

УДК 629.7.015

ЭЛЕМЕНТЫ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДЕЛА В МЕХАНИКЕ КОНСТРУКЦИЙ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

© 2011 г.

В.Н. Семенов

Центральный аэрогидродинамический институт им. Н.Е. Жуковского, г. Жуковский

semenov_vlanik@mail.ru

Поступила в редакцию 24.08.2011

Рассмотрены синтез компоновки и оптимизация конструкции летательных аппаратов, перспективы использования интеллектуальных и наномодифицированных материалов. Учтены климатические условия эксплуатации.

Ключевые слова: синтез компоновки, оптимизация конструкции, адаптивный летательный аппарат, интеллектуальные материалы, наномодифицированные материалы, конвертоплан.

Создание новых образцов техники с существенно улучшенными характеристиками возможно только при наличии совокупности научно-технических, технологических, общественно-политических и ресурсных предпосылок. Важны необходимость в достижении новых потребительских качеств технических объектов и потенциально высокая конкурентоспособность нового средства на рынке или наличие «ниши» использования, которая не перекрывается с надлежащей эффективностью иными средствами. Примером является создание транспортного средства для оперативной связи с проектируемыми платформами Штокманского месторождения углеводородов. Размещение буровых платформ более чем в 560 км от побережья резко удорожает перевозку платной нагрузки на вертолетах, а глубины океана на осваиваемых территориях – до 350 м – требуют огромных затрат на строительство взлетно-посадочных полос для самолетов.

Облик адаптивного летательного аппарата

Новые виды транспортных систем, которые необходимо создать для работы на Севере и шельфе, должны быть специфическими, учитывающими суровые климатические условия. По оценке, необходим летательный аппарат (ЛА) с дальностью полета до 1500 км (с учетом варианта невозможности посадки на платформу и возвращения на исходный аэродром), с вертикальными взлетом и посадкой (ВВП). Анализ существующих транспортных средств показал, что решение может быть найдено в области адаптивных ЛА, в частности конвертопланов, совершающих взлет и посадку по-вертолетному и далее преобразую-

щих (адаптирующих) свою конфигурацию в самолетную, которая имеет в 3–4 раза более высокую топливную эффективность, чем вертолет.

Считается, что возможности оптимизации классического облика ЛА практически исчерпаны, поэтому определяющее значение в улучшении прочностных и функциональных свойств конструкций имеет поиск инновационных идей по облику и компоновке ЛА. Так, в ведущих промышленных странах уже рассматривается несколько проектов, в основе которых лежит принцип размещения двигателя (винты + двигатели) в зоне центра масс ЛА. На рис. 1 представлен вариант схемы СВВП по заявке №2010112775 от 02.04.2010 г. (ЦАГИ). Такая компоновка, с одной стороны, обеспечивает естественную (гравитационную) устойчивость, но, с другой стороны, у ЛА снижается маневренность за счет большой инерционности. В классических компоновках ЛА снижение массы крыла на 15–25% может быть достигнуто также путем использования замкнутых систем крыльев, в том числе с криволинейной продольной осью замкнутого контура [1].

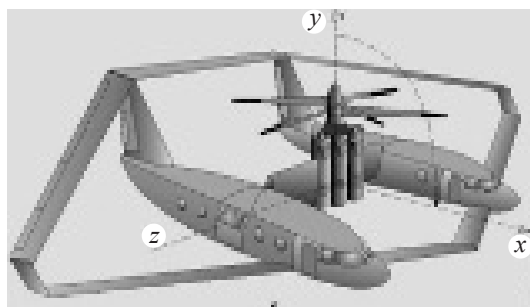


Рис. 1

Материалы

Основные этапы развития авиационных конструкций сопровождаются сменой групп материалов, используемых для их изготовления. Уже завершается эпоха деревянных и металлических конструкций. В последние десятилетия авиастроение вошло в эру композитов. Экспериментально и при реализации зарубежных проектов выявлено, что применение композитов обеспечивает снижение массы конструкций на 20%. Исследуются также перспективы использования интеллектуальных и наноматериалов, которые связывают с созданием адаптивных конструкций. Предполагается, что выявление функций поведения материалов на наноуровне и использование неизвестных ранее закономерностей квантового и кластерного характера откроют новые возможности для создания управляемых и адаптивных конструкций и устройств [2]. Исследования в этой области сосредоточены на решении следующих задач прочности и формообразования:

- разработка сенсоров и актуаторов для мониторинга и преобразований конструкции;
- саморегулирование формы элементов (форма и профиль крыла, воздухозаборники);
- управление геометрией и формой ЛА, а также жесткостью связей элементов и подконструкций;
- мониторинг (постоянное обследование) целостности и самодиагностика конструкции;
- заживление трещин, самовосстановление разрушений и искажений формы конструкций;
- демпфирование колебаний и управление вибрациями (лопасти вертолета).

