

## РАСЧЕТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА С КРИОГЕННОЙ СИЛОВОЙ УСТАНОВКОЙ

Тремкина О.В.<sup>1</sup>, Аденах Х.<sup>1</sup>, Пулатов Т.Н.<sup>1</sup>, Панышин Р.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Самарский университет, г. Самара, [t.olga.vit@bk.ru](mailto:t.olga.vit@bk.ru)

*Ключевые слова:* беспилотный летательный аппарат, аэродинамический расчет, геометрический расчет, потребная мощность.

За время в эксплуатации в различных областях применения беспилотные летательные аппараты показали себя с хорошей стороны, в особенности показывая экономическое преимущество по сравнению с пилотируемыми самолетами. В связи с постоянным ростом цен на углеводородное топливо и новыми экологическими требованиями, требующими уменьшение вредных выбросов, в лаборатории криогенной техники Самарского университета ведутся работы по созданию гибридного беспилотного летательного аппарата (БПЛА).

В данной работе рассматривается разработка гибридного БПЛА (рис. 1), выполненного по схеме тянущий-толкающий. В носовой части БПЛА установлен поршневой двигатель внутреннего сгорания (ДВС), а в кормовой – поршневой детандер, работающий на криогенном рабочем теле (жидком азоте).

В начале работы по проектированию было составлено техническое задание, которое заключается в определении летных характеристик БПЛА. Геометрические параметры были определены на базе расчетных исследований и анализа сверхлегких самолётов [1], а также в зависимости от требований к БПЛА, установленными в техническом задании:

Летно-технические характеристики:

- а) Крейсерская скорость  $V_{кр} = 170$  км/ч;
- б) Высота полёта на крейсерском режиме  $H_{кр} = 2000$  м;
- в) Длина разбега  $l_{разб}$  не более 150 м;
- г) Максимальная дальность полета с расчетной нагрузкой 800 кг;
- д) Масса целевой нагрузки 15 кг;
- е) Взлетная масса 220 кг.

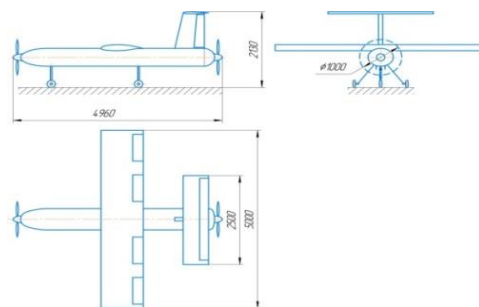


Рис.1 – Схема общего вида БПЛА

Далее были произведены расчетные исследования по определению оптимальных аэродинамических характеристик БПЛА и потребной мощности силовой установки, которая обеспечит крейсерский полёт на криогенном топливе.

Полученные результаты основных характеристик по аэродинамическому разделу показаны в виде графиков на рис. 2 и рис. 3.

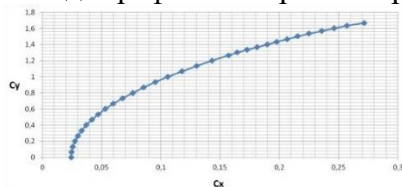


Рис.2 – Поляра БПЛА

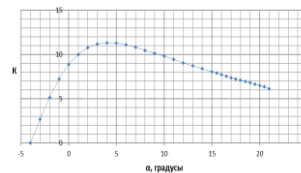


Рис.3 – Изменение аэродинамического качества БПЛА в зависимости от угла атаки крыла

Потребная тяга поршневого детандера (1) должна быть обеспечена при максимальном качестве, результаты расчетных исследований показали, что это будет выполняться при угле атаки  $4^\circ$ .

$$P_{\Pi} = \frac{G}{K} \quad (1)$$

где  $G$  – вес БПЛА,  $K$  – коэффициент аэродинамического качества.

В свою очередь потребная мощность горизонтального полета равна произведению потребной тяги на скорость полета [2]:

$$N_{\Pi} = P_{\Pi} \times V_{\text{гп}} \quad (2)$$

где  $V_{\text{гп}}$  – скорость горизонтального полета.

На рис. 4 показана зависимость потребной мощности для горизонтального полета к углу атаки самолета.

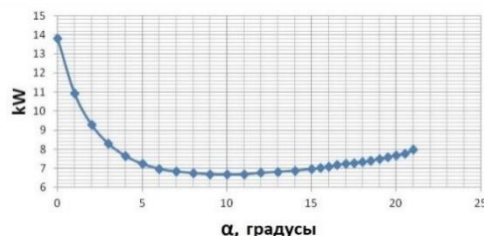


Рис.4 – Потребная мощность для горизонтального полета к углу атаки

### Благодарности

Результаты работы получены с использованием оборудования центра коллективного пользования «Межкафедральный учебно-производственный научный центр САМ-технологий» при финансовой поддержке Минобрнауки России (проект № 0777-2020-0019). Авторы выражают свою признательность за поддержку и помощь канд. техн. наук, доценту кафедры конструкции и проектирования летательных аппаратов, старшему научному сотруднику НОЦ 202 Назарову Дмитрию Валентиновичу.

**Вывод:** Расчетное исследование показало, что при крейсерском полете потребная мощность составит 7,6 кВт при угле атаки 4°, т.е. необходимо создать такую криогенную силовую установку, которая будет способна выработать необходимую тягу для осуществления крейсерского полета.

### Список литературы

1. Проектирование легких и сверхлегких летательных аппаратов / Под ред. И.П. Вислов. – Самара.: Издательство, 2005. – 111 с.

2. Чумак П.И. и Кривокрысенко В. Ю Расчет проектирование и постройка сверхлегких самолетов. – Москва.: Издательство, 1991. – 235 с.

#### Сведения об авторах

Тремкина Ольга Витальевна, аспирант. Область научных интересов: расчет и проектирование криогенного поршневого двигателя.

Аденан Хамза, аспирант. Область научных интересов: проектирование беспилотного летательного аппарата.

Пулатов Тимир Немаджонович, студент. Область научных интересов: проектирование беспилотного летательного аппарата.

Паньшин Роман Андреевич, аспирант. Область научных интересов: повышение эффективности энергоустановок за счет применения энергии криопродуктов.

### CALCULATED STUDY OF AERODYNAMIC CHARACTERISTICS OF UNMANNED AIRCRAFT WITH A CRYOGENIC POWER PLANT

Tremkina O.V., Adenane H., Pulatov T.N., Panshin R.A.  
Samara University, Samara, [t.olga.vit@bk.ru](mailto:t.olga.vit@bk.ru)

*Keywords: cryogenic propulsion system, liquid nitrogen, unmanned aerial vehicle.*

This work discusses the development of a hybrid UAV, made according to the pull-push scheme.