

М.Ю. Федотов¹, К.В. Сорокин¹, И.Н. Гуляев¹, А.М. Шиенок¹

ИЗМЕНЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ – ИННОВАЦИОННОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ АЭРОДИНАМИКИ

Показана возможность применения электромеханической актюаторной системы активного управления аэродинамическими характеристиками летательных аппаратов для создания конструкций из полимерных композиционных материалов (ПКМ) с изменяемой геометрией профиля поверхности.

Рассмотрены основные типы пьезоэлектрических актюаторных элементов, предназначенных для создания актюаторных систем, интегрируемых в ПКМ.

Ключевые слова: полимерный композиционный материал, актюаторный элемент, электромеханическая актюаторная система, активное управление.

M.Yu. Fedotov¹, K.V. Sorokin¹, I.N. Gulyaev¹, A.M. Shienok¹

INNOVATION SOLUTION FOR AERODYNAMICS BY CHANGING THE GEOMETRIC SHAPE

The possibility of applying the electromechanical actuating system of active control by aerodynamical characteristics of flying vehicles is considered in the paper with the goal of designing the structures made of polymer composites with the changeable shape geometry.

The basic types of piezoelectric actuating elements, designated for developing the actuating systems, being integrated into polymer composites, in turn, are also presented.

Keywords: polymer composite, actuating element, electromechanical actuating system, active control.

¹ Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» Государственный научный центр Российской Федерации [Federal state unitary enterprise «All-Russian scientific research institute of aviation materials» State research center of the Russian Federation] E-mail: admin@viam.ru

Развитие современных технологий непрерывно связано с поиском новых способов и подходов к решению технических задач, направленных на удовлетворение постоянно возрастающих потребностей современного общества. Одним из наиболее быстро растущих секторов экономики является транспортный сегмент и, в первую очередь, авиационные перевозки. Качество и стоимость доставки пассажиров и грузов непосредственно связаны с летными характеристиками летательных аппаратов, на которых осуществляется транспортировка. Наиболее важными характеристиками в данном вопросе являются дальность полета, топливная эффективность и грузоподъемность. Эти характеристики летательных аппаратов определяются весовой эффективностью и надежностью материалов, из которых изготовлены основные узлы и агрегаты.

За последние годы был осуществлен колоссальный прорыв в повышении весовой эффективности летательных аппаратов, который обусловлен, прежде всего, развитием композиционных материалов. Композиционные материалы являются уникальными материалами: при массе в несколько раз меньше массы аналогичных по свойствам металлов, они обладают в несколько раз большими механическими характеристиками. Помимо уникальных весовых и механических характеристик, композиционные матери-

алы обладают возможностью создания анизотропии свойств, благодаря различной укладке армирующего наполнителя. В отдельных случаях анизотропия механических свойств может достигать очень высоких значений.

Одним из перспективных направлений развития композиционных материалов является развитие композитов с интегрированными электромеханическими актюаторными системами [1], т. е. с использованием высокого уровня анизотропии механических свойств и размещением актюирующих элементов в структуре композита. Подобный подход позволяет реализовать одновременно жесткость конструкции и обеспечивает возможность изменения геометрии отдельных элементов конструкции [2, 3]. Так, при изготовлении обшивки летательного аппарата возможно создать группу отклоняемых элементов на поверхности обшивки аэродинамической поверхности путем высокой анизотропии механических свойств композиционного материала и наличия электромеханических актюаторных систем в структуре композита. На рис. 1 показано возможное расположение участков поверхности композиционной обшивки с высокой анизотропией свойств, позволяющей производить отклонение элементов приповерхностного слоя на некий угол от плоскости обшивки посредством заложенных электромеханических актюаторных элементов.

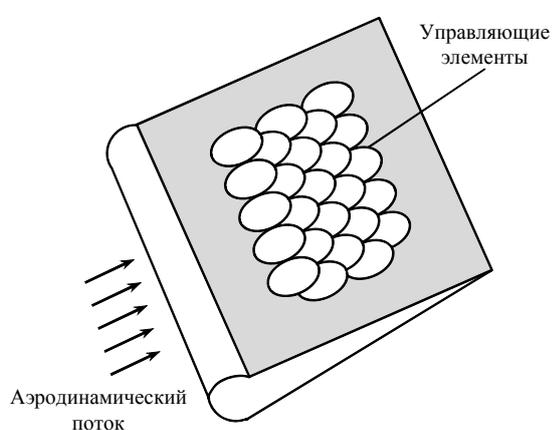


Рис. 1. Схема возможного расположения элементов управления геометрией профиля

Известно, что при разных режимах эксплуатации аэродинамических поверхностей требуется различное значение величины хорды. Такие изменения обычно связаны с необходимостью изменения значения подъемной силы и в настоящее время решены за счет использования отклоняемых щитков и закрылков, приводимых в движение пневмо- или гидросистемой. Отличительной особенностью данных систем приводов являются большой диапазон отклонения, высокая останавливающая сила и очень медленная скорость управляющего воздействия. Применение таких систем позволяет на длительное время осуществлять отклонение с минимальными энергетическими затратами.

В настоящее время поставлена задача по активному управлению аэродинамическими характеристиками летательных аппаратов, позволяющему в режиме реального времени осуществлять подстройку аэродинамических характеристик в зависимости от состояния окружающего потока или от выполняемой задачи. Например, для снижения турбулентных потоков данные системы могут быть применены на крыле или фюзеляже самолетов или ракет. Для вертолетов существует необходимость управления углом атаки несущей лопасти в зависимости от ее углового положения.

Для создания таких активных композитных материалов могут быть использованы сосредоточенные или распределенные актюаторы [4]. Под актюаторами будем понимать твердотельные изделия на основе пьезокерамики, предназначенные для микроперемещения или деформации объектов за счет обратного пьезоэлектрического эффекта [5]. При встраивании актюаторов в конструкционный блок на основе композитных материалов, такой блок будет способен под действием сил, развиваемых актюатором или системой встроенных актюаторов, деформировать конструкционный блок, придавая ему новую необходимую конфигурацию.

Наиболее распространенными типами актюаторов являются актюаторы изгибного типа и актюаторы линейного перемещения. К актюаторам изгибного типа относятся биморфные структуры на основе двухслойной пьезокерамической структуры с одним внутренним и двумя внешними электродами. Такие изгибные актюаторы имеют широкую номенклатуру по планарным размерам (1–100 мм), обеспечивают перемещение от нескольких единиц до нескольких сотен мкм. Актюаторы линейного перемещения представляют собой, как правило, многослойные пьезокерамические элементы, которые состоят из чередующихся тонких слоев пьезокерамики и электродов (рис. 2). Толщина керамического слоя обычно 20–100 мкм. В многослойном актюаторе каждый слой соединен с последующим слоем электрически параллельно. Перемещение, создаваемое структурой, является суммой перемещений всех слоев. Преимущество конструкции заключается в том, что для заданного уровня деформации требуется напряжение в N раз ниже (N – количество слоев, обычно от 10 до 100), чем в монолитном исполнении с теми же размерами.

Пьезоэлектрические актюаторы характеризуются механическим перемещением, которое осуществляется под воздействием электрического сигнала и, если перемещение предотвращено (заблокировано) – силой (блокирующей силой), величина которой определяется жесткостью актюатора, придаваемой ему при его создании. Существует приблизительно линейная зависимость между входным напряжением и реакцией актюатора, как ходом, так и блокирующей силой. Величина емкости составляет микрофарады и совместно с выходным сопротивлением возбуждающего генератора в значительной степени определяет быстродействие актюатора.

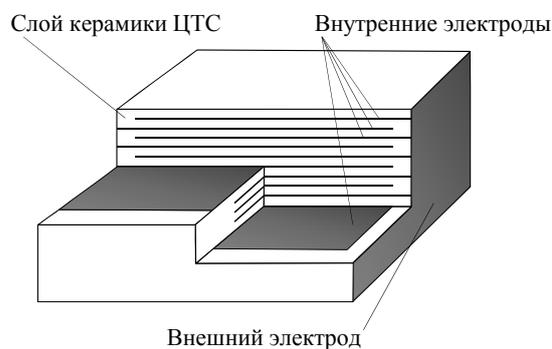


Рис. 2. Структура многослойного пьезоактюатора

Следует отметить, что применение полимерных композиционных материалов со встроенными актюаторными системами является актуальным и обусловлено необходимостью разработки новых принципов конструирования с высокой степенью интеграции активных компонентов, создания систем интеллектуального управления и технологии изготовления композитных несущих конструкций с адаптивно изменяемой геометрией и повышенными аэродинамическими свойствами летательных аппаратов нового поколения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каблов Е.Н., Сиваков Д.В., Гуляев И.Н., Сорокин К.В., Федотов М.Ю., Гончаров В.А. Методы исследования конструкционных композиционных материалов с интегрированной электромеханической системой //Авиационные материалы и технологии. 2010. №4. С. 17–20.
2. Сорокин К.В., Мурашов В.В., Федотов М.Ю., Гончаров В.А. Прогнозирование развития дефектов в конструкциях из ПКМ способом определения изменений жесткости при актюировании материала //Авиационные материалы и технологии. 2011. №2. С. 20–22.
3. Гуляев И.Н., Гуняев Г.М., Раскутин А.Е. Полимерные композиционные материалы с функциями адаптации и диагностики состояния //Авиационные материалы и технологии. 2012. №5. С. 242–253.
4. Уорден К. Новые интеллектуальные материалы и конструкции [New smart materials and structures]. М.: Техносфера. 2006. 223 с.
5. Шарапов В.М., Мусиенко М.П., Шарапова Е.В. Пьезоэлектрические датчики. М.: Техносфера. 2006. 628 с.

REFERENCES LIST

1. Kablov E.N., Sivakov D.V., Guljaev I.N., Sorokin K.V., Fedotov M.JU., Goncharov V.A. Metody issledovanija konstrukcionnyh kompozicionnyh materialov s integrirovannoj jelektromehaničeskoj sistemoj [Methods for studying structural composite materials with an integrated electromechanical system] //Aviacionnye materialy i tehnologii. 2010. №4. S. 17–20.
2. Sorokin K.V., Murashov V.V., Fedotov M.Ju., Goncharov V.A. Prognozirovanie razvitija defektov v konstrukcijah iz pkm sposobom opredelenija izmenenij zhestkosti pri aktjuirovanii materiala [Forecasting the development of defects in the construction of RMB way to detect changes in the stiffness of actuating the material] //Aviacionnye materialy i tehnologii. 2011. №2. S. 20–22.
3. Guljaev I.N., Gunjaev G.M., Raskutin A.E. Polimernye kompozicionnye materialy s funkcijami adaptacii i diagnostiki sostojanija [Polymer composite materials with features of adaptation and diagnosis of the condition] //Aviacionnye materialy i tehnologii. 2012. №S. S. 242–253.
4. Uorden K. Novye intellektual'nye materialy i konstrukcii [New intelligent materials and structures] M.: Tehnosfera. 2006. 223 S.
5. Sharapov V.M., Musienko M.P., Sharapova E.V. P'ezoelektricheskie datchiki [Piezoelectric sensors]. M.: Tehnosfera. 2006. 628 S.