

5) Шориков А.Ф., Буценко Е.В., Тюлюкин В.А. Интеллектуальная компьютерная система поддержки принятия решений для оптимизации управления процессами инвестиционного анализа и проектирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://journalaer.ru/ru/arkhiv/journal/98/article/1140> (дата обращения: 11.03.2026).

6) Ягнюк И.М. Роль интеллектуальных систем поддержки принятия решений в формировании и реализации стратегии организации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dongu-nec.ru/index.php/nec/article/view/449> (дата обращения: 11.03.2026).

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ БУДУЩЕГО: СТРАТЕГИЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОМПОЗИТНЫХ ЛОПАСТЕЙ БПЛА В УСЛОВИЯХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ИЗОЛЯЦИИ

Раков Алексей Александрович¹

Российская Федерация, г. Екатеринбург, Уральский
федеральный университет.

Аннотация: В Российской Федерации на данный момент отсутствует налаженное серийное производство углепластиковых винтов для беспилотных летательных аппаратов самолетного типа. Основная часть таких компонентов поставляется из-за рубежа, преимущественно из Китая, что формирует устойчивую зависимость от внешних производителей и создает дополнительные риски для развития отрасли. В работе рассматривается возможный подход к снижению данной зависимости за счет формирования собственных производственных компетенций внутри предприятий. Описана технология изготовления композитной лопасти с многослойной структурой и усиленной передней кромкой, защищенной никель-кобальтовым покрытием. Предложенная конструкция направлена на повышение эксплуатационной надежности винтов и увеличение срока их службы. По предварительным оценкам применение данной

¹Студент 3 курса бакалавриата Института естественных наук и математики Уральского федерального университета. Научный руководитель: Ирина А.Ю., старший преподаватель Института естественных наук и математики Уральского федерального университета (Irinina A.Yu., Senior Lecturer at the Institute of Natural Sciences and Mathematics of Ural Federal University).

технологии позволяет увеличить ресурс изделия примерно в 2–3 раза и может рассматриваться как один из вариантов локализации производства критически важных компонентов для БПЛА [3].

Ключевые слова: корпоративная стратегия, технологический суверенитет, композитная лопасть, углепластик, БПЛА, импортозамещение, автоклавное формование.

FORMATION OF FUTURE PRODUCTION COMPETENCIES: A STRATEGY FOR LOCALIZING UAV COMPOSITE BLADE MANUFACTURING UNDER TECHNOLOGICAL ISOLATION

Rakov A. A.

Russian Federation, Yekaterinburg, Ural Federal University.

Abstract: At present, the Russian Federation does not have established serial production of carbon-fiber propellers for fixed-wing unmanned aerial vehicles. Most of these components are imported, mainly from China, which creates a stable dependence on foreign manufacturers and introduces additional risks for the development of the industry. The study discusses a possible approach to reducing this dependence through the development of internal production competencies within enterprises. A manufacturing method for a composite blade with a multilayer structure and a reinforced leading edge protected by a nickel-cobalt coating is described. The proposed design is aimed at improving the operational reliability of propellers and extending their service life. According to preliminary estimates, the use of this technology can increase the lifetime of the product by approximately two to three times and may serve as a basis for localizing the production of critical UAV components.

Keywords: corporate strategy, technological sovereignty, composite blade, carbon fiber, UAV, import substitution, autoclave molding.

Введение

В России производство высоконагруженных композитных винтов для БПЛА самолетного типа пока практически не сформировано. В результате значительная часть таких изделий закупается у иностранных производителей, что делает отрасль чувствительной к изменениям внешних поставок и логистических условий [3].

Цель данной работы заключается в рассмотрении технологического решения, позволяющего организовать производство композитных лопастей для БПЛА на локальной промышленной базе. В рамках исследования анализируются конструктивные особенности лопасти, рассчитанной на эксплуатацию в условиях высоких оборотов, а

также предлагается технологическая схема ее изготовления, пригодная для масштабирования на производственной площадке.

