

УДК 629.7.002:624.016

А.В. КОНДРАТЬЕВ¹, В.А. КОВАЛЕНКО²¹ *Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина*² *ГП «Конструкторское бюро «Южное» им. М.К. Янгеля», Днепропетровск, Украина*

СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ НАУЧНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА АГРЕГАТОВ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Обсуждается проблема научного обеспечения эффективности технологии производства агрегатов ракетно-космической техники из полимерных композиционных материалов за рубежом и в Украине. Вскрыты определяющая роль информационных и компьютерных технологий на современном этапе состояния проблемы, а также пути ее решения на основе результатов квалификационных работ. Обсуждаются научные и промышленные результаты работ в области технологии производства агрегатов ракетно-космических конструкций из полимерных композиционных материалов. Сформулированы основные комплексные задачи научного обеспечения эффективности технологии производства отечественных агрегатов конструкций данного класса.

Ключевые слова: агрегаты конструкций ракетно-космической техники, полимерные композиционные материалы, технология производства, информационные и компьютерные технологии, проблема научного обеспечения.

Введение

В работе [1] проведен обзор и анализ состояния применения полимерных композиционных материалов (ПКМ) в конструкциях ракетно-космической техники (РКТ) как важного резерва повышения ее массовой и функциональной эффективности.

В работе [2] вскрыты мировые тенденции и проблемы расширения сферы реализации деталей, узлов и агрегатов РКТ из ПКМ и повышения уровня их ответственности.

В этих и других работах показана определяющая роль технологии в реализации эффективных проектных конструктивно-технологических решений (КТР) изделий этого класса. Однако в основе современного научно-технического обеспечения эффективности производства агрегатов РКТ из ПКМ, начиная с вопросов конструкторской и технологической его подготовки, выбора КТР и их реализации, лежат информационные и компьютерные технологии, получившие в последнее десятилетие особенно интенсивное развитие и применение, особенно за рубежом.

Анализ проблемы научного обеспечения технологии производства агрегатов РКТ из ПКМ

Еще в 80-х годах прошлого столетия за рубежом начала оформляться и интенсивно внедряться в аэрокосмическую отрасль CALS (Continuous Acquisition and Lifecycle Support)–технология – непрерывная информационная поддержка жизненного

цикла изделия [3 – 5], включающая в себя возникшие еще ранее в том числе в СССР различные системы автоматизированного проектирования (САПР), а также автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП).

В широком смысле слова CALS – это методология создания единого информационного пространства промышленной продукции, обеспечивающего взаимодействие всех промышленных автоматизированных систем (АС). Предметом CALS являются методы и средства как взаимодействия разных АС и их подсистем, так и сами АС с учетом всех видов их обеспечения. Практически символом CALS в этом смысле становится термин PLM (Product Lifecycle Management), широко используемый в последнее время ведущими производителями АС (рис. 1) [4]. Стратегия CALS предусматривает два этапа. На первом выполняется автоматизация отдельных процессов жизненного цикла (ЖЦ) изделия для создания данных о них в электронном виде, а на втором – происходит интеграция автоматизированных процессов и сведений, накопленных на протяжении ЖЦ.

В ракетной отрасли России лишь к 2000 г. завершен первый этап [6]. В Украине процесс внедрения CALS-технологий в авиастроение и РКТ происходит еще медленнее.

На начальном этапе развития CALS-технологии были ориентированы на производственные и пост-производственные процессы и лишь впоследствии стали охватывать весь ЖЦ изделия.

