

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В ЭЛЕМЕНТАХ КОНСТРУКЦИИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ МУЛЬТИРОТОРНОГО ТИПА

А.В. МАКСИМЦОВА, Г.А. ВЕЛИЧКО, О.И. КАРПОВИЧ
Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь

В настоящее время в сельском хозяйстве возникает необходимость мониторинга обширных посевных площадей, перенос грузов на дальние дистанции, а также обработку полей химическими веществами и удобрениями, что, порой, с поверхности земли сделать весьма затруднительно. Также необходимо производить съемку местности и анализ полученных данных, при чрезвычайных ситуациях необходимо производить поиск людей, тушение пожаров и др.

Для решения данных задач используется различная наземная техника, инструменты и приборы, находящиеся на земле. Однако, производить все операции в данных условиях весьма затруднительно, так как это требует больших затрат времени на преодоление различных географических препятствий в виде изменений рельефа, природных объектов и др. Решением данной проблемы могут стать специализированные беспилотные летательные аппараты (БЛА). Чтобы обеспечить большую эффективность полета требуется уменьшить массу изделий, входящих в состав конструкций. Также необходимо соблюдать требования относительно механических свойств, которыми должен обладать готовый аппарат. С этой целью в конструкциях несущих систем БЛА широко применяют композиционные материалы.

На данный момент существуют БЛА разных типов, отличающиеся по конструкции, размерам, грузоподъемности и другим параметрам. Элементы конструкции, чаще всего, представляют собой детали простой формы, что позволяет применять стандартизированные изделия в качестве деталей для сборки. По этой причине для изготовления БЛА закупают стандартизированные элементы. В существующих конструкциях рам БЛА мультироторного типа используются импортные материалы и комплектующие, в том числе и элементы несущей системы. В тоже время в Республике Беларусь имеется необходимая база и технологические процессы для изготовления всех необходимых элементов несущей системы БЛА, в том числе из композиционных материалов.

Для получения элементов несущей системы беспилотного летательного аппарата используют различные методы, в том числе: контактное

формование, горячее прессование, намотка, вакуумная инфузия и др. Применяя методы, распространенные на предприятиях, такие как вакуумная инфузия и формование эластичной диафрагмой [1, 2], можно осуществить импортозамещение стандартных деталей.

Для изготовления элементов несущей системы БЛА из композиционных материалов необходимо изменить конструкцию стандартизированных деталей таким образом, чтобы обеспечить оптимальные механические характеристики и оптимальные значения параметров технологического процесса.

В результате проведенного аналитического обзора в качестве аналога выбран БЛА мультироторного типа марки DJI Agros MG 1P (рис. 1(а)). Элементы несущей системы (трубки, пластины и т.п.) данного БЛА выполнены из композита на основе углеродной ткани и импортируются. Конструкция несущих элементов модернизирована с учетом возможности изготовления на предприятиях РБ и снижения себестоимости изготовления. Модернизированная конструкция несущих элементов БЛА показана на рис. 1 (б).

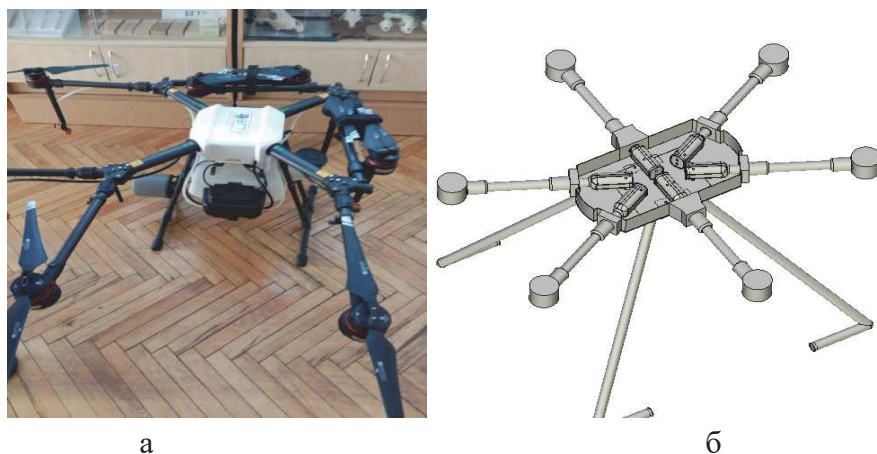


Рис. 1. Конструкция беспилотных летательных аппаратов мультироторного типа: а) – конструкция изделия-аналога; б) – модернизированная конструкция

В качестве технологий для получения элементов несущей системы выбраны вакуумная инфузия и формование эластичной диафрагмой. В качестве материалов для получения изделий выбраны эпоксидное связующее, в состав которого входит эпоксидная смола, марки LR285, отвердитель, марки LH285, и углеродная ткань, марки CW200. [3–5].

Определены технологические характеристики связующего на основе смолы LR 285 (вязкость, время гелеобразования), исследована кинетика отверждения связующего. Для определения вязкости использовали метод падающего шарика. На рис. 2 показаны зависимости вязкости и времени гелеобразования от температуры.