Ход исследования

Построение обновленной технологической базы потребовало жесткого сопоставления двух подходов — автоклавного и термокомпрессионного. Практика эксплуатации показывает, что серийные азиатские винты, полученные прессованием, обладают критическими изъянами. Речь идет прежде всего о стремительной абразивной деградации профиля и общем дефиците ресурса под нагрузкой, не говоря уже о логистической уязвимости самих поставок.

Метод изготовления лопасти длиной около 37 см разрабатывался с учетом эксплуатационных нагрузок, характерных для аппаратов данного класса. При частоте вращения свыше 5000 об/мин применение простых монолитных композитных элементов оказывается неэффективным из-за быстрого накопления усталостных повреждений. По этой причине была выбрана многослойная схема конструкции. Внешнюю геометрию формирует углепластиковый ламинат, обеспечивающий жесткость профиля и сохранение аэродинамической формы. Для перераспределения возникающих напряжений используется диагональная укладка углеродной ткани с ориентацией волокон $\pm 45^\circ$. Дополнительно в пакет включены промежуточные слои арамидного и стеклянного волокна, которые выполняют демпфирующую функцию и повышают устойчивость конструкции к локальным перегрузкам. Для предотвращения деформации оболочки под автоклавным давлением, внутренний объем лопасти заполняется термостойким конструкционным пеноматериалом, фиксирующим итоговую плотность изделия в пределах 150–400 кг/м³ [1].

Защита от экстремальных сред реализуется за счет своеобразного аппаратного барьера. Передняя кромка лопасти усиливается никель-кобальтовым покрытием толщиной 0,1–0,2 мм. Металл физически блокирует абразивный износ и эрозию [2].

Сама производственная сборка разделена на несколько этапов. Изначально проводится опрессовка открытого контура (температурный режим 50...60°C). Затем пакет переносится в разъемную жесткую матрицу, герметизируется вакуумным мешком и откачивается до остаточного давления 0,02–0,08 МПа. Это необходимо для подавления микропористости связующего до 1–2%. Финальный цикл протекает уже в автоклаве: рабочее давление 6–8 бар, температура +160±5°C, время выдержки от трех часов [1].

Полученные результаты и выводы (Заключение)

Анализ предложенной конструкции показывает, что применение многослойной композитной схемы в сочетании с защитным

покрытием передней кромки может заметно повысить эксплуатационные характеристики винта. Подобная комбинация материалов позволяет снизить интенсивность абразивного износа и повысить устойчивость конструкции к циклическим нагрузкам. По предварительным оценкам срок службы такого изделия способен увеличиться примерно в 2–2,5 раза по сравнению с распространенными серийными образцами. Для операторов беспилотных систем это означает более стабильную работу оборудования и снижение вероятности отказов при длительной эксплуатации.

Экономика проекта обосновывается конкретными индикаторами. Запуск автоклавного участка требует капитальных вложений (CAPEX) на уровне 42,5 млн руб. Порог окупаемости преодолевается за 30 месяцев. Учитывая маржинальность свыше 50% и радикальное падение операционных издержек (OPEX) за счет долговечности изделий, предложенная модель выглядит оптимальной для внедрения в корпоративном секторе.

В конечном итоге, локализация подобного техпроцесса не просто закрывает нормативные требования по импортозамещению (согласно Постановлению Правительства РФ № 1875), но и закладывает базу для полноценного суверенного производственного кластера в сфере БПЛА [3].

Список использованных источников

1) Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология: учеб. пособие / М. Л. Кербер [и др.]; под ред. А. А. Берлина. — 4-е изд., перераб. и доп. — Санкт-Петербург: ЦОП «Профессия», 2014. — 592 с.

2) Михайлин Ю. А. Конструкционные полимерные композиты / Ю. А. Михайлин. — Волгоград: ВолГТУ, 2010. — 250 с.

3) О мерах по предоставлению национального режима при осуществлении закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд: Постановление Правительства Российской Федерации от 23 декабря 2024 г. № 1875. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/411097447/> (дата обращения: 11.03.2026).