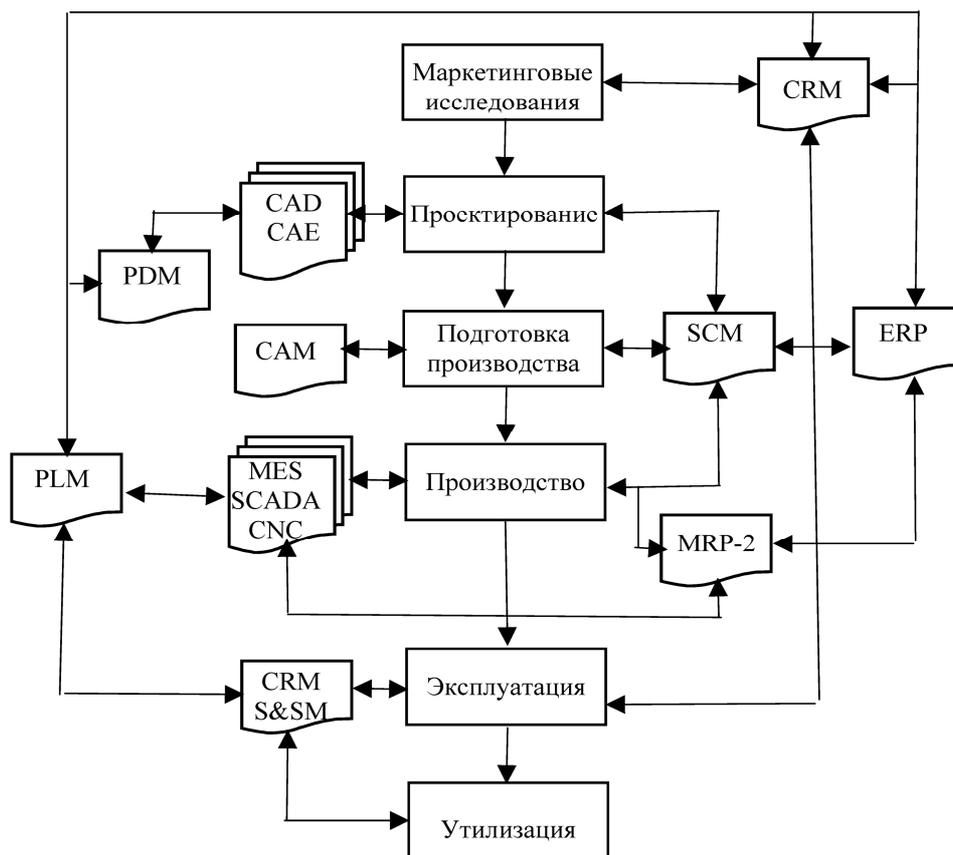


Рис. 1. Этапы жизненного цикла промышленных изделий и системы их автоматизации:

PLM – Product Lifecycle Management (управление жизненным циклом); PDM – Product Data Management (управление проектными данными); CAD – Computer Aided Design (автоматизированное проектирование); CAE – Computer Aided Engineering (автоматизированные расчеты и анализ); CAM – Computer Aided Manufacturing (автоматизированная технологическая подготовка производства); MES – Manufacturing Execution System (производственная исполнительная система); SCADA – Supervisory Control and Data Acquisition (диспетчерское управление производственными процессами); CNC – Computer Numerical Control (компьютерное числовое управление); CRM – Computer Relationship Management (управление взаимоотношениями с заказчиками); S&SM – Sales and Service Management (управление продажами и обслуживанием); SCM – Supply Chain Management (управление цепочками поставок); MRP-2 - Manufacturing (Material) Requirement Planning (планирование производства); ERP – Enterprise Resource Planning (планирование и управление предприятием)

Следовательно, процессы подготовки производства и само производство послужили базой для развития этих технологий. Первым шагом этого этапа является подготовка информации для автоматизированных систем технологической подготовки производства (ТПП) в процессе конструирования. Второй шаг в разработке системы ТПП – описание процесса производства в стандартах и форматах, воспринимаемых международными системами сертификации. Следующий шаг – это обеспечение информационного обмена с организационно-экономическими системами комплексного управления предприятием и осуществление информационного обмена между участвующими в проекте предприятиями через глобальные сети ЭВМ с использованием различных каналов телекоммуникаций [7].

