УДК 629.7.021

Некравцев Евгений Николаевич
доцент, кандидат технических наук
заведующий кафедрой «Самолетостроение»
Воронежский государственный технический университет
г. Воронеж, Россия
Сафонов Кирилл Сергеевич
кандидат технических наук, младший научный сотрудник
Воронежский государственный технический университет
г. Воронеж, Россия
Самохвалов Виктор Валерьевич
младший научный сотрудник
Воронежский государственный технический университет
г. Воронеж, Россия

БПЛА тандемной схемы вертикального взлета и посадки типа конвертоплан

Аннотация. В статье рассматривается БПЛА вертикального взлета и посадки, построенный по тандемной схеме, которая позволяет обеспечить достаточно устойчивый полет при колебаниях положения центра тяжести. БПЛА предназначен для перемещения грузов общей массой до 11 кг со скоростью до 90 км/ч. В качестве полезной нагрузки могут выступать обычные грузы, а также специальные объекты в виде квадрокоптеров, радиус выполнении задачи, которых ограничен 5-7 км. БПЛА позволяет увеличить дальность их использования до 30 – 32 км. БПЛА имеет специальную площадку для их размещения, а также узлы фиксации – расфиксации с целью обеспечения «схода» специальных объектов. Приведено описание конструктивно-силовой схемы БПЛА, дана краткая характеристика материалов, из которых изготовлен БПЛА, а также их технологии.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, тандемная схема, конвертоплан, вертикальный взлет и посадка, летающая несущая платформа, конструктивно – силовая схема, полимерно – композиционный материал.

Nekravtsev Evgeny Nikolaevich
Associate Professor, Candidate of Technical Sciences
Voronezh State Technical University
Voronezh, Russia
Safonov Kirill Sergeevich
Candidate of Technical Sciences
Voronezh State Technical University
Voronezh, Russia
Samokhvalov Viktor Valerievich
Voronezh State Technical University
Voronezh, Russia

Tandem vertical take - off and landing UAV of the tiltrotor type

Annotation. The article considers a vertical take-off and landing UAV, built according to a tandem scheme, which allows for a fairly stable flight with fluctuations in the position of the center of gravity. The UAV is designed to move loads with a total weight of up to 11 kg at a speed of up to 90 km/h. The payload can be ordinary cargo, as well as special objects in the form of quadrocopters, the radius of which is limited to 5-7 km. The UAV allows to increase the range of their use to 30-32 km. The UAV has a special platform for their placement, as well as fixation and defixation nodes in

order to ensure the "descent" of special objects. The UAV design and power scheme is described, and a brief description of the materials from which the UAV is made, as well as their technology, is given.

Keywords: unmanned aerial vehicle, tandem scheme, tiltrotor, vertical takeoff and landing, flying carrier platform, structural and power scheme, polymer composite material.

БПЛА тандемной схемы (далее БПЛА) был разработан, изготовлен и испытан в рамках работы, выполненной при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект № FZGM-2024-0006).

БПЛА предназначен для использования в качестве летающей несущей платформы, на которой могут располагаться различные грузы.

БПЛА разработан под массу перемещаемого груза до 11 кг. В качестве груза могут быть использованы различные предметы обтекаемой и не обтекаемой формы. Во втором случае, для уменьшения силы лобового сопротивления в режиме горизонтального полета БПЛА, должны быть предусмотрены лобовые обтекатели, закрепляемые на его фюзеляже. Опыт разработки легких многоцелевых конструкций БПЛА описан в работах [1, 2].

БПЛА спроектирован таким образом, что на его плоском фюзеляже (рисунок 1) могут располагаться два квадрокоптера, т.е. в качестве полезной нагрузки могут выступать также и эти объекты. Перемещение квадрокоптеров на платформе позволит значительно увеличить их дальность полета, а, следовательно, и радиус отработки задания. Больший интерес, очевидно, вызывает именно этот вариант применения создаваемого БПЛА.

БПЛА способен размещать для транспортирования и запуска два четырехдвигательных БПЛА мультикоптерного типа с диаметром винтов 254 мм и массой до 5,5 кг каждый. На фюзеляже предусмотрены специальные фиксаторы, которые позволяют удерживать квадрокоптеры при полете на платформе и «сходить» с нее по команде оператора, которая передается по радиоканалу. Общая масса полезной нагрузки, которая может быть размещена, как было указано выше - 11 кг, при взлетной массе БПЛА до 35 кг.