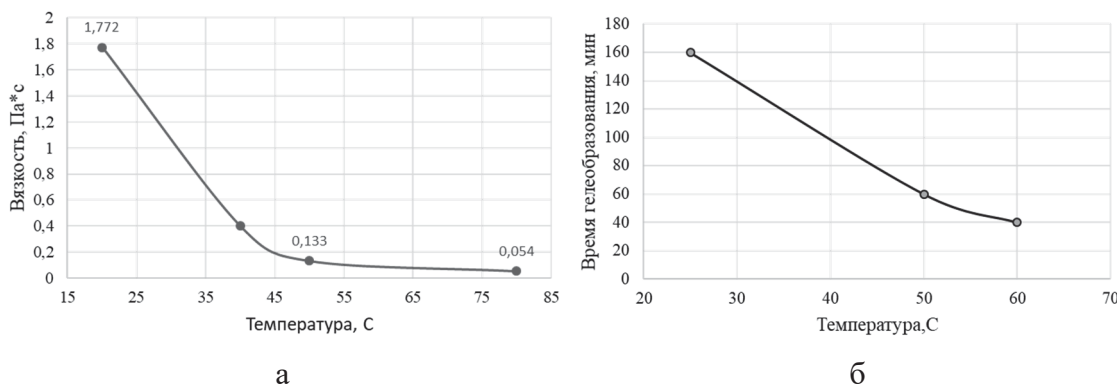


Рис. 2. Зависимости вязкости (а) и времени гелеобразования (б) от температуры

Из рис. 2 (а) следует, что по критерию вязкости связующее может быть использовано для метода вакуумной инфузии.

Установлено, что температура отверждения образцов эпоксидного связующего в состав которого входит эпоксидная смола, марки LR285 и отвердитель марки LH285 в пропорции 100:40 масс.ч., влияет на скорость и качество отверждения, причем при температуре 80 °С происходит бурная экзотермическая реакция отверждения. Скорость отверждения оптимальна при температуре 40-50 °С.

Используя полученные данные по вязкости связующего, рассчитывали время пропитки волокнистого слоя из углеродной ткани CW200 по формуле [6]:

$$t = \frac{(Cn \cdot h_0)^2}{2K_e \cdot \frac{\Delta P}{\mu}}$$

где – h_0 – характерный размер (м), K_e – коэффициент проницаемости слоя наполнителя, ΔP – разность давлений (Па), μ – вязкость (Па·с), t – время (с), Cn – степень пропитки.

Для элемента «Крестовина» получили расчетное время пропитки около 6 с.

Таким образом, проведенный аналитический обзор показал актуальность исследований, направленных на изучение технологии получения элементов несущей системы БЛА, а также технологических, физико-механических свойств материалов, применяемых для получения изделий авиационного назначения. Показана перспективность применения методов вакуумной инфузии и формования эластичной диафрагмой для получения элементов несущей системы беспилотных летательных аппаратов мультироторного типа из композиционных материалов на основе эпоксидного связующего и углеродной ткани.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вакуумная инфузия – технология изготовления [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://composite.ru/tehnologii/infusion1/> - Дата доступа 26.09.2023.
2. Углеродная ткань [Электронный ресурс]. – Режим доступ: https://e-plastic.ru/slovar/f/formovaniua_c_elactichnoi_diafragmoi/– Дата доступа 02.04.2024.
3. Эпоксидное связующее T20-60 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [1/https://itecma.ru/products/svyazuuyushchie/do-80/45/](https://itecma.ru/products/svyazuuyushchie/do-80/45/) – Дата доступа 10.03.2024.
4. Эпоксидное связующее LR285 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://carbonstudio.ru/item/epoksidnaya-smola-lg-285-grm-systems/> – Дата доступа 02.04.2024.
5. Углеродная ткань [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://tech.carbonstudio.ru/product/roving/> // – Дата доступа 02.04.2024.
6. Ставров В.П. Механика композиционных материалов : учеб. пособие для студентов специальностей «Конструирование и производство изделий из композиционных материалов», «Оборудование и технологии высокоэффективных процессов обработки материалов» / В. П. Ставров. – Минск: БГТУ, 2008. – 262 с.

УДК 629.7.054.07

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТРЕХОСНОГО ИНДИКАТОРНОГО ГИРОСТАБИЛИЗАТОРА ДЛЯ БПЛА

Р.В. ФОМИН, Д.Р. МУЛЛАГАЛИЕВ

Казанский национальный исследовательский технический
университет имени А.Н. Туполева – КАИ
Казань, Россия

Назначение. Трехосный индикаторный гиростабилизатор (ТИГС) широко применяется для построения систем ориентации и навигации самолетов, вертолетов и БПЛА с продолжительным временем полета. Полезной нагрузкой ТИГС являются три акселерометра, расположенные на его платформе и выдающие сигналы на вычислитель инерциальной навигационной системы (ИНС), а также три датчика углов, расположенные по осям подвеса платформы, которые выдают сигналы по углам