В настоящее время, как уже отмечалось [1, 2] на ГП «Конструкторское бюро «Южное» им. М.К. Янгеля», в значительной степени представляющем РКТ Украины, интенсивно решаются вопросы, связанные с двумя первыми шагами начального этапа освоения концептуальных принципов CALS-технологий, среди которых преобладают аспекты обеспечения эффективности КТР и реализации их в производстве агрегатов РКТ из ПКМ средствами информационных и компьютерных технологий.

В связи с этим представляет значительный интерес опыт ведущих предприятий ракетно-космической отрасли России и стран дальнего зарубежья.

Так в [8] рассматривается применение программных продуктов фирмы MSC Software для расчетов трех типов композитных конструкций:

– трехслойных конструкций, изготавливаемых методом выкладки, на примере крупногабаритных головных обтекателей (ГО) для ракеты-носителя (РН) «Протон-М»;

– сетчатых (изогридных) конструкций, изготавливаемых методом намотки, на примере адаптеров (переходных отсеков) для запуска космических спутников;

– интегральных высокостабильных конструкций, на примере платформы оптических приборов для космического аппарата «РАМОС».

С помощью намотки созданы сетчатые (изогридные) конструкции, превосходящие по характеристикам не только любые типы металлических, но и композитные трехслойные конструкции. Наибольший эффект достигается там, где не требуется сплошной поверхности конструкции, во внутренних конструктивных элементах РН, адаптерах космических аппаратов (КА), силовых конусах двигательных установок.

Одной из проблем, возникающих при расчетах изогридных конструкций, является задание правильной геометрии. Сетчатая конструкция определяется набором параметров [9]: количеством спиральных и кольцевых ребер, углом наклона спирального ребра к образующей, сечением спиральных и кольцевых ребер. Только последние два параметра можно оптимизировать в MSC.NASTRAN. Задача полной оптимизации изогрида до сих пор решается с помощью аналитических моделей.

ГКНПЦ им. М.В. Хруничева разрабатывает собственные КА. Одними из таких КА являются малые, создаваемые на базе унифицированной космической платформы «ЯХТА». Данные КА предназначены для выведения РН «Рокот». В связи с этим большое внимание уделяется научно-техническим вопросам проблемы совершенствования ТПП на основе информационных компьютерных технологий [9].*)

Проектирование технологических процессов в машиностроении включает в себя решение большого комплекса взаимосвязанных задач. Данные задачи базируются на единой системе ТПП (ЕСТПП), которая предусматривает широкое применение типовых процессов, стандартного оборудования и оснастки, средств автоматизации, инженерно-технических и управленческих работ.

*) Технологическое проектирование является основным звеном ТПП и составляет 30...60 % ее общей трудоемкости, меньшее значение соответствует условиям мелкосерийного производства, большее – массового [9]. Как показывает практика, трудоемкость технологического проектирования обычно в 2 – 3 раза превышает трудоемкость конструирования изделий РКТ.

Анализ опыта внедрения современных систем автоматизации ТПП показал, что на предприятиях ракетно-космической промышленности России используются самые разнообразные системы автоматизированного проектирования как отечественных, так и иностранных разработчиков. В последнем случае самое большее распространение получили САПР AutoCAD, SolidWorks и Pro/Engineering, созданные в США. В технологических САПР чаще используются отечественные системы.

Наибольшими возможностями обладают полномасштабные CAD/CAM/CAE системы. Обычно это сложные многофункциональные комплексы, в состав которых входит большой набор модулей различного функционального назначения.

В настоящее время на рынке программных средств, применяемых для автоматизированного проектирования конструкции изделий, технологических процессов и решения других задач автоматизации ТПП, прослеживается тенденция создания комплексных продуктов, которые позволяют решать широкий круг задач на одной информационной основе. Эти возможности явились главным критерием выбора программных продуктов для проведения анализа. Результаты анализа положительных особенностей, недостатков и распространенности программных продуктов на предприятиях Роскосмоса приведены в [9].