БПЛА представляет собой конвертоплан–тандем гексокоптерного типа с толкающими: двумя подъемными и четырьмя подъёмно-поворотными электрическими винтомоторными группами с максимальной тягой до 12 кг каждая. Диаметр трехлопастных толкающих винтов составляет 355 мм. Подъемно - поворотные группы являются маршевыми при совершении полета по – самолетному и размещаются в мотогондолах на концах переднего и заднего крыльев.

Рисунок 1. Электронная модель БПЛА типа конвертоплан

Подъемная группа располагается на лучах по левому и правому борту летательного аппарата. В режиме крейсерского полета, т.е. после перехода в горизонтальный режим полета (по - самолетному), подъемные группы отключаются. В этом режиме, БПЛА – конвертоплан способен развивать скорость до 90 км/ч с находящимися на платформе двумя квадрокоптерами, которые для конвертоплана являются полезной нагрузкой. После схода полезной нагрузки скорость его полета может быть увеличена до 150 км/ч.

Прогнозируемый радиус действия летающей платформы в самолетном режиме полета – 25 км, время полета – до 60 минут.

Тандемная схема ЛА с несущим фюзеляжем позволяет уменьшить размах крыла при сохранении эффективной площади, а также более равномерно распределить полезную

нагрузку. Указанное обстоятельство, в свою очередь, приведет к сокращению нагрузки на крыло и уменьшению потребной строительной высоты аэродинамического профиля крыла.

Планер БПЛА имеет 2 прямых крыла с размахом: переднее – 1400 мм, заднее – 2450 мм без учета поворотных мотогондол. Длина несущего фюзеляжа составляет 1175 мм. Проектная масса планера 17 кг (без учета массы силовой установки, авионики и источников электрической энергии).

Конструктивно - силовая схема (КСС) БПЛА представляет собой комбинированную конструкцию: кессонную для крыла и полумонокок для фюзеляжа с полимерно – композиционной на основе углепластика несущей обшивкой [3] и деревянным силовым каркасом (0). Несущая обшивка применена в КСС с целью разгрузки деревянного каркаса и уменьшения массы конструкции БПЛА. В дальнейшем, деревянное исполнение конструкции каркаса крыла и фюзеляжа планируется полностью быть замененным полимерно-композиционным на основе угле- и стеклопластика, в том числе с применением многослойных конструкций (сендвич - панелей).

Рисунок 2. Электронная модель силового каркаса БПЛА

Боковые наружные поверхности продольных элементов фюзеляжа для усиления оклеены углетканью. Лучи, на которых размещены боковые подъемные винтомоторные группы, имеют толщину 10 мм и также изготовлены из полимерно-композиционного материала на основе углеткани.

Обшивка БПЛА изготовлена методом вакуумной пропитки сухого прекурсора, уложенного на технологическую оснастку, под вакуумной герметичной пленкой. Такой метод получения изделий из полимерно – композиционного материала носит название вауумной инфузии. Опыт проектирования, изготовления и применения оснастки для реализации указанного метода достаточно подробно освещен в работах [4, 5]. Толщина обшивок консолей крыла весьма невелика и составляет 0,5 мм, которой вполне достаточно для восприятия действующих нагрузок. В качестве прекурсора использовалось плетеное углеволоконное полотно толщиной 0,45 мм. С целью исключения поводок обшивок для их получения была выбрана именно технология вакуумной инфузии, которая реализуется при комнатной температуре. В работе [6] описывается технологический процесс высокотемпературного автоклавного формования, который наряду с более высокой несущей способностью угле – и стеклопластика дает и достаточно серьезные отклонения геометрии обшивки. Т.е. при формовании одномонослойной обшивки коробление будет неизбежно. Указанное обстоятельство привело к однозначному выбору технологического процесса получения обшивок для БПЛА.