Среди интеллектуальных материалов самыми распространенными в использовании являются сплавы с памятью формы (СПФ). Наиболее ценными из необычных свойств СПФ являются собственно эффект памяти формы, возвращающий при нагревании детали ее нарушенную форму, высокая прочность, мощные силовые реакции, вызываемые нагревом, почти трехкратное изменение модуля упругости при мартенситном преобразовании, обратимая память формы, позволяющая организовать замкнутость технических циклов. Переход из одного состояния кристаллической решетки материала с соответствующим набором свойств в другое состояние может быть вызван изменением температуры, внешней нагрузкой, электромагнитным полем, а в академических опытах даже квантом света. Технически отработано температурное управление мартенситными преобразованиями материала.

Работы, связанные с наномодификацией материала, позволили поднять уровень возвращаемых

относительных деформаций СПФ с 4 до 8–10%, выявить неожиданные «перекрестные» сочетания свойств, предложить пути реализации этих свойств в перспективных конструкциях ЛА, разработать алгоритмы управления конструкциями (П.Д. Гончарук, В.Н. Семенов, Н.И. Андронов, Ф.Н. Шклярчук, А.А. Мовчан, С.Д. Прокошкин и др.). Главной проблемой в технической реализации массивных устройств из СПФ остается сложность в обеспечении их быстрого охлаждения [3].

Введение в матрицу композита наноэлементов с волоконной структурой приводит к улучшению характеристик композита, его прочности и стойкости к трещинам. Добавление 1–2% углеродных нанотрубок (УНТ) в клеи увеличивает на 15–20% прочность соединения пластин в группах материалов типа пластик–титан и алюминиевого сплава Д16 (В.Д. Вермель, А.М. Доценко и др.). В ЦАГИ совместно с РХТУ им. Д.И. Менделеева исследованы эпоксидные связующие нового поколения для полимерных композиционных материалов. Введение добавок наночастиц приводит к увеличению модуля на изгиб E^* на 10–45% (С.А. Смотров, В.С. Осипчик, И.Н. Одинцев). В комплексе прочности ЦАГИ совместно с ИПРИМ РАН проведено исследование, показавшее особую роль межфазного слоя в наномодифицированных композитах, позволяющее повысить эффективность их использования (Г.Н. Замула, С.А. Лурье, В.Н. Семенов и др.).

Математическое обеспечение

В конструкциях нетрадиционного облика особую роль приобретают задачи оптимизации и синтеза силовых конструкций. Уже на ранних стадиях проектирования необходимо определить важнейшие конструктивные параметры будущего ЛА, проверить правильность с позиций аэроупругости закладываемых в проект распределений жесткостных и массовых характеристик. Устранение ошибок проектирования, допущенных на этом этапе, неизбежно сопряжено с большими техническими и финансовыми трудностями. Без этапа многодисциплинарного компьютерного моделирования, предшествующего реализации проекта, он обречен на неконкурентоспособные характеристики. Поэтому разрабатываются эффективные отечественные программы и методики проверки всех параметров и характеристик ЛА на ранних стадиях проектирования, например определения критической скорости флаттера [4].

В исследовании принимали участие также В.С. Войтышен, П.Г. Карклэ, А.П. Рудометкин, М.В. Безуевская, И.В. Марескин.

Исследование выполнено в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы.

Список литературы

1. Семенов В.Н. Конструкции самолетов замкнутой и изменяемой схем. М.: Изд-во ЦАГИ, 2006. 229 с.
2. Семенов В.Н. и др. Технические решения для адаптивных авиационных конструкций с использова-

нием сплавов с памятью формы // Ученые записки ЦАГИ. 2007. Т. XXXVIII, №3-4. С. 158–168.

3. Семенов В.Н. Улучшение прочностных и функциональных свойств авиационных конструкций путем использования наномодифицированных материалов // Механика и наномеханика структурно-сложных гетерогенных сред: Всерос. конф. ИПРИМ РАН, 2010. С. 62–71.

4. Войгышен В.С., Карклэ П.Г., Семенов В.Н. // Рассохинские чтения: Межрегион. научно-техн. конф. Ухта: УГТУ, 2010. С. 177–181.

**SCIENTIFIC AND TECHNICAL INNOVATIONS
IN THE STRUCTURAL MECHANICS OF FLYING VEHICLES**

V.N. Semenov

Layout synthesis and structure optimization of flying vehicles. Potential use of intellectual materials and nanocomposites. Accounting for environmental conditions.

Keywords: layout synthesis, structure optimization, adaptive flying vehicle, intellectual materials, nanomaterials, tiltrotor aircraft.