В последние годы (2010 и 2011 гг.) на базе Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики компанией «Би Питрон» были проведены международные научно-практические конференции «Компьютерные технологии в проектировании и производстве конструкций из полимерных композиционных материалов (ПКМ)» [10, 11].

На II международной конференции (2010 г.), организованной компанией СП ЗАО «Би Питрон» при поддержке Национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики, были освещены вопросы развития техники и технологий, позволяющих совершенствовать конструкции из ПКМ в плане повышения безопасности, надежности, улучшения характеристик, снижения стоимости изготовления и эксплуатации изделий.

Французская компания Dassault Systems, мировой лидер в области PLM-технологий, представила ряд решений на базе продуктов CATIA, DELMIA и SIMULIA проектирования и подготовки производства конструкций из слоистых материалов в единой интегрированной среде разработки. Были детально рассмотрены методы работы в программном продукте CATIA Composites Design 3 [12]. Этот продукт включает в себя инструменты для предварительного

и рабочего проектирования с учетом требований к технологии производства. Благодаря мощным механизмам синхронизации информации CATIA Composites Design 3 выступает в роли главного связующего элемента между этапами проектирования и физического производства.

Бельгийская компания SAMTECH представила набор программных средств для комплексного расчета конструкций из ПКМ. Особое внимание было уделено производству технологического оборудования для автоматизированной выкладки препрегов – Forest-Lint и Coriolis Composites, а также разработке программного обеспечения для моделирования технологических процессов изготовления – ESI Group. Представителем ESI Group предложены программные решения для выбора оптимальной технологии изготовления, подбора параметров технологического процесса, сокращения времени на разработку технологии и проектирования оснастки. В частности, был представлен продукт PAM-RTM for CATIA V5 для моделирования процессов пропитки армирующего материала связующими и оценки скорости заполнения формы, выбора температуры и давления, расположения инжекционных портов.

В докладе [13] представлены достаточно информативные блок-схемы интегрированного решения Dassault Systems для конструирования и производства изделий из ПКМ.

Основной темой III международной конференции было применение современных технологий и систем для проектирования и производства изделий из ПКМ в различных отраслях промышленности [11].

Отмечено, что основной проблемой в космической промышленности является разработка композитных корпусов и обтекателей ракет, размеро- и формостабильных конструкций антенн.

Неоднократно отмечалась необходимость скорейшего внедрения современных технологий проектирования и производства конструкций из ПКМ на отечественных предприятиях в целях сокращения технологического отставания от западных компаний и обеспечения конкурентоспособности изделий отечественного производства, особенно в авиационно-космической промышленности.

В [14] обсуждаются технологии виртуальной разработки конструкций из ПКМ, а в [15] представлена интегрированная система для проектирования и подготовки производства изделий из ПКМ (рис. 2).

В [16] публикуется сообщение о программном обеспечении проектирования изделий космической техники корпораций Vistagy Inc. и FiberSim для NASA, в котором излагаются цели и задачи создания отсека экипажа КА трехслойной сотовой конст-

рукции, состыкованного из верхних и нижних оболочек.*)

В 2007 году вышел в свет третий том серии «Космический вызов XXI века» [17], посвященный новым материалам и технологиям для РН, КА и космических экспедиций. В нем представлен комплексный анализ большого разнообразия научных и технологических проблем, связанных с разработкой, производством, тестированием и применением современных ПКМ для нужд РКТ. Рассмотрены экспериментальные и теоретические методы исследования материалов, физические и химические процессы, сопровождающие их синтез и функционирование. Определенное внимание уделяется вопросам применения нанокompозитов в РКТ.

В 2009 году появилась информативно емкая монография института космических исследований РАН (ИКИ РАН) [18], в которой отмечается, что создание современных конструкций РКТ из ПКМ сегодня немислимо без использования информационных технологий. Ведущая роль среди них принадлежит CAD/CAM/CAE/PDM-комплексам, т.е. автоматизированным системам проектирования и конструирования, технологической подготовки производства и управления инженерными данными.

