

аппарате в условиях турбулентности атмосферы / О. В. Ковриго, А. В. Шарамет // Вестн. Воен. акад. Респ. Беларусь. – 2020. – № 4. – С. 78–89.

2. Алпатов, Б. А. Методы автоматического обнаружения и сопровождения объектов. Обработка изображений и управление / Б. А. Алпатов, П. В. Бабаян [и др.]. – М.: Радиотехника, 2008. – 176 с.

3. Bouguet J-Y., Pyramidal Implementation of the Affine Lucas Kanade Feature Tracker Description of the algorithm / Intel Corporation Microprocessor Research Labs.

4. Поляков Д.Б. Блочные алгоритмы оценки движения / [Электронный ресурс]. 06.01.2024. – URL: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.tvs-mtuci.ru/attachments/article/19/Blochnye%20algoritmy%20ocenki%20dvizhenija.pdf>

5. L. Ma, Y. Sun, N. Feng and Z. Liu, Image Fast Template Matching Algorithm Based on Projection and Sequential Similarity Detecting / 2009 Fifth International Conference on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing, Kyoto, Japan, 2009, pp. 957-960, doi: 10.1109/IH-MSP.2009.94.

6. Ковриго, О.В. Комплексная методика оценки угла вращения изображения, формируемого на малогабаритном беспилотном летательном аппарате, с учетом адаптации к фоноцелевой обстановке / О. В. Ковриго // Вестн. ВА РБ. – 2022. – № 4 (77). – С. 59–69.

УДК 621.3 + 629.735.4+ 739.826

## **РАЗРАБОТКА И КОНСТРУИРОВАНИЕ БПЛА ДЛЯ ДОСТАВКИ МАЛОМЕРНЫХ ГРУЗОВ АГРОТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

**Д.Н. СУРЧИЛОВ, Е.И. ТАРАСОВ, А.А. ШАРАФУТДИНОВ**  
Казанский национальный исследовательский технический  
университет им. А. Н. Туполева – КАИ (КНИТУ-КАИ)  
Казань, Россия

Цель работы: обеспечение агротехнических мероприятий путём доставки грузов на поля посредством БПЛА.

Задача работы: проектирование БПЛА, обеспечивающего надёжную доставку груза, его парашютирование, и реализация опытного экземпляра «в железе».

В агротехнике зачастую необходимо обеспечить доставку относительно небольших грузов (порядка 1 кг) точно по полю. Рассмотрена возможность данной доставки посредством БПЛА с парашютированием

груза. В данной работе решается задача создания подобного аппарата и реализация опытного образца.

Основные требования к создаваемому аппарату:

- масса полезной нагрузки – 1 кг;
- крейсерская скорость полета – 20 м/с;
- продолжительность полета – 30 минут;
- наличие системы спасения и резервирования;
- скорость ветра до 14 м/с, возможна пониженная видимость;
- наличие системы компьютерного зрения;
- наличие системы контроля сброса груза;
- получение информации о глобальном местоположении аппарата;
- телеметрия, обмен информацией со станцией наземного контроля, управление аппаратом со станции;
- управление аппаратом в ручном и полуавтоматическом режимах;
- передача видеосигнала для FPV системы.

Условия проведения полетов требуют автоматического поддержания таких фаз полета как: взлет, набор высоты, полет, снижение, заход на посадку, посадка. Помимо этого, имеющееся на борту оборудование должно выполнять задачу поиска на земле контрастных маркеров, согласно дополнительному заданию, а также выполнять задачи вычисления точки падения груза для выполнения основного задания.

1. Проведён аналитический обзор, произведены расчёт и выбор:

- схемы аэродинамической компоновки;
- конструктивные элементы БПЛА;
- тип и элементы силовой установки;
- источник электропитания;
- управляющая электроника;
- алгоритмы, ПО, в т.ч. нейросетевое.

Выполнены все необходимые аэродинамические и прочностные расчеты, произведено математическое моделирование.

Краткое описание спроектированного БПЛА.

Аэродинамическая схема разрабатываемого летательного аппарата – классическая бесхвостка с элевонами. Достоинства схемы:

- большая площадь крыла, что позволяет сделать аппарат компактнее, при этом сохранить высокую грузоподъемность;
- наличие вертикального оперения, что позволяет упростить пилотирование в сравнении со схемой «летающее крыло»;
- развитый центроплан, позволяющий разместить внутри максимум оборудования и большой объем перевозимой целевой нагрузки;
- простота изготовления, ввиду отсутствия горизонтального оперения и простых форм летательного аппарата.

