

УДК 629.735.083.02:[681.518.54:681.586.1] (045)

Казак В.Н., д-р техн. наук
Шевчук Д.О., канд. техн. наук
Ярцев А.С.
Лебедев К.О.

ОПТОВОЛОКОННЫЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СТРУКТУРЫ ДЛЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ЦЕЛОСТНОСТИ ВНЕШНИХ ОБВОДОВ САМОЛЕТА

Аерокосмічний інститут
Національного авіаційного університету

Рассмотрены преимущества использования композитных материалов в конструкции самолета, а также возможность создания самодиагностирующихся композитных панелей на основе оптоволоконных структур и интеллектуальных технологий, для обеспечения целостности конструкции. Проведен сравнительный анализ различных типов оптоволоконных датчиков применяемых в системах диагностики и контроля внешних обводов самолета в полете

Постановка проблемы

По статистике более 8% авиапроисшествий происходит по причине резких необратимых изменений в обводах воздушного судна. На рис. 1. представлено типовое повреждение несущей поверхности самолета, что может привести к возникновению авиапроисшествия.

Реакция пилота на возникновение типовых повреждений возникающих в полете не всегда может быть своевременной и правильной из-за нехватки располагаемого времени на принятие адекватного решения и отсутствия исчерпывающую информацию о состоянии внешних обводов самолета, что в совокупности с психологическим фактором внезапности приводит к увеличению риска возникновения авиационного происшествия.

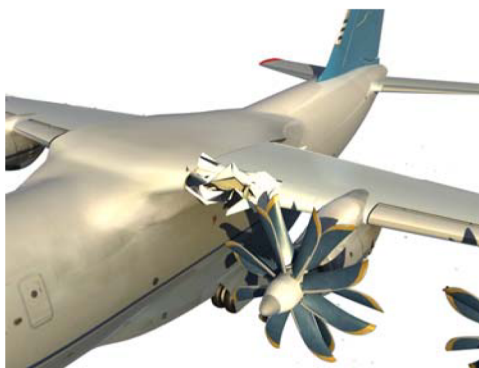


Рис. 1. Типовое повреждение несущей поверхности самолета

Сокращение этого риска напрямую зависит от возможности создания современных интеллектуальных систем автоматического диагностирования (ИСАД), способных постоянно в режиме реального времени производить мониторинг состояния внешних обводов несущей поверхности самолета. Последние достижения в области создания и внедрения композиционных материалов наряду с усовершенствованием возможностей оптоволоконных технологий открывают широкие возможности для создания ИСАД внешних обводов самолета.

Цель

В статье рассмотрена возможность создания самодиагностирующихся композитных панелей на основе оптоволоконных структур и интеллектуальных технологий.

Анализ исследований и публикаций

Проведенный анализ публикаций в области создания новых композитных материалов, а также бурное развитие оптоволоконных технологий подтверждает возможность и перспективность создания ИСАД с использованием в своем составе оптоволоконных датчиков, а также элементов искусственного интеллекта (не-

четкой логики, нейронных сетей, генетических алгоритмов) [1 - 4].

В течении длительного процесса эволюционного развития авиационной техники сформировались требования которые принято считать общими для всех самолетов, такие как: обеспечение наименьшего веса конструкции при сохранении заданных прочностных характеристик; повышение надежности и увеличение жизненного цикла авиационной техники; улучшение технологичности производства.

В настоящее время, при разработке новой авиационной техники перечисленные требования ужесточаются и в конечном итоге приведут к тому, что традиционные конструкционные материалы алюминий и сталь в чистом виде уже не могли решить всех поставленных задач. Бурный расцвет химии привел к тому, что новые так называемые композиционные материалы стали внедряться в самые различные области машиностроения и, в первую очередь, в авиа-космическую отрасль.