В Украине в течение многих лет проходит представительная ежегодная международная конференция «Композиционные материалы в промышленности» под эгидой Украинского информационного центра «Наука. Техника. Технология» при поддержке авторитетных организаций Украины и России (Национальное космическое агентство Украины, Российское космическое агентство, Отделение Международного общества авиакосмических материалов и технологий SAMPE «Россия-СНГ», Союз производителей композитов, АНТК «Антонов», ГКБ «Южное», ЗМКБ «Прогресс», ИХВС НАН Украины, ФГУП «ОНПП «Технология», ОАО «Комполит», ГК НПЦ им. М.В. Хруничева, ГНУ «ИММС» НАН Беларуси, ОАО «УкрНИИТМ», ОАО «УкрНИИАТ»), на которой представлены достаточно информативные доклады.

Так доклад [19] посвящен внедрению ПКМ в разработки КБ «Салют» (Россия). КБ «Салют» занимается разработкой конструкторской документации на «сухие» и приборные отсеки РН, РБ, корпуса

*) Слои ПКМ для создания внутреннего сотовидного «сэндвича» обшивки отсека экипажа NASA укладываются при помощи системы лазерной проекции, создаваемой пакетом программного обеспечения FiberSim, который автоматически генерирует лазерные файлы непосредственно из трехмерной модели композитной детали. Это значительно повышает производительность при снижении возможности ошибок, а также облегчает обновление и ведение информации лазерной проекции.



Рис. 2. Блок-схема интегрированной системы проектирования и подготовки производства изделий из ПКМ программного комплекса САПР

малых КА, а также корпусов переходных систем для адаптации КА и РН. Одновременно, применяя современные технологии и материалы, проводится их модернизация, что улучшает энергомассовые характеристики ранее разработанных конструкций. Отмечается, что за последнее десятилетие был выполнен большой объем новых разработок и модернизаций.

Сетчатые корпуса отсеков с 2006 г. проходят натурные испытания. Снижение массы отсеков по сравнению с конструкциями из алюминиевых сплавов составило ~ 20 %. В дальнейшем планируется провести модернизацию сетчатого углепластикового верхнего отсека второй ступени в части замены металлических деталей и сборок на углепластиковые и проектирование верхнего отсека третьей ступени трехслойной конструкции с обшивками из углепластика.

Опыт работ по созданию сетчатых углепластиковых переходных систем применен при создании корпусов КА связи «Экспресс-МД1», «Экспресс-МД2».

В книге [20] обобщены последние научные и промышленные результаты работ в области технологии производства композитных конструкций. Основное внимание уделяется вопросу производства авиационных композитных конструкций и их компонентов, дается обзор успешного применения этих высокотехнологичных методов в других областях промышленности.

Весьма информативный материал, касающийся современных проблем проектирования и технологии производства изделий РКТ из ПКМ содержится также в трудах международных конференций [21, 22].

Выше анализировались научные исследования коллективов и отдельных ученых без учета квалификационных работ, роль которых в решении обсуждаемой проблемы весьма значительна. Практически за каждым результатом анализируемых выше составляющих этой проблемы стоит одна или несколько диссертационных работ кандидатского или докторского уровня.

К типичным примерам последних работ по данной тематике следует отнести [23 – 35].

Необходимо коснуться квалификационных работ научной школы Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», истоки формирования которой относятся еще к 80-м годам прошлого столетия [36 – 38].

Из достижений научной школы ХАИ необходимо отметить принципы и методы проектирования рациональных конструктивно-силовых схем корпусов и крыльев ЛА из ПКМ; результаты исследований эффективности структуры ПКМ с целью унификации и типизации укладок слоев и углов армирования; методы и методики экспериментального

определения специфических свойств ПКМ, в том числе в условиях эксплуатации; новые КТР соединений высоконагруженных деталей и агрегатов ЛА; методики их проектирования, расчета на прочность и сертификации; алгоритмы и программные комплексы оптимизации параметров элементов конструктивно-силовых схем ЛА из ПКМ; научные основы технологии производства изделий из ПКМ и др.

