

ОСОБЕННОСТИ СИЛОВЫХ УСТАНОВОК МАЛОРАЗМЕРНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Аннотация

В статье рассматриваются особенности силовых установок малоразмерных летательных аппаратов. Описаны основные типы силовых установок, применяемых в современных беспилотных летательных аппаратах, а также их конструктивные особенности. Рассмотрены преимущества и недостатки различных типов двигателей и их влияние на летно - технические характеристики аппарата. Показано, что правильный выбор силовой установки является одним из важнейших факторов, определяющих эффективность эксплуатации летательных аппаратов малого размера.

Ключевые слова

Силовая установка, беспилотный летательный аппарат, электродвигатель, пропеллер, летательные аппараты

Bavbel E.I.
Postgraduate of BSUIR,
Minsk, Belarus

FEATURES OF POWER PLANTS OF SMALL AIRCRAFT

Annotation

The article discusses the features of power plants of small aircraft. The main types of propulsion systems used in modern unmanned aerial vehicles are described, as well as their design characteristics. The advantages and disadvantages of different types of engines and their influence on the flight characteristics of aircraft are considered.

Keywords

Power plant, unmanned aerial vehicle, electric motor, propeller, aircraft

Введение

Малоразмерные летательные аппараты получили широкое распространение в различных областях деятельности. Они используются для мониторинга территорий, проведения аэрофотосъемки, научных исследований и решения различных технических задач. Развитие современных технологий электроники, материалов и систем управления позволило значительно расширить возможности применения летательных аппаратов малого размера [1–4].

Одним из важнейших элементов конструкции летательного аппарата является силовая установка, обеспечивающая создание тяги, необходимой для движения аппарата в

воздушной среде. От характеристик силовой установки зависят продолжительность полета, грузоподъемность и энергетическая эффективность летательного аппарата [5].

При проектировании малоразмерных летательных аппаратов особое внимание уделяется выбору типа двигателя, параметров воздушного винта и характеристик источника энергии. Правильный выбор данных элементов позволяет повысить эффективность эксплуатации аппарата и улучшить его летно - технические характеристики [6, 7].

Конструкция и состав силовой установки летательных аппаратов малого размера

Силовая установка является одним из основных элементов конструкции летательного аппарата и предназначена для создания тяги, обеспечивающей движение аппарата в воздушной среде. В состав силовой установки, как правило, входят двигатель, воздушный винт, система питания и элементы управления работой двигателя. Эффективность работы данных элементов оказывает непосредственное влияние на летно - технические характеристики летательного аппарата [7].

В малоразмерных летательных аппаратах силовая установка должна обладать небольшой массой, высокой надежностью и достаточной энергетической эффективностью. При проектировании силовых установок учитываются такие параметры, как мощность двигателя, характеристики воздушного винта, а также тип используемого источника энергии [8].

Особое значение имеет правильный выбор двигателя, поскольку именно он определяет основные параметры работы силовой установки. Современные технологии позволяют применять различные типы двигателей, каждый из которых имеет свои особенности и область применения [9].

Электрические силовые установки

В настоящее время электрические силовые установки получили наибольшее распространение в малоразмерных летательных аппаратах. Основными элементами такой установки являются электродвигатель, регулятор скорости, аккумуляторная батарея и воздушный винт.

Одним из главных преимуществ электрических силовых установок является высокий коэффициент полезного действия. Кроме того, такие установки характеризуются низким уровнем шума, простотой конструкции и относительно небольшими габаритами [10]. Эти особенности делают электрические двигатели наиболее удобными для применения в летательных аппаратах малого размера.

Еще одним преимуществом электрических силовых установок является простота управления. Электронные регуляторы скорости позволяют точно контролировать работу двигателя и изменять его мощность в зависимости от режима полета.

Однако электрические силовые установки имеют и ряд ограничений. Основным из них является ограниченная емкость аккумуляторных батарей, что может снижать продолжительность полета летательного аппарата [11].

Двигатели внутреннего сгорания в малоразмерных летательных аппаратах

Помимо электрических двигателей, в некоторых летательных аппаратах применяются двигатели внутреннего сгорания. Такие двигатели используются в аппаратах, требующих значительной мощности и большой продолжительности полета.

Основным преимуществом двигателей внутреннего сгорания является высокая энергетическая плотность топлива, что позволяет значительно увеличить дальность и

продолжительность полета [12]. Вместе с тем применение двигателей внутреннего сгорания вызывает ряд трудностей поскольку они имеют более сложную конструкцию, требуют системы подачи топлива, регулярного технического обслуживания. Кроме того, они создают более высокий уровень шума и вибраций, что негативно сказывается на работу бортового оборудования.

Несмотря на указанные недостатки, двигатели внутреннего сгорания продолжают использоваться в некоторых типах летательных аппаратов, особенно в тех случаях, когда требуется высокая мощность силовой установки [13].

Воздушные винты и их характеристики

Одним из ключевых элементов силовой установки летательных аппаратов малого размера является воздушный винт. Он преобразует механическую энергию двигателя в тягу, обеспечивающую движение аппарата в воздушной среде. Эффективность работы воздушного винта оказывает значительное влияние на летно - технические характеристики летательного аппарата [9].

Основными параметрами воздушного винта являются диаметр, шаг винта и форма лопастей. Диаметр винта определяет площадь взаимодействия с воздушным потоком, а шаг винта влияет на скорость движения аппарата. При проектировании летательных аппаратов малого размера необходимо подбирать оптимальное соотношение данных параметров, позволяющее обеспечить максимальную эффективность работы силовой установки [14].

В современных летательных аппаратах широко применяются винты из композитных материалов. Такие винты обладают высокой прочностью и малой массой, что способствует снижению общей массы летательного аппарата и повышению его эффективности.

