

**АВИАМАШИНОСТРОЕНИЕ
И ТРАНСПОРТ СИБИРИ**

Сборник статей
III Всероссийской научно-практической
конференции

(Иркутск, 11–12 апреля, 2013 г.)



АВИАМАШИНОСТРОЕНИЕ И ТРАНСПОРТ СИБИРИ

Сборник статей
III Всероссийской научно-практической конференции
(Иркутск, 11–12 апреля, 2013 г.)



ИЗДАТЕЛЬСТВО
Иркутского государственного технического университета
2013



Печатается по решению редакционно-издательского совета

Авиационная техника и технологии : сб. статей III Всерос. науч.-практ. конф. (Иркутск, 11–12 апреля, 2013 г.) – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2013. – 442 с.

Представлены статьи, посвященные актуальным вопросам развития авиационно-транспортных технологий и транспортного комплекса городов и регионов РФ. Приводятся обобщения результатов научных исследований, обмена практическим опытом в интересах развития перспективных конструкций и технологий авиа- и машиностроения, повышения качества транспортного обслуживания регионов РФ.

Редакционная коллегия:

Ответственный редактор – Зедгенизов А.В. – канд. техн. наук, доцент;

Ахатов Рашид Хадиатович – канд. техн. наук, доцент, директор Института авиационно-транспортных технологий и транспорта;

Грудинин Владимир Гарриевич – ст. преподаватель кафедры конструирования и стандартизации в машиностроении

СОДЕРЖАНИЕ:

Авиационная техника и технологии

А.И. Демидов, И.О. Бобарика. Численное моделирование аэродинамики несущих элементов летательных аппаратов потоком несжимаемой жидкости при малых числах Маха.	8
А.С. Говорков, И.В. Фокин. Применение инновационных технологий и интерактивных методов обучения при изучении курса "технология производства самолетов"	14
А.С. Говорков, А.Э. Рябцева. Методика проведения кинематического анализа с учетом податливости тел в NX MotionFlexiblebody на примере узла интерцептора самолета МС-21	18
А.И. Исаев, Нго Куанг Туен. Гидродинамическое исследование формирования вихревых течений камеры сгорания	24
В.А. Жуков. Совершенствование эксплуатации жидкостных систем охлаждения транспортных ДВС.	28
С.И. Феоктистов, С.В. Белых, М.М. Погарцева. Учет влияния фрезерования на форму готовых деталей летательных аппаратов из прессованных профилей, получаемых методами изгиба.	36
А.А. Перевалов, С.В. Белых. Применение MSC.MARC для моделирования процесса изгиба прессованных профилей несимметричного сечения.	45
С.В. Белых, А.В. Станкевич, В.А. Мишагин. Особенности автоматизированного изготовления длинномерных деталей летательных аппаратов из прессованных профилей.	53
Р.Ф. Крупский, А.В. Станкевич, А.А. Кривенок, С.В. Белых. Опыт использования обтяжного пресса для формообразования деталей летательного аппарата из профилей.	61
А.В. Черняев, М.И. Шевченко. Анализ видов, методов и задач подтверждения соответствия программно-математического обеспечения изделий авиакосмической техники.	70
А.И. Селиверстов, И.В. Шевченко. Влияния нелинейности диссипативных сил на динамические характеристики ракеты – носителя.	77
Ю.А. Остяков, М.И. Шевченко. Взаимосвязь надежности и экономической эффективности изделий машиностроения.	82
Т.А. Назарова, Т.А. Школьникова. Влияние отделочно-зачистных технологий на увеличение ресурса работы машины.	90
М.В. Лаврентьева. Автоматизация типовых процессов проектирования электронного макета изделия.	96
К.А. Однокурцев, П.А. Лукин. Средства автоматизированного монтажа сборочной оснастки в самолетостроении.	102
Ю.Ф. Огнев, О.Ш. Бердиев, Ю.П. Денисенко. Новый метод контроля каркасных авиационных панелей из ПКМ.	109