В рамках сотрудничества с УкрНИИТМ, ГП «КБ «Южное» и РКК «Энергия» сформировалось научное направление, связанное с комплексной проблемой создания высокоэффективных сотовых заполнителей и конструкций, позволившее получить ряд новых научных результатов для авиакосмической техники.

В активе научной школы ХАИ 12 докторских и более 70 кандидатских диссертаций, в том числе [27 – 35].

Результаты работ научной школы ХАИ нашли отражение в докладах на международных конгрессах по аэронавтике [39 – 44].

Как уже отмечалось выше, для создания изделий ракетно-космического назначения в разработках ГП «КБ «Южное» широко используются ПКМ на основе угле-, органико-, базальто- и стекловолокон. Применение этих материалов позволяет разрабатывать изделия с минимальным весом и максимальными упруго-прочностными характеристиками, кроме того, обладающие рядом других ценных свойств [45]: стойкостью к воздействию агрессивных сред и циклическим нагрузкам, сохранением упруго-прочностных свойств в течение 25...30 лет, уникальными теплофизическими свойствами, высокой терморазмерностабильностью, высокой эрозийной стойкостью и многими другими.

Существующий задел, связанный с проектированием и технологией производства композитных агрегатов РКТ ГП «КБ «Южное» начального периода, охватывающего и начало 2000-х годов, содержится во втором томе комплексной монографии [46].

Краткий анализ созданных в ГП «КБ «Южное» различных типов агрегатов РКТ из ПКМ проведен в [47].

Выводы

Приведенная в [45 – 47] информация о состоянии проектирования и технологии производства изделий РКТ из ПКМ свидетельствует о достаточно высоком уровне решения обсуждаемой проблемы. Однако проведенный выше обзор и анализ состояния этой проблемы свидетельствует о необходимости решения ряда принципиально важных задач для обеспечения конкурентоспособности отечественных изделий РКТ на мировом рынке, охватывающих

ключевые аспекты научных основ технологии производства изделий этого класса.

К таким задачам следует отнести:

- выявление и обоснование фундаментальных свойств (характеристик) агрегатов РКТ из ПКМ в технологии их производства;

- разработку общих принципов создания агрегатов РКТ из ПКМ как объектов производства;

- разработку научных основ процессов производства агрегатов РКТ из ПКМ в современных условиях развивающихся информационных и компьютерных технологий.

- создание технологических основ производства деталей, узлов и агрегатов РКТ из ПКМ, основанных на концепции компьютерных технологий;

- разработку научных основ точности технологических процессов производства, учитывающих современные мировые достижения;

- совершенствование квалитметрии и модернизация системы управления качеством современного производства агрегатов РКМ из ПКМ на базе международных стандартов;

- реализация результатов решения сформулированных выше комплексных задач в отечественном производстве агрегатов РКТ из ПКМ в рамках международного сотрудничества.

Данная программа в значительной степени будет способствовать кардинальному повышению эффективности создаваемых в Украине агрегатов РКТ из ПКМ, обеспечивающему ее конкурентоспособность на мировом рынке путем разработки и внедрения научных основ технологии их производства, реализующей современные достижения в исследуемой области.

