voronezh State Forest Engineering University named after G. F. Morozov, 2023. – P. 631-637.
3. Development of a system for warning drivers about the possible appearance of animals on roads / A. S. Yagodkin, T. V. Skvortsova, A. V. Achkasov [et al.]

// Protection, innovative restoration and sustainable management of forests. Forestry – 2023: materials of the International Forestry Forum, Voronezh, October 13, 2023. – Voronezh: Voronezh State Forest Engineering University named after G. F. Morozov, 2023. – P. 638-643.

4. Digital device for monitoring and analyzing the general condition of a tree "Happytree" / A. S. Yagodkin, T. V. Skvortsova, A. V. Achkasov, D. V. Nikitin // Methods, models and algorithms for managing modernization processes: collection of articles from the National (All-Russian) scientific and practical conference with international participation, Kirov, May 22, 2023. – Ufa: Limited Liability Company "OMEGA SCIENCES", 2023. – P. 51-55.

5. Computer modeling of the performance of finishing procedures and parasitic elements in the hardware and software complex for designing microcircuits / A. S. Yagodkin, N. N. Litvinov, P. S. Ivanin, A. S. Groshev // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – P. 106-115.

6. Zarevich A.I., Makarenko F.V., Yagodkin A.S., Zolnikov K.V. Modeling the behavior of mobile robots using genetic algorithms // Modeling systems and processes. – 2022. – Vol. 15, No. 3. – pp. 7-16.

7. Makarenko F.V., Yagodkin A.S., Zolnikov K.V., Denisova O.A., Poluektov A.V. Review of logical bases and microcircuits in the construction of a combination device with reliability in mind // Modeling of systems and processes. – 2022. – Vol. 15, No. 1. – pp. 115-124.

8. Poluektov A.V., Makarenko F.V., Yagodkin A.S. The use of third-party libraries when writing programs for processing statistical data // Modeling systems and processes. – 2022. – Vol. 15, No. 2. – pp. 33-41.

9. Yagodkin A.S., Zolnikov V.K., Skvortsova T.V., Achkasov A.V., Kuznetsov S.A., Makarenko F.V. Development of algorithms and programs for analyzing electrical characteristics of BIS // Modeling of systems and processes. – 2022. – Vol. 15, No. 3. – pp. 136-148.