Композитная обшивка БПЛА состоит из нескольких частей, которые после размещения электрических коммуникаций, а также связи и управления, наклеивались на деревянный каркас с применением эпоксидных связующих. Панель обшивки на верхней части фюзеляжа в модельном образце БПЛА имеет точечное закрепление на резьбовой крепеж, это достаточно наглядно показано на рисунке 3. Такая конструкция выбрана для отработки технологии монтажа коммуникаций при сборке, в связи с достаточно высокой их плотностью и жесткостью.

Рисунок 3. Верхняя съемная панель обшивки фюзеляжа

Консоли крыльев БПЛА, для облегчения процесса транспортирования, подразумеваются отъемными. Лобовая часть фюзеляжа в зоне стыковки с передним крылом показана на рисунке 4.

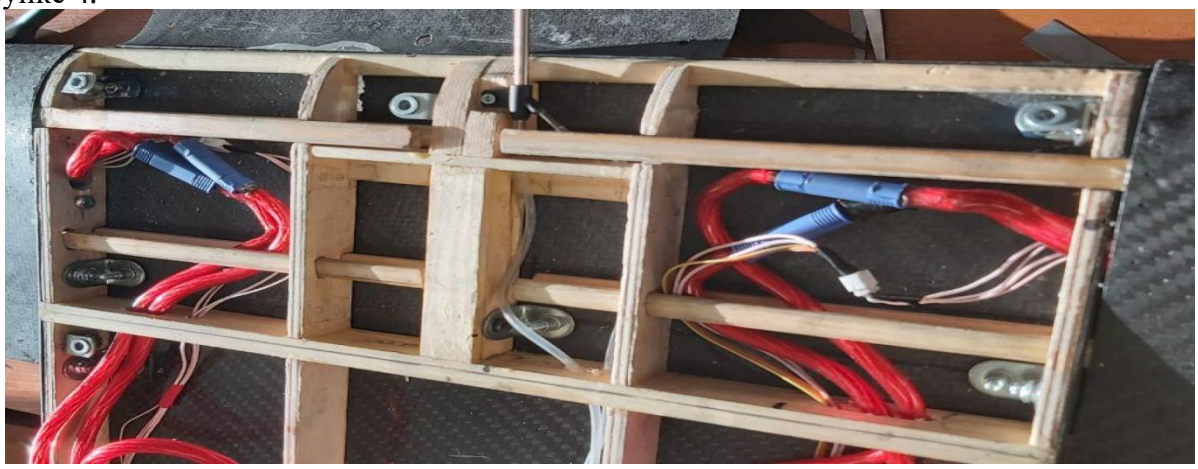

Рисунок 4. Лобовая часть фюзеляжа без верхней обшивки

В перспективе, на верхней панели будут смонтированы технологические лючки, позволяющие проводить монтаж коммуникаций, а сама панель также будет закреплена на эпоксидное связующее (клей).

В процессе создания БПЛА проведена разработка схемы увязки компонентов электрической системы, а также бортовой системы управления и связи. Схема коммутации электронных компонентов представлена на рисунке 5. На рисунке введены обозначения: а - полетный контроллер, б - понижающий преобразователь постоянного тока, в - регулятор оборотов двигателя, г – электрический двигатель, д – сервопривод поворота мотогондол, е - бортовой приемник/ передатчик, ж - цифровой модуль определения скорости, и - аккумулятор 8S, к - приемник/ передатчик, л - 16 канальный радио пульт, м - геолакационный модуль GPS.