Литература

1. Коваленко, В.А. *Применение полимерных композиционных материалов в изделиях ракетно-космической техники как резерв повышения ее массовой и функциональной эффективности [Текст] / В.А. Коваленко, А.В. Кондратьев // Авиационно-космическая техника и технология. – 2011. – № 5 (82). – С. 14–20.*
2. Кондратьев, А.В. *Обзор и анализ мировых тенденций и проблем расширения применения в агрегатах ракетно-космической техники полимерных композиционных материалов [Текст] / А.В. Кондратьев, В.А. Коваленко // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». – № 3 (67). – Х.: ХАИ, 2011. – С. – 7 – 18.*
3. *Российская энциклопедия CALS. Авиационно-космическое машиностроение [Текст] / под ред. А.Г. Братухина. – М.: ОАО «НИЦ АСК», 2008. – 608 с.*
4. *CALS-технологии в технологической подготовке производства авиакосмической техники*

[Текст] / В.Д. Костюков, Э.М. Годин, В.П. Соколов и др.; под ред. Э.М. Година. – М.: Изд-во МАИ, 2005. – 552 с.

5. Братухин, А.Г. *CALS (Continuous Acquisition and Life cycle Support – непрерывная информационная поддержка жизненного цикла продукции) в авиастроении* [Текст] / А.Г. Братухин, Ю.В. Давыдов, Ю.С. Елисеев и др. – М.: Изд-во МАИ, 2000. – 304 с.

6. Тишин, А.П. Внедрение CALS-технологий на предприятиях ракетно-космической промышленности Росавиакосмоса [Текст] / А.П. Тишин, Г.П. Шинкин // ИТПП. – 2000. – №3. – С. 11 – 16.

7. Давыдов, Ю.В. Система КРЕДО – современное средство конструирования и технологической подготовки изделий авиационной промышленности [Текст] / Ю.В. Давыдов // Технологические системы. – 2001. – № 7. – С. 45 – 52.

8. Полиновский, В.П. Применение программных продуктов фирмы MSC. Software для расчета новых изделий из композиционных материалов в ГКНПЦ им. М.В. Хруничева [Электронный ресурс.] / В.П. Полиновский // Тр. Рос. конф. пользователей систем MSC 2003 г. – М.: MSC.Software Corporation. – 5 с. – Режим доступа: http://www.mscsoftware.ru/document/conf/Moscow_conf/conf_2003/khrun2.zip. – 07.06.2011 г.

9. Жигаев, Е.В. Анализ систем автоматизации технологической подготовки производства ГКНПЦ им. М.В. Хруничева [Электронный ресурс] / Е.В. Жигаев. – Режим доступа: <http://lab18.ipu.rsi.ru/conf-2009/7.htm>. – 09.06.2011 г.

10. Подведение итогов 2-ой междунар. науч.-практич. конф. «Компьютерные технологии в проектировании и производстве конструкций из композиционных материалов» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ozakaz.ru/index.php/94-beepitron>. – 10.06.2011 г.

11. Подведение итогов 3-ой междунар. науч.-практич. конф. «Компьютерные технологии в проектировании и производстве конструкций из композиционных материалов» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bee-pitron.ru/mash>. – 10.06.2011 г.

12. Лэр, К. Применение программных комплексов «Dassault Systemes» (CATIA/DELMIA/SIMULIA). Обзор методов и средств. [Электронный ресурс] / К. Лэр // Тр. 3-й междунар. науч.-практич. конф. «Компьютерные технологии в проектировании и производстве конструкций из композиционных материалов». 20-21 апреля 2011 г. – СПб.: СП ЗАО «Би Питрон». – 25 с. – Режим доступа: <http://bp-us.com/kompozits2011>. – 15.06.2011 г.

13. Крысенков, Д.С. Проектирование и подготовка производства конструкций из композиционных материалов – программные решения «Dassault Systemes» [Электронный ресурс] / Д.С. Крысенков // Тр. 2-й междунар. науч.-практич. конф. «Компьютерные технологии в проектировании и производстве конструкций из композиционных материалов».

8 апреля 2010 г. – СПб.: СП ЗАО «Би Питрон». – 15 с. – Режим доступа: <http://www.bp-us.com/kompozits>. – 15.06.2011 г.