Источники энергии силовых установок

Еще одним важным элементом силовой установки являются источники энергии. В малоразмерных летательных аппаратах чаще всего используются аккумуляторные батареи, которые обеспечивают питание электрических двигателей.

Современные литий - ионные и литий - полимерные аккумуляторы обладают высокой энергетической плотностью и относительно небольшой массой. Это позволяет использовать их в летательных аппаратах малого размера без значительного увеличения массы конструкции [10].

Применение аккумуляторных батарей несколько ограничено, что связано с их емкостью, требующей постоянной подзарядки. Сказанное предполагает, что необходимо больше внимания уделять разработке новых типов источников энергии, в первую очередь, включая гибридные силовые установки и топливные элементы [15], обеспечивающие более продолжительный полет и повышенную эффективность эксплуатации летательного аппарата.

Факторы, влияющие на эффективность силовой установки

Эффективность силовой установки определяется рядом различных факторов, которые зависят от характеристик двигателя, параметров воздушного винта, а также условия эксплуатации БПЛА.

Определяющим является масса силовой установки. Для летательных аппаратов малого размера снижение массы конструкции играет особенно важную роль, поскольку напрямую влияет на продолжительность полета и грузоподъемность аппарата.

Следует учитывать аэродинамическое взаимодействие воздушного винта с корпусом летательного аппарата. Неправильное размещение силовой установки может привести к возникновению дополнительных аэродинамических потерь и снижению эффективности работы винта [8].

На эффективность силовой установки влияет режим полета. Так при различных скоростях и высотах полета изменяются параметры воздушного потока, что может существенно влиять на работу двигателя и винта.

Заключение

В статье рассматриваются типы силовых установок, применяемых в малоразмерных летательных аппаратах. Их характеристики напрямую влияют на продолжительность полета, грузоподъемность и общую энергетическую эффективность.

Анализ показывает, что в данном классе аппаратов преобладают электрические двигатели. Это объясняется их высоким КПД, простотой конструкции и удобством в эксплуатации. Двигатели внутреннего сгорания, однако, сохраняют свою нишу в задачах, требующих большей мощности или длительного полета.

Параметры воздушного винта и тип источника энергии во многом определяют эффективность силовой установки. Их согласованный выбор позволяет добиться устойчивых летных характеристик.

Совершенствование силовых установок остается одной из ключевых задач в развитии малоразмерной авиации и напрямую расширяет область их практического применения.

Список использованной литературы

[1] Austin, R. Unmanned Aircraft Systems: UAV Design, Development and Deployment / R. Austin. – Chichester: Wiley, 2010. – 372 p.

[2] Бавбель, Е. И. Оптимизация энергопотребления БПЛА при выполнении миссий наблюдения = Optimizing UAV power consumption during observation missions / Е. И. Бавбель // Электронные системы и технологии: сборник материалов 61 - й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 21–25 апреля 2025 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники; редкол.: Д. В. Лихаческий [и др.]. – Минск, 2025. – С. 145–148.

[3] Бавбель, Е. И. Подходы к проектированию БПЛА с повышенной выносливостью и грузоподъемностью / Е. И. Бавбель, А. А. Бородич, Е. В. Коляда // Новые информационные технологии в научных исследованиях «НИТ - 2023»: материалы XXVIII Всероссийской научно - технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов, Рязань, 22–24 ноября, 2023 г.: в 2 т. Т 2 / Рязанский государственный радиотехнический университет имени В. Ф. Уткина. – Рязань, 2023. – С. 60–62.

[4] Бавбель, Е. И. Автономный полёт БПЛА как способ увеличения продолжительности полёта = Autonomous UAV flight as a way to increase flight duration / Е. И. Бавбель // Электронные системы и технологии: сборник материалов 59 - й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 17–21 апреля 2023 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники; редкол.: Д. В. Лихаческий [и др.]. – Минск, 2023. – С. 57–60.

[5] Gudmundsson, S. General Aviation Aircraft Design: Applied Methods and Procedures / S. Gudmundsson. – Oxford: Butterworth - Heinemann, 2014. – 1024 p.

[6] Drela, M. Flight Vehicle Aerodynamics / M. Drela. – Cambridge: MIT Press, 2014. – 320 p.

[7] Anderson, J. Fundamentals of Aerodynamics / J. Anderson. – New York: McGraw - Hill, 2017. – 1152 p.

[8] Leishman, J. Principles of Helicopter Aerodynamics / J. Leishman. – Cambridge: Cambridge University Press, 2006. – 848 p.

[9] Valavanis, K. Handbook of Unmanned Aerial Vehicles / K. Valavanis, G. Vachtsevanos. – Dordrecht: Springer, 2015. – 3022 p.

[10] Лойцянский, Л. Г. Механика жидкости и газа: учебник / Л. Г. Лойцянский. – Москва: Дрофа, 2003. – 840 с.

[11] Абрамович, Г. Н. Прикладная газовая динамика / Г. Н. Абрамович. – Москва: Наука, 1991. – 600 с.

[12] Антонов, В. А. Особенности конструкции беспилотных летательных аппаратов / В. А. Антонов, С. Н. Киселев. // *Авиационная техника*. – 2020. – № 2. – С. 34–39.

[13] Сазонов, А. А. Аэродинамические характеристики беспилотных летательных аппаратов / А. А. Сазонов. // *Вестник авиационной техники*. – 2018. – № 4. – С. 15–20.

[14] Anderson, J. Introduction to Flight / J. Anderson. – New York: McGraw - Hill Education, 2016. – 880 p.

[15] Raymer, D. Aircraft Design: A Conceptual Approach / D. Raymer. – Reston: AIAA Education Series, 2012. – 1056 p.