Ю.Ф. Огнев, Ю.П. Денисенко, Е.С. Бронникова, М.А. Мурыгина, Н.В. Третьяков. Металлографические исследования скрытых дефектов деталей авиационного производства.	113	Кузнецов Н.К., Ле Ба Хань. Компенсация упругих колебаний мехатронных систем на основе управления по старшей производной.	205
А. Портнов, С. Проводов. Диагностика авиационных двигателей по параметрам частиц изнашивания, измеренных сцинтилляционным методом.	121	Кузнецов Н.К., Нгуен Мань Дык. Разработка экспериментального макета самонастраивающегося гидравлического демпфирующего устройства двухстороннего действия.	210
Н.М. Пуденков, В.П. Пашков. Применение углепластиков в авиастроении.	126	Нгуен Ван Хуан, Кузнецов Н.К. Алгоритмы управления колебаниями мехатронных систем на основе решения обратных задач динамики.	214
К.А. Однокурцев, И.В. Проничев. Разработка схемы монтажа сборочной оснастки с использованием робота.	129	М.Ж. Цыцыренова. Теоретические основы исследования систем виброизоляции объектов установленных на упругом стержне.	219
В.Б. Кузнецова, А.И. Сергеев, А.В. Попов. Требования к структуре размещения информации в среде Teamcenter для создания процесса выпуска производственной документации на ОАО «ПО «Стрела».	136	Транспортные системы городов и менеджмент на транспорте	
Р.А. Туранов, В.К. Еремеев. Механизм выпуска крыла экранолёта.	143	А.В. Зедгенизов, Р.Ю. Лагерев, В. Муковкина. К вопросу о генерации корреспонденций к крупному торговому центру на примере «Мебель сити» г. Иркутск.	288
В.В. Суржик. Комплексный подход к проектированию оптимальных экранопланов нового поколения.	145	М.И. Шаров, А.В. Высокос, Л.А. Корьяк. Пример построения транспортной модели г. Иркутска в программном продукте ptv «visum».	236
Вопросы эксплуатации, диагностики и ремонта автомобильного и железнодорожного транспорта		Е.О. Вагина, А.А. Савельева, Е.А. Пилишникова. Использование GPS-данных для оценки безопасности перевозок пассажиров в городе Иркутске.	240
А.Ю. Ткаченко, А.В. Данеев. Контроль полноты информации по локомотивным бригадам в базе данных регионального комплекса управления локомотивным хозяйством.	153	Д.В. Корчева, Л.П. Догуюсова, П.В. Хахураев. Оценка генераций объектам сферы обслуживания на примере «Сбербанка».	246
В.Н. Катаргин, И.С. Писарев, С.В. Хмельницкий. Имитационная модель поддержки принятия решения целесообразности проведения восстановительного ремонта агрегатов автомобилей.	160	М.А. Матвеева, А.В. Белоусова, Е.А. Черникова, М.Н. Воронов. Показатели транспортной сети Иркутской области.	253
Ле Ван Луан. Исследование распределения реакций по длине пятна контакта тормозящей эластичной шины с беговым барабаном.	168	Н.М. Занозина, А.Г. Левашев, А.А. Лыткина. К вопросу о введении приоритета движения общественного транспорта.	257
Федотов А.И., Бойко А.В., Халезов В.П. Метрологический комплекс для исследования процессов происходящих в пятне контакта эластичной шины с беговым барабаном и дорогой.	174	Е.С. Иванченко, Ю.А. Мункуева, Д.Г. Шкедов, А.Г. Левашев. Измерение параметров транспортных потоков на кольцевых пересечениях.	265
Федотов А.И., Бойко А.В., Халезов В.П. Экспериментальные исследования нормальных напряжений в пятне контакта эластичной шины с беговым барабаном и дорогой.	181	А.Н. Долгопольская, А.Ю. Иосифова, Д.А. Пинюга А.Г. Левашев. Измерение задержек транспорта.	270
Машиностроительные технологии и материалы		Д.А. Пархоменко, А.С. Кольган, А.Г. Левашев. Предложения по размещению стоянок в центре Иркутска.	279
Р.В. Кононенко, И.Г. Майзель. Оборудование для внутритрубной теледиагностики.	188	М.А. Косилов, Е.Н. Гузенкова, А.Г. Левашев. Проблемы организации движения в зоне ТРЦ Джем-Молл.	286
А.А. Вторушин, А.С. Бубнов. Применение SYSWELDV в расчете деформаций технологии изготовления штанги дозаправки.	194	Л.В. Сорокина, Е.С. Иванченко, А.Г. Левашев. Развитие системы общественных пространств в Иркутске.	290
Создание и исследование мехатронных систем		В.В. Борисова, А.Г. Левашев. Вопрос о введении платы за паркирование.	296
В.Ю. Какаева. Автоматизация выбора технологических баз.	200	Р.Ю. Лагерев, С.Ю. Лагерев, Е.С. Немчинова, О.С. Немчинова. Зарубежный опыт эксплуатации городского электрического	