14. Слезкин, Д.В. *MSC.Software: Технологии виртуальной разработки конструкций из композиционных материалов* [Электронный ресурс] / Д.В. Слезкин. – Режим доступа: http://www.bee-pitron.ru/D2_01MSC_Composites_DS_2009_Beepitron_SpB.pdf. – 17.06.2011 г.

15. Шальнов, М.М. Проектирование изделий из КМ в среде САПР. «Би Питрон». [Электронный ресурс] / М.М. Шальнов // Тр. 3-ой междунар. науч.-практич. конф. «Компьютерные технологии в проектировании и производстве конструкций из композиционных материалов». 20-21 апреля 2011 г. – СПб.: СП ЗАО «Би Питрон». – 11 с. – Режим доступа: <http://bp-us.com/kompozits2011>. – 18.06.2011 г.

16. NASA Composite Crew Module FiberSIM [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vistagy.com>. – 20.06.2011 г.

17. Космический вызов XXI века. – Т.3. Перспективные материалы и технологии для ракетно-космической техники [Текст] / Под ред. А.А. Берлина, И.Г. Ассовского. – М.: Торус Пресс, 2007. – 456 с.

18. Математическое моделирование в нелинейной механике (Обзор программных комплексов для решения задач моделирования сложных систем) [Текст] / Е. Н. Чумаченко, Т.В. Полякова, С.А. Аксенов и др. – М.: Институт космических исследований РАН, 2009. – 43 с.

19. Внедрение композиционных материалов в разработках КБ «Салют» [Текст] / Ю.О. Бахвалов, В.П. Молочев, Н.Н. Бобков, А.Ф. Разин // Композиционные материалы в промышленности. – Сб. материалов XXX междунар. конф., 7–11 июня 2010 г., Ялта. – К.: УИЦ «Наука. Техника. Технология», 2010 – С. 388 – 394.

20. Технология производства изделий и интегральных конструкций из композиционных материалов в машиностроении [Текст] / Под ред. А.Г. Братухина, В.С. Боголюбова, О.С. Сироткина. – М. Знание, 2003. – 516 с.

21. Теория и практика технологий производства изделий из композиционных материалов и новых металлических сплавов (ТПКММ) (Theory and Practice of Technologies of Manufacturing Products of Composite Materials and New Metal Alloys (TPCMM)) [Текст] / Под ред. К.В. Фролова, И.Ф. Образцова, О.С. Сироткина, В.С. Боголюбова. – М.: Знание, 2004. – 806 с.

22. Теория и практика технологий производства изделий из композиционных материалов и новых металлических сплавов. Корпоративные нано- и CALS-технологии в наукоемких отраслях промышленности [Текст] / Под ред. под ред. К.В. Фролова, О.С. Сироткина, В.С. Боголюбова. – М.: Знание, 2006. – 864 с.

23. Смердов, А.А. Разработка методов проектирования композитных материалов и конструкций ракетно-космической техники [Текст]: дис. ... д-ра

техн. наук: 05.07.02, 05.02.01 / Смердов Андрей Анатольевич. – Москва, 2007. – 410 с.

24. Бахвалов, Ю.О. Методология интегрирования композиционных корпусных элементов в конструкцию эксплуатируемых ракет-носителей [Текст]: дис. ... д-ра техн. наук: 05.07.02 / Бахвалов Юрий Олегович. – Москва, 2007. – 520 с.

25. Цырков, А.В. Система технологического проектирования изделий ракетно-космической техники [Текст]: дис. ... д-ра техн. наук: 05.07.04 / Цырков, Александр Владимирович. – Москва, 1999. – 398 с.

26. Кузнецов, В.Ю. Автоматизация технологий производства армированных композиционных материалов и покрытий для конструкций летательных аппаратов [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06, 05.07.02 / Кузнецов Василий Юрьевич. – Красноярск, 2003. – 163 с.

27. Цона, В.А. Основы технологии и создание ресурсосберегающего комплекса производства агрегатов ракетно-космической техники из полимерных композиционных материалов: