

УДК 623.746

**МЕТОДЫ УВЕЛИЧЕНИЯ ДАЛЬНОСТИ ПОЛЕТА
БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА**

Сугак В.В., 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 исследуются методы увеличения дальности полета беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Рассмотрены ключевые факторы: снижение аэродинамического сопротивления, оптимизация энергопотребления, использование солнечной энергии и уменьшение массы конструкции. На примере модифицированного БПЛА показано, что комбинация улучшенной аэродинамики и гибридной энергосистемы позволяет увеличить дальность полета на 30–40%.

Ключевые слова: БПЛА, дальность полета, аэродинамическое сопротивление, солнечные панели, оптимизация веса.

Введение. Беспилотные летательные аппараты находят применение в доставке грузов, мониторинге территорий, военных операциях и для нужд энергетической отрасли [1]. Однако их автономность ограничена емкостью аккумуляторов [2] и аэродинамической эффективностью. Основные проблемы, с которыми сталкиваются современные БПЛА это высокое лобовое сопротивление при больших скоростях, энергопотери в силовой установке и ограниченная энергоемкость батарей.

Цель работы: разработать комплексный подход к увеличению дальности полета БПЛА за счет оптимизации аэродинамической формы, снижения массы конструкции, внедрения гибридной энергосистемы (батарея + солнечные панели), а также повышения КПД двигателей.

Результаты исследования. Существует четыре критерия увеличения дальности полета БПЛА. Первый из них – аэродинамическая оптимизация [3]. Лобовое сопротивление рассчитывается по формуле (1):

$$F_{\text{сопр}} = \frac{1}{2} \cdot C_x \cdot \rho \cdot S \cdot v^2, \quad (1)$$

где C_x — коэффициент сопротивления, ρ — плотность воздуха, S — площадь миделя, v — скорость.

После модернизации формы корпуса коэффициент C_x снижен, что наглядно отражено на гистограмме, представленной на рисунке 1.

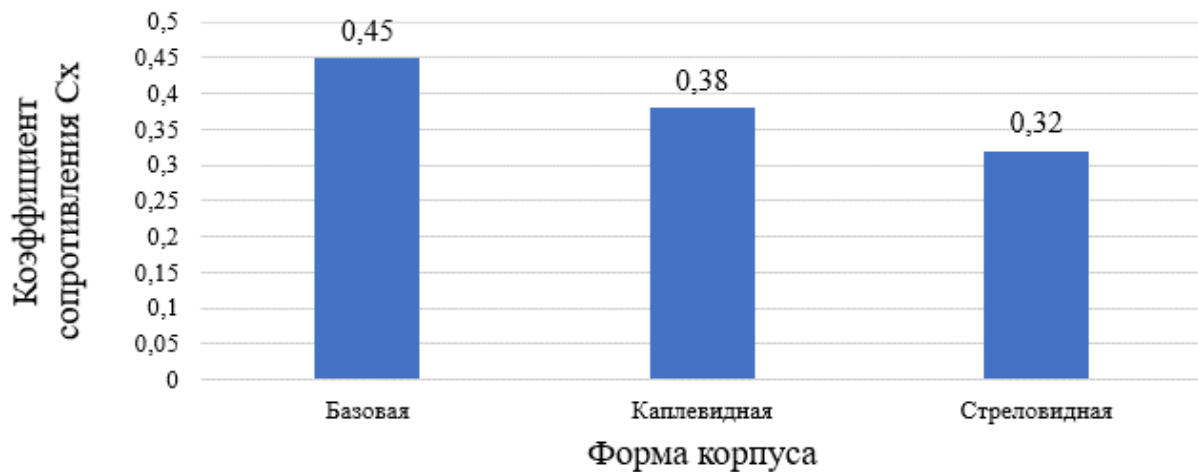


Рис. 1. Зависимость коэффициента C_x от формы корпуса

Оптимизация аэродинамической формы корпуса БПЛА позволяет снизить коэффициент лобового сопротивления C_x на 15%. Это свидетельствует о том, что улучшение аэродинамики является эффективным методом увеличения дальности полета, так как снижение сопротивления напрямую влияет на энергопотребление и скорость аппарата.

Второй критерий – снижение массы конструкции (рис.2). Использование композитных материалов (карбон, арамид) способно уменьшить массу БПЛА на 20%. Дальность полета связана с массой уравнением (2):

$$R = \frac{\eta \cdot E_{\text{бат}}}{m \cdot g \cdot C}, \quad (2)$$

где η — КПД двигателя, $E_{\text{бат}}$ — энергия батареи, C — аэродинамическое качество.

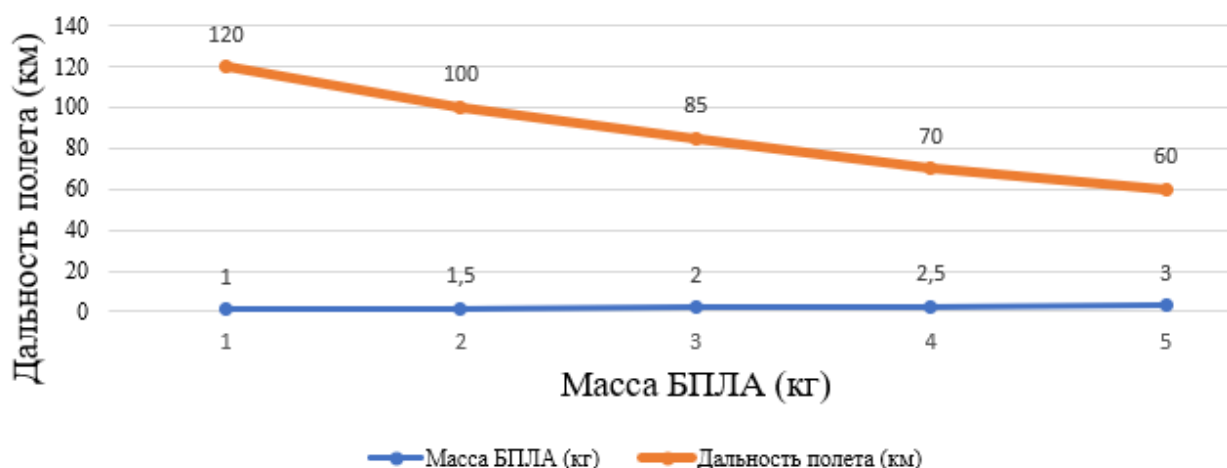


Рис. 2. Зависимость дальности полета от массы БПЛА

Масса аппарата напрямую влияет на энергопотребление, и ее снижение позволяет более эффективно использовать энергию батареи, увеличивая автономность.

Третий критерий достигается введением гибридной энергосистемы. Солнечные панели генерируют дополнительную энергию (3):

$$P_{\text{солн}} = \eta_{\text{панели}} \cdot S_{\text{панели}} \cdot I_{\text{свет}}, \quad (3)$$

где $I_{\text{свет}}$ — интенсивность (рис.3) солнечного излучения ($\text{Вт}/\text{м}^2$).

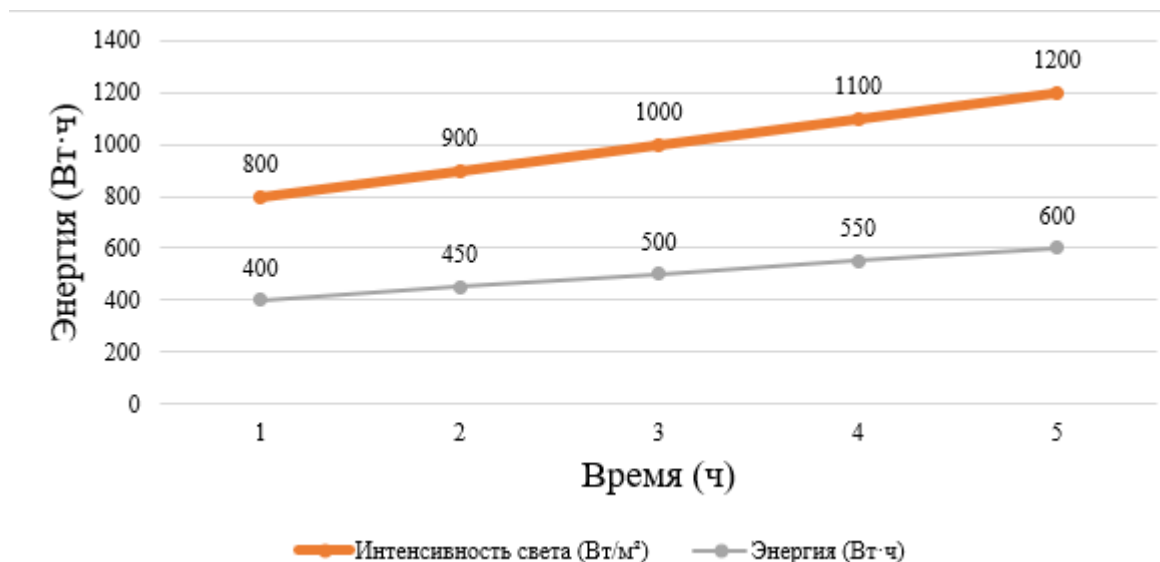


Рис.3. Зависимость энергии, генерируемой солнечными панелями, от времени и интенсивности солнечного света

График на рисунке 3 показывает, сколько энергии можно получить при разной интенсивности света, что при расчете дополнительной дальности позволяет оценить, насколько увеличится дальность полета БПЛА при использовании гибридной системы [4] (батарея + солнечные панели) (рис.4). Таким образом при $I=1000 \text{ Вт}/\text{м}^2$ и площади панелей 0.5 м^2 дневная дальность увеличивается на 25%.

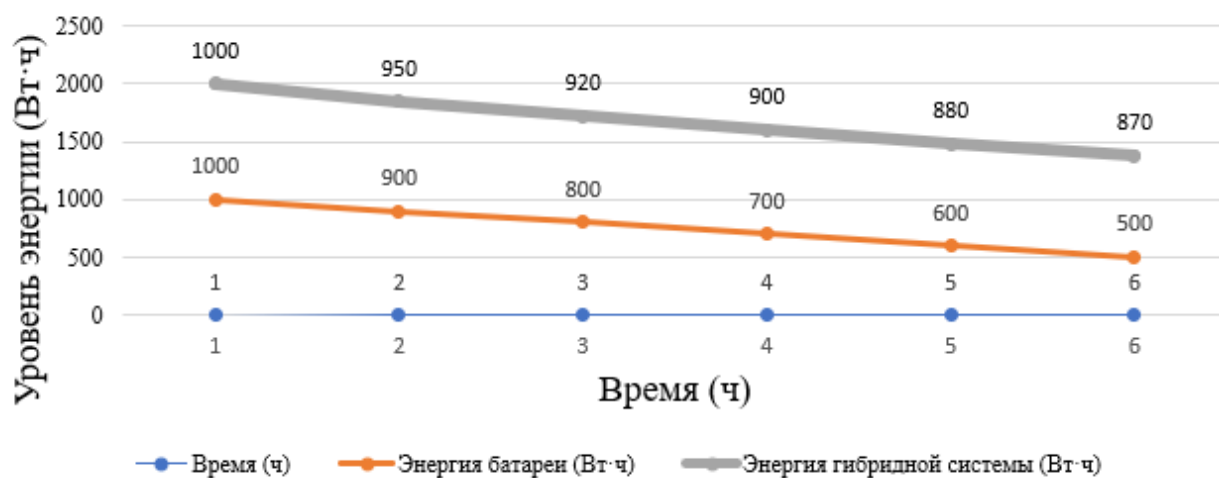


Рис. 4. Сравнение дальности с батареей и гибридной системой

Четвертый критерий – повышение КПД двигателей. Так, тяговооруженность (TWR) (отношение тяги к весу) влияет на энергопотребление, это влияние описано формулой (4):

$$TRW = \frac{T}{m \cdot g}, \quad (4)$$

где T — тяга двигателя. Зависимость тяговооруженности от массы и тяги показано на графиках рисунка 5.

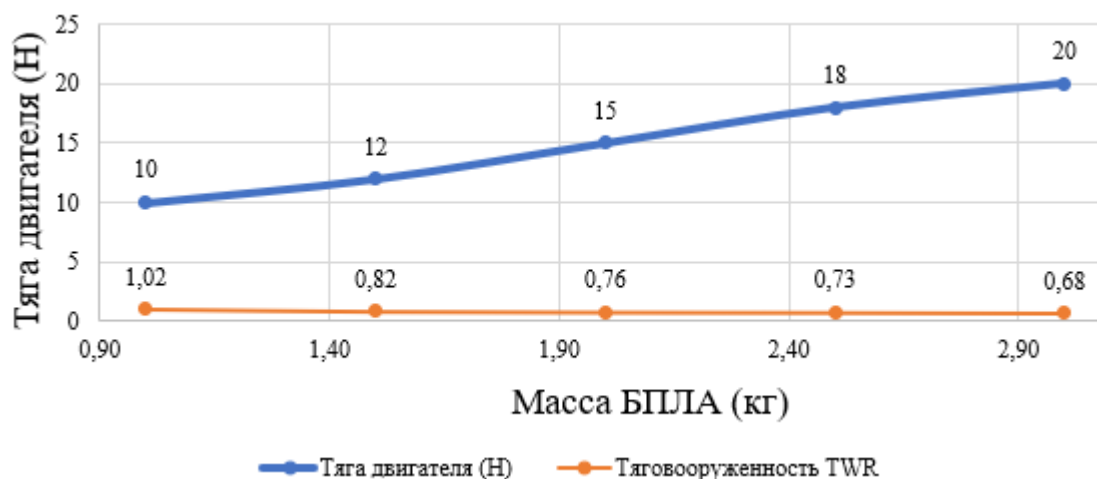


Рис.5. Зависимость TRW от массы и тяги

Оптимальное значение тяговооруженности (TWR) для БПЛА находится в диапазоне 0,8–1,2. Это соотношение тяги к массе аппарата влияет на энергопотребление и эффективность полета. Поддержание оптимального TWR позволяет снизить энергозатраты и увеличить дальность полета.

Выводы. В статье рассмотрены ключевые методы увеличения дальности полета беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), которые включают оптимизацию аэродинамической формы, снижение массы конструкции, внедрение гибридной энергосистемы (батарея + солнечные панели) и повышение КПД двигателей. Комплексный подход к решению этих задач позволяет достичь значительного увеличения дальности полета на 30–40%.

Аэродинамическая оптимизация играет важную роль в снижении лобового сопротивления. Улучшение формы корпуса БПЛА позволило снизить коэффициент C_x на 15%, что напрямую влияет на энергопотребление и скорость аппарата. Это подтверждает, что аэродинамические улучшения являются одним из наиболее эффективных способов увеличения дальности.

Снижение массы конструкции за счет использования композитных материалов (карбон, арамид) позволило уменьшить массу БПЛА на 20%. Это снижение массы положительно сказывается на энергопотреблении, так как меньшая масса требует меньше энергии для поддержания полета, что увеличивает автономность аппарата.

Гибридная энергосистема, сочетающая традиционные батареи и солнечные панели, доказала свою эффективность. Солнечные панели способны генерировать дополнительную энергию, особенно в условиях высокой интенсивности солнечного света. Это позволяет увеличить дневную дальность полета на 25%, что делает гибридные системы перспективным направлением для дальнейшего развития БПЛА.

Повышение КПД двигателей и оптимизация тяговооруженности (TWR) также вносят значительный вклад в увеличение дальности полета. Оптимальное значение TWR (0,8–1,2) позволяет снизить энергопотребление и повысить эффективность работы двигателей, что особенно важно для длительных полетов.

Таким образом, комплексный подход, включающий все перечисленные методы, позволяет не только увеличить дальность полета, но и повысить общую эффективность и автономность БПЛА. Наибольший вклад в увеличение дальности вносят снижение лобового сопротивления и использование солнечных панелей, что делает эти направления наиболее перспективными для дальнейших исследований и разработок.

Данные методы могут быть успешно применены в различных сферах использования БПЛА, таких как доставка грузов, мониторинг территорий, военные операции и обслуживание энергетической инфраструктуры. В будущем развитие технологий в области материалов, энергетики и аэродинамики позволит еще больше увеличить возможности беспилотных летательных аппаратов, делая их более эффективными и универсальными.

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. 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
3. Павлов М.С. Оптимальное проектирование корпуса беспилотного летательного аппарата / М.С. Павлов, А.К. Каравацкий, К.В. Костюшин и др. / Вестник Томского государственного университета №73. Томск, 2021, с. 71-80
4. Источники энергии дронов – Электронные данные – Режим доступа: <https://russiadrone.ru/publications/istochniki-energii-dronov-razdvigaya-granitsy-elektricheskogo-poleta/>