Средства автоматизированного монтажа сборочной оснастки в самолетостроении

К.А. Однокурцев, П.А. Лукин

Иркутский государственный технический университет, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Приведены результаты анализа и выбора компоновки манипулятора и его системы управления для выполнения безэталонного монтажа сборочной оснастки в самолетостроении. Исследованы различные виды роботов и способы их применения при выполнении безэталонного монтажа сборочной оснастки, предложено использование 6-координатного манипулятора. Определены основные технические характеристики роботов для выполнения монтажа и основные требования к функциям и составу системы управления роботом. Рассмотрен лабораторный вариант манипулятора и требования к роботу для промышленного использования.

Ключевые слова: автоматизация; робот; координатное позиционирование; сборочная оснастка; безэталонный монтаж.

Однокурцев Константин Андреевич, кандидат технических наук, доцент кафедры самолетостроения и эксплуатации авиационной техники, e-mail: only_const@mail.ru

Лукин Пётр Александрович, студент кафедры оборудования и автоматизации машиностроения, e-mail: peter333@inbox.ru

В современном производстве широко применяются автоматические и автоматизированные робототехнические и мехатронные системы, которые выполняют самые разнообразные задачи во всех отраслях промышленности. Одной из самых распространенных является задача высокоточной сборки узлов и агрегатов, которая требует применения достаточно сложных технических аппаратных и программных средств.

В самолетостроении применение таких систем наиболее актуально и востребовано, так как на самолетостроительных предприятиях производится сборка ответственных деталей с повышенной точностью, и автоматизированные системы для выполнения таких операций должны осуществлять полный цикл действий – от начальных измерений положения детали до контроля точности установки.

Основные области применения роботов-манипуляторов в промышленном производстве [3]:

- автоматизация процессов сборочного производства (сборочные): подготовка отдельных сборочных элементов модуля, сборка модуля из подготовленных элементов, контроль сборки;
- автоматизация процессов механической обработки: выполнение всех видов черновой, чистовой или финишной обработки деталей;
- автоматизация процессов литейного производства (литейные): установка и сборка элементов литейных форм, установка и сборка моделей, подача расплава в форму и т.п.;
- автоматизация процессов штамповочного производства (прессовые): установка и смена матриц, установка заготовок и снятие деталей (брака);
- автоматизация процессов сварочных работ (сварочные): выполнение всех видов сварочных работ.

Для автоматизированного монтажа сборочной оснастки в самолетостроении необходимо разработать робототехническую систему, выполняющую операции безэталонного монтажа с заданной точностью. Для этого необходимо учесть [1]:

- вид объекта позиционирования;
- параметры рабочей зоны;
- требования к точности позиционирования.

Объекты позиционирования – базисные элементы и установочные элементы сборочной оснастки. Объект позиционирования устанавливается на каркас сборочной оснастки.

Виды базисных элементов, используемых в сборочной оснастке в самолетостроении [2]:

- рубильники и ложементы;
- упоры и фиксаторы координатно-фиксирующих отверстий (КФО);
- линейки;
- плиты и рамы.

Виды установочных элементов различаются по способу закрепления на каркасе сборочной оснастки:

- вилки и проушины, фиксируемые хвостовиком в стакане каркаса;
- кронштейны, фиксируемые плоским основанием на площадке каркаса.

Для выполнения автоматизированного монтажа этих элементов в условиях промышленного производства целесообразно применить готовый 6-координатный робот-манипулятор с гибкой программируемой системой управления [1]. Такие готовые решения предлагают фирмы KUKA, Fanuc, ABB, Nokia Robotics и др. Технологическая система на основе робота-манипулятора обладает следующими преимуществами [3]:

- высокая производительность;

- высокая точность монтажа: от 0,01 до 0,1 мм;
- гибкость системы и широкие возможности ее программирования;
- большой радиус рабочей зоны робота: от 0,1 до 2...5 м;
- большой диапазон функциональных нагрузок: грузоподъемность от 0,1 до 300 кг.

Для выполнения автоматизированного монтажа типовых элементов сборочной оснастки в условиях лабораторных исследований и испытаний целесообразно также применить 6-координатный робот-манипулятор с гибкой программируемой системой управления, но собранный из отдельных модульных элементов (приводов и механических элементов). Такой исполнение технологической системы обеспечивает ряд преимуществ в лабораторных условиях:

- возможность переналадки и смены компоновки манипулятора;
- модульная и более компактная конструкция;
- не такая дорогостоящая, как промышленный робот-манипулятор;
- более простая система управления.

Применимость робота-манипулятора к той или иной задаче зависит от типа самого манипулятора (кол-во управляемых координат и компоновка), а также рабочего органа (схвата), который проектируется или выбирается отдельно. Рабочий орган оснащается своей системой управления, которая взаимодействует с системой управления робота-манипулятора.

Основная функция системы управления заключается в управлении двигателями робота-манипулятора. Как правило, используются двигатели постоянного тока (ДПТ) либо шаговые двигатели. Управление данными двигателями осуществляется через широтно-импульсный преобразователь (ШИП) или через контроллер соответственно. Электрический двигатель с редуктором и обратной связью образуют электрический привод. Пневматический или гидравлический тип привода используется реже, так как подходит для узкого круга задач.

Общие требования к системе управления промышленным роботом-манипулятором при выполнении монтажа сборочной оснастки в самолётостроении:

- система управления роботом должна состоять из аппаратного и программного обеспечения;
- аппаратное обеспечение с возможностью его мобильного перемещения по полу цеха;
- дружественный пользователю интерфейс программного обеспечения;
- возможность адаптации и настройки программного обеспечения системы управления для решения задач координатного позиционирования различных объектов;
- обеспечивать соблюдение норм безопасности жизнедеятельности (аварийная остановка робота автоматически и по команде оператора и др.).

Вне зависимости от вида системы управления, в ней производится преобразование данных в величину перемещения соответствующего привода.

Способы управления роботами-манипуляторами:

- а) непосредственное (прямое) управление: схема «пульт управления – приводы робота»;
- б) управляющая программа: схема «система управления (СУ) робота – приводы робота»;
- в) взаимодействие с внешней ЭВМ (при помощи управляющей программы): схема «ЭВМ – СУ робота – приводы робота»;
- г) управление на основе данных с внешних источников сигнала (датчиков): схема «сигнал датчика – (преобразователь сигнала) – СУ робота – приводы робота».

Все вышеперечисленные способы управления применимы для системы автоматизированного монтажа сборочной оснастки, так как именно сочетание всех этих способов обеспечивает необходимый уровень управления сложными автоматическими системами. Для лабораторного 6-координатного манипулятора в основном применяется непосредственное управление (а) и управляющая программа (б), поскольку они обеспечивают наибольшую универсальность.

В условиях промышленного предприятия, чтобы создать наиболее подходящее сочетание производственного оборудования в кратчайшие сроки, требуется программное обеспечение для симуляции и программирования перемещений роботов, позволяющее создавать виртуальные модели производственных ячеек. Программирование многоосевых систем управления для роботов всегда было сложной и трудоемкой задачей. Роботов можно программировать с помощью методов обучения, но для получения идеальной траектории они требуют тщательной тонкой настройки.

CAM-системы для подготовки управляющих программ позволяют разрабатывать траектории перемещений робота (так же, как для 5-координатных станков с ЧПУ), симулировать кинематику робота и создавать управляющую программу для робота на его языке управления. CAM-системы для управления промышленными роботами-манипуляторами:

- PowerMILL Robot Interface компании Delcam;
- Technomatix Robot Expert компании Siemens PLM Software.

Для дополнительной обработки данных перед их передачей в СУ робота применяется специальное программное обеспечение (ПО). Оно может быть представлено специализированными продуктами от производителей комплектующих и оборудования (приводов, контроллеров, роботов в целом), либо CAM или CAE системами (например, MATLAB). Для некоторых производственных задач требуется написание собственного

прикладного ПО либо дополнительного программного модуля для используемых САМ или САЕ систем [1].

В настоящее время на кафедре самолетостроения и эксплуатации авиационной техники ИрГТУ создан лабораторный комплекс автоматизированного монтажа сборочной оснастки. Комплекс включает комплект автоматизированных приводов, которые можно монтировать в манипуляторы различных схем компоновки. Так, 6-координатный манипулятор состоит из двух модулей (рисунок 1):

- 3-координатный модуль линейного позиционирования на основе линейных приводов (рисунок 2);
- 3-координатный модуль углового позиционирования на основе приводов поворота (рисунок 3).

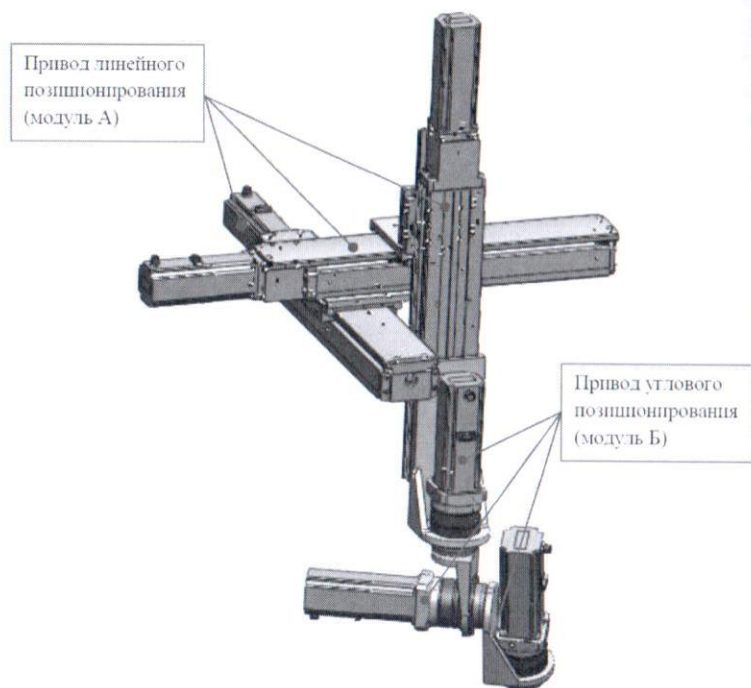


Рисунок 1 – Лабораторный 6-координатный автоматизированный манипулятор

Таблица 1 – Общие технические характеристики комплекса точного позиционирования

Характеристика	Значение
Максимальный рабочий ход	300 мм

Минимальные перемещения по каждой оси	0,01 мм
Повторяемость модуля по каждой оси	±0,01 мм
Номинальная грузоподъемность	15 кг
Минимальные углы поворота исполнительных органов по каждой координате	0,01°
Рабочая температура	0-55°C

Как было отмечено ранее, возможны различные компоновки манипуляторов, в зависимости от выполняемой задачи. Кроме того было разработано ПО для расчетов перемещений приводов.

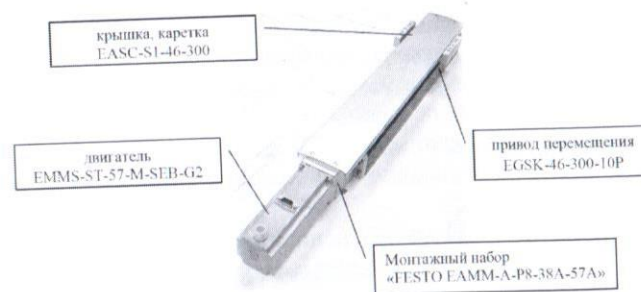


Рисунок 2 – Общий вид модуля линейного перемещения

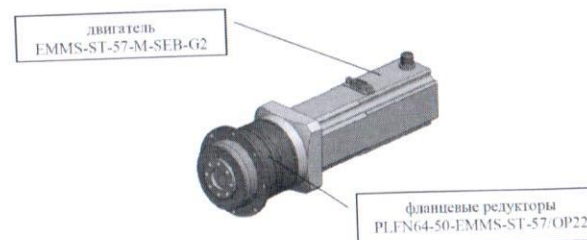


Рисунок 3 – Общий вид модуля углового перемещения

В настоящее время выполняется работа по внедрению на Иркутском авиационном заводе робототехнической системы для автоматизированного выполнения сборочно-монтажных работ. Данная система разрабатывается на основе лабораторного варианта, созданного в ИрГТУ. Система должна включать в себя:

- несколько 6-координатных манипуляторов фирмы KUKA;
- позиционирование некоторых крупногабаритных элементов сборочной оснастки может осуществляться двумя роботами-манипуляторами в согласованном режиме [3];

- систему управления KUKA KR C4 с промышленным планшетом SmartPAD: данная СУ обеспечит нужный уровень управления, за счет широких возможностей программирования [3];
 - набор пневматических схватов различных типоразмеров с собственной системой управления: данный тип схватов оптимален по соотношению нагрузки, стоимости и простоты конструкции;
 - лазерную систему измерения координат для контроля точности позиционирования;
 - САМ-системы и дополнительное специальное и прикладное ПО.
- Общий алгоритм работы проектируемой системы автоматизированного монтажа сборочной оснастки [1]:
- 1) выбор объекта монтажа и установка исполнительного устройства;
 - 2) выбор, установка и настройка периферийного оборудования;
 - 3) инициализация САМ-системы и СУ исполнительного устройства;
 - 4) загрузка управляющих программ;
 - 5) получение исходных данных для СУ исполнительного устройства;
 - 6) передача исходных данных в СУ исполнительного устройства или САМ-систему;
 - 7) адаптация данных (п.6) для СУ исполнительного устройства или САМ системы и выполнение необходимых расчетов;
 - 8) выполнение перемещения по заданным параметрам;
 - 9) контроль точности установки;
 - 10) подготовка всей системы к следующему циклу работы.

Для выполнения операций безталонного монтажа сборочной оснастки в самолетостроении для лабораторного и промышленного внедрения были разработаны автоматизированные системы на основе многокоординатных роботов-манипуляторов. Обе системы удовлетворяют поставленным требованиям к точности и выполнению поставленной задачи позиционирования и монтажа. В дальнейшем планируется совершенствование этих систем и отработка новых алгоритмов выполнения безталонного монтажа.

Список использованной литературы

1. Ахатов Р.Х. Автоматизация проектно-конструкторских работ и технологической подготовки производства: Учебное пособие / Р.Х. Ахатов – Иркутск: Издательство ИрГТУ, 2007. – 104с.
2. «Современные методы и средства монтажа сборочной оснастки»: учебно- методическое пособие / сост. Р.Х. Ахатов, А.С. Говорков. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2011. – 76 с., ил.
3. Промышленные роботы KUKA [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.kuka-robotics.com/russia/ru/> (Дата обращения: 12.03.2013)

УДК 620.1-535

Новый метод контроля каркасных авиационных панелей из ПКМ

Ю.Ф. Огнев, О.Ш. Бердиев, Ю.П. Денисенко

Представлены материалы разработки о неразрушающем контроле композитной панели нерегулярной сетчатой структуры и сложной пространственной формы. Описаны результаты по собственным НИОКТР, направленным на достижение задачи авиастроения по оперативному мониторингу состояния крупногабаритных композитных панелей летательного аппарата (ЛА) при остальных показателях равных аналогам. Разработка предназначена для применения при изготовлении и эксплуатации ЛА, но может быть использована и в смежных отраслях.

Ключевые слова: *композитная панель; неразрушающий контроль; оптоволоконный отрезок; полимерный композиционный материал.*

Огнев Юрий Фёдорович, доктор технических наук, профессор, директор филиала федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Дальневосточный федеральный университет» в г. Арсеньеве, тел.: 8 914 792 70 23, e-mail: yuoognev@yandex.ru

Бердиев Олег Шамильевич, зам. директора по НИР и развитию Филиала «Дальневосточный федеральный университет» в г. Арсеньеве, тел.: 8 924 263 36 75

Денисенко Юрий Петрович, профессор кафедры самолето- и вертолестроения филиала «Дальневосточный федеральный университет», г. Арсеньев, управляющий директор ОАО ААК «Прогресс» им. Н.И. Сазыкина (г. Арсеньев), e-mail: yuoognev@yandex.ru

В производстве современных ЛА всё шире применяется широкая номенклатура крупногабаритных панелей из полимерных композиционных материалов (ПКМ) [1,2,3]. Это, например, лопасти ЛА, в частности, вертолётов и автожиров, элементы обшивок и силовых конструкций фюзеляжа или крыла ЛА, а также элементов орбитальных платформ и их разгонных блоков. Перечисленные конструкции работают в сложных условиях при импульсных знакопеременных нагрузках, самых разнообразных: давлениях, температуре, но, неизменно, призваны постоянно обеспечивать стабильную безопасность эксплуатации, поэтому регулярно осматриваются и подвергаются разным способам неразрушающего контроля [4].

**АВИАМАШИНОСТРОЕНИЕ
И ТРАНСПОРТ СИБИРИ**

Сборник статей
III Всероссийской научно-практической конференции

(Иркутск, 11–12 апреля, 2013 г.)

Печатается с оригиналов, подготовленных авторами

Подписано в печать 05.04.2012. Формат 60 x 90 / 16.
Бумага офсетная. Печать цифровая. Усл. печ. л. 28,0.
Тираж 100 экз. Зак. 13с.

Лицензия ИД № 06506 от 26.12.2001
Иркутский государственный технический университет
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83