Под композиционными материалами (КМ), будем понимать многокомпонентные материалы, состоящие из полимерной, металлической, углеродной, керамической или другой основы (матрицы), армированной наполнителями из волокон, нитевидных кристаллов или тонкодисперсных частиц [1]. Путем подбора состава и свойств наполнителя и матрицы (связующего), можно получить материалы с требуемым сочетанием эксплуатационных и технологических свойств авиационных материалов. Использование в одном материале нескольких матриц (полиматричные композиционные материалы) или наполнителей различной природы (гибридные композиционные материалы) значительно расширяет возможности регулирования свойств КМ [1]. Таким образом становится возможным получение широкого спектра узкоспециализированных материалов под конкретные нужды авиации. Наибольшее применение в авиационной технике получили компо-

зиционные материалы, армированные высокопрочными и высокомодульными непрерывными волокнами. К ним относят: полимерные композиционные материалы на основе терморезистивных (эпоксидных, полиэфирных, феноло-формальдегидных, полиимидных и др.); термопластичных связующих, армированных стеклянными, углеродными, органическими, борными волокнами; металлические композиционные материалы на основе сплавов *Al, Mg, Cu, Ti, Ni*, армированных борными, углеродными или карбидкремниевыми волокнами, а также стальной, молибденовой или вольфрамовой проволокой; композиционные материалы на основе углерода, армированного углеродными волокнами (углерод-углеродные материалы); композиционные материалы на основе керамики, армированной углеродными, карбидкремниевыми и др. жаростойкими волокнами.

Приведенные выше классы КМ обладают следующими основными достоинствами [1, 3]: легкость; высокая удельная прочность; высокая жесткость; высокая износостойкость; высокая усталостная прочность.

К недостаткам КМ можно отнести следующие особенности [1, 3]: высокая стоимость; повышенная наукоёмкость производства; неоднородность физических свойств (упругости, электропроводности, теплопроводности, показателя преломления).

Широкое применение композитов в конструкции крыла позволяет интегрировать в обшивку такие структуры, которые позволили непрерывно получать данные о типовых деформациях и повреждениях обшивки самолета.

В наше время, получили широкое применение оптоволоконные линии связи и датчики, в качестве чувствительных элементов, которые одновременно могут являться волоконным армирующим наполнителем для композитных панелей [2].

Анализ применения оптоволоконных датчиков, позволяет выделить основные особенности: пассивность (датчики полностью диэлектрические, что не тре-

бует создания дополнительной экранированной защиты от электромагнитных воздействий оборудования самолета); легкость; малогабаритность; невосприимчивость к электромагнитной интерференции; способность работать при высоких температурах; широкая полоса рабочих частот; устойчивость к вибрации и ударам; высокая чувствительность.

Приведенные особенности способствуют внедрению оптоволоконных компонентов в состав авиационного оборудования, для разработки интеллектуальных систем автоматического диагностирования внешних обводов самолета, что позволит обеспечить целостность конструкции, а также определить место, степень и время возникновения типового повреждения несущей поверхности самолета в полете.

Оптоволоконные датчики, можно разделить на следующие классы, которые могут успешно применяться для построения ИСАД внешних обводов самолета, но обладающие собственными достоинствами и недостатками. Так волоконно-оптические датчики с внешним чувствительным элементом измерения параметров производиться в области за пределами волокна. Это же справедливо и относительно гибридных датчиков. Сами датчики можно рассматривать как черные ящики при этом оптические волокна используются для переноса свет к ящикам и данных – в обратном направлении. В таком датчике луч света используется, для приведения в действие электронного датчика и данные возвращаются обратно по волоконно-оптическому каналу. В частном случае для анализа механических повреждений и деформаций, предлагается использовать датчиков отражения и передачи затухающие волны.

Положив в основу увеличение потерь при изгибах, можно создать довольно простой датчик реагирующий на любую деформацию оптического волокна. Свет от источника запускается в оптическое волокно. Когда свет через область фильтрации мод проходит на датчик мик-

роизгибов, количество света, связанного в оболочке, зависит от того насколько сильно волокно изогнуто. По мере того как изгиб волокна изменяется из-за деформации композита, через который оно проходит, аналогично изменяется количество света, распространяющегося по оболочке. Затем луч света выходит из области микроизгибов и проходит через вторую область фильтрации мод, в которой устраняется свет, распространяющийся в оболочке. Амплитуда света, которая достигает приемника, промодулирована величиной напрямую зависящей от движения пластин.

Для диагностирования внешних обводов самолета, предлагается использовать сеть продольных и поперечных волокон и датчиков, которые будут фиксировать световой поток в волокнах и передавать информацию на обрабатывающий модуль, где будет обрабатываться модель возникшей деформации с помощью интеллектуальных технологий. Точность модели будет напрямую зависеть от плотности волоконно-оптической сети.

Применение так называемых «чистоволоконных» датчиков, в которых оптическое волокно используется в качестве чувствительного элемента, позволяет получить наибольшую производительность ИСАД, наряду с упрощением ее структуры вследствие того, что носитель информации – световой поток является продуктом процесса изменения состояния волокна.

Пример реализации ИСАД внешних обводов самолета на основе волоконно-оптических интеллектуальных структур представлен на рис. 2. Здесь для достоверного распознавания конкретного места повреждения применяются распределенные системы оптических волокон с различным спектром излучения. Причем как положительное свойство отмечается наличие порогового характера зависимости интенсивности свечения от приложенной механической нагрузки. Это обстоятельство обеспечивает нечувствительность датчиков к незначительным нагрузкам и вибрациям в процессе эксплуатации са-

молета. Интеграция функции в пределах одной конструкции позволяет создавать встроенные датчики, обладающие способностью избирательно определять степень повреждения несущей поверхности в полете, а с помощью нейронных сетей их можно отнести к типовым классам.

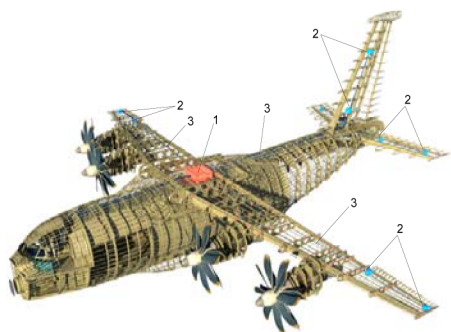


Рис. 2. Интеллектуальная система автоматического диагностирования внешнего обвода самолета в полете на основе волоконно-оптических интеллектуальных структур:

- 1) импульсная нейронная сеть, для классификации типовых повреждений внешнего обвода самолета;
- 2) волоконно-оптические датчики (ВОД);
- 3) оптический жгут, соединяющий несколько ВОД

Сравнительный анализ существующих датчиков измерения механического нагружения несущей поверхности ЛА, позволяет выделить следующие преимущества: первичный носитель информации – поток фотонов является собственным продуктом процесса изменения состояния вещества, т.е. не требуются специальные воздействия и прямой контакт с материалом для получения информации; информация передается на фотоприемник, регистрирующей аппаратуры со "световой скоростью" – практически безинерционно, что позволяет регистрировать повреждения в реальном масштабе времени, которые возникают во время полета (вмятины, обрывы, сколы, разрывы обшивки и т.д.); информацию о повреждениях можно получать как интегрально, так и локально, т.е. возможно оперативное определение

места, степени и времени возникновения повреждения несущей поверхности ЛА в полете, что позволит реконфигурировать управление ЛА и тем самым избежать авиапроисшествия.

Выводы

Таким образом, для решения задачи диагностирования технического состояния внешних обводов самолета в полете необходимо внедрять новые системы контроля и диагностики основанные на волоконно-оптических интеллектуальных структурах, что даст возможность своевременно и объективно оценить развитие внезапно возникшей особой ситуации и принять необходимые действия направленные на ее предотвращение развития, путем реконфигурации управления самолетом или изменения режима полета. Для фиксации места, степени и времени внезапно возникшего повреждения несущей поверхности самолета в полете предлагается использовать волоконно-оптические датчики, а в качестве классификатора типовых повреждений нейронную сеть, что повысит точность, быстродействие и достоверность распознавания типовых повреждений и даст возможность сохранить необходимые характеристики устойчивости и управляемости ЛА.

Список литературы

1. Тюкаев В.Н. Пластики конструкционного назначения, под ред. Е.Б. Тростянской. – М.: 1974. – С. 120–203.
2. Справочник по композиционным материалам, под ред. Д. Любина, т. 1, М., 1988.
3. Волоконно-оптические датчики. Вводный курс для инженеров и научных работников под ред. Э. Удда. – Издательство «Техносфера». – С. 16–48.
4. Казак В.Н., Шевчук Д.О., Лейва Каналес Максимо. Использование интеллектуальных технологий для диагностирования технического состояния внешнего обвода крыла самолета в полете // Вісн. північного наук. центру ТАУ. – 2009. – №12. – С. 93–96.