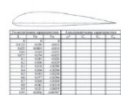
2. По выполненному проекту разработана технология и изготовлен реальный БПЛА, проведены лётные испытания.

Отработана и реализована технология изготовления каждого из элементов конструкции спроектированного БПЛА. Аппарат, включая фюзеляж и крылья, элементы внутреннего усиления, изготавливались вручную авторами самостоятельно с использованием соответствующих инструментов и приспособлений в одной из лабораторий КНИТУ-КАИ.

На рис. 1 очень кратко отображены этапы расчётов, выбора и в целом проектирования данного БПЛА (п.1 по тексту), а также этапы разработки технологии и самого его изготовления (п.2 по тексту).

### 1. Этапы расчетов и проектирования

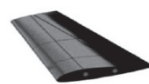
Аэродинамика конструкции крыла



Корневой профиль ЦАГИ-890:



Концевой профиль (НАСА-009)

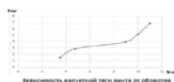


Трехлопастная Модель крыла

Силовая установка и винты



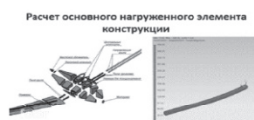
Турбо 3126-1600 KV  
ЛМС 127-43  
Включает 80А



Зависимость диаметра лопастей от оборотов

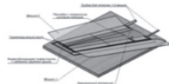
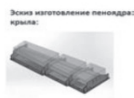


Прочность и нагрузки



### 2. Разработка технологии и изготовление БПЛА

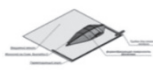
Изготовление крыла и вертикального оперения



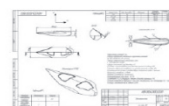
Изготовление фюзеляжа



Эскиз приспособления для изготовления изогнутого пеноплада фюзеляжа



Эскиз изготовления композитной корки фюзеляжа



Изготовление системы сброса груза

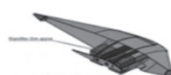
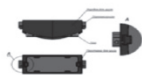


Рис.1 Иллюстрации к этапам создания БПЛА

В порядке дополнительной информации, выбрана следующая комплектация БПЛА заводскими элементами:

- аккумулятор сборный из Li-Ion ячеек 21700 (4S 4P) общей емкостью 20АЧ. Ячейки 21700 т.к. соотношение массы к ёмкости при достаточной токоотдаче является наиболее приемлемым.
- в качестве БРЭО – покупное, распространённое ПК PixHawk 4.

- софт для БРЭО запрограммирован автором.
- нейронная сеть для CV - многослойный перцептрон Румельхарта в котором один алгоритм обратного распространения ошибки обучает все слои. Нейросеть распознаёт наземные знаки с воздуха. Обработка картинки на бортовом компьютере (Raspberry pi4).

Также некоторые элементы электронного оборудования:

- машинное зрение, контроль сброса GNSS модуль Holybro M8N;
- получение информации о глобальном местоположении аппарата;
- телеметрия Instock RCMOY RFD900A;
- приемо-передатчик TBS TRACER SIXTY9.

В целом изделие представляет из себя полностью автономный беспилотный комплекс. На самолете установлен цифровой комплекс авионики. Контроллер полета получает информацию со всех датчиков и, используя метод контроля полной энергии и координации ориентации выдает сигналы на контроллер мотора и на сервомоторы.

Подобранные компоненты и в целом созданный БПЛА обеспечивают автономное и безопасное использование при условии скорости ветра <14м/с и вне зависимости от видимости.

Проведённые полётные испытания образца подтвердили выполнение задачи и достижение цели. Образец готов к внедрению в серийное производство и может применяться для существенно более широкого круга задач, чем рассмотрены в данной работе.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник авиационных профилей URL: [http://kipla.kai.ru/liter/Spravochnic\\_avia\\_profiley.pdf](http://kipla.kai.ru/liter/Spravochnic_avia_profiley.pdf)

2. Расчет на прочность элементов конструкции самолета: Ю. Л. Тарасов, Б. А. Лавров; СГАУ, Самара, 2000 URL: <https://goo.su/jN7ecOC>

УДК 631

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Н.М. ТАРАБУЕВ

Белорусский государственный технологический университет  
Минск, Беларусь

В данной статье рассматривается то, как агродроны открывают огромные перспективы для сельскохозяйственного экономического роста.