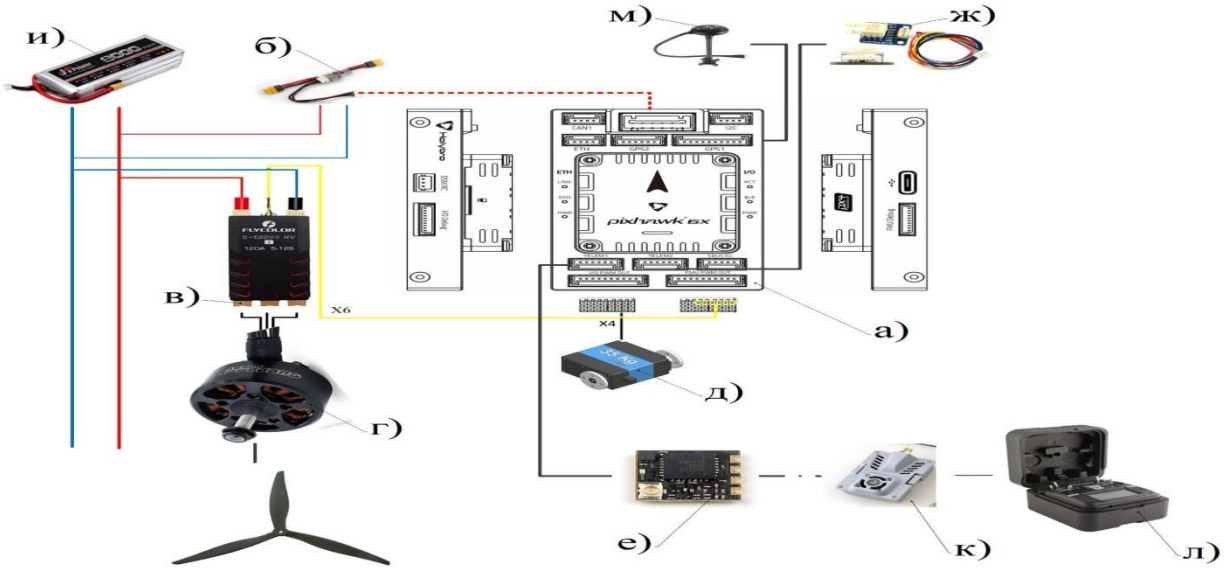

Рисунок 5 - Схема коммутации радиоэлектронной и электрической систем

Разработанный и созданный модельный образец БПЛА вертикального взлета и посадки типа конвертоплан прошел наземные контрольно - настроечные и летные испытания в режиме вертикального подъема, о чем пойдет речь в дальнейших публикациях. Рабочая группа со своей стороны разрабатывает полетное задания для перевода летных испытаний БПЛА в режим горизонтального полета, который для данного типа летательного аппарата является наиболее сложным.

Список источников

1. Легкий беспилотный летательный аппарат среднего радиуса действия. Чернега А.А., Иванников Е.Д., Некравцев Е.Н. В сборнике: Научная опора воронежской области. Сборник трудов победителей конкурса научно-исследовательских работ студентов и аспирантов ВГТУ по приоритетным направлениям развития науки и технологий. Воронеж, 2023. С. 129-131.
2. Многоцелевой беспилотный летательный аппарат среднего радиуса действия. Чернега А.А., Иванников Е.Д., Некравцев Е.Н. В сборнике: Научная опора воронежской области. Сборник трудов победителей конкурса научно-исследовательских работ студентов и аспирантов ВГТУ по приоритетным направлениям развития науки и технологий. Воронеж, 2023. С. 140-141.
3. Полимерно-композиционные материалы в агрегатах и системах авиакосмической техники. Некравцев Е.Н., Сафонов К.С., Попов И.С., Самохвалов В.В. В сборнике: Созвездие Роскосмоса: траектория науки. Материалы II Отраслевой научно-практической конференции. Красноярск, 2023. С. 66-67.
4. Многоразовая композитная оснастка для изготовления изделий из полимерных композиционных материалов методом вакуумной инфузии. Попов И.С., Некравцев Е.Н., Сафонов К.С., Самохвалов В.В., Оганесов В.А. В сборнике: Научная опора Воронежской области. Сборник трудов победителей конкурса научно-исследовательских работ студентов и аспирантов ВГТУ по приоритетным направлениям развития науки и технологий. Воронеж, 2021. С. 108-109.
5. Многоразовая композитная оснастка для изготовления изделий из полимерных композиционных материалов методом вакуумной инфузии. Попов И.С., Некравцев Е.Н., Сафонов К.С., Самохвалов В.В., Оганесов В.А. В книге: Авиакосмические технологии (АКТ-2021). Тезисы XXII Международной научно-технической конференции и школы молодых ученых, аспирантов и студентов. Воронеж, 2021. С. 61-64.
6. Исследование процессов устранения коробления авиационных изделий из полимерных композиционных материалов, полученных методом высокотемпературного формования. Корольков В.И., Некравцев Е.Н., Сафонов К.С., Огурцов П.С., Оганесов В.А., Попов И.С., Самохвалов В.В. Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2021. № 10 (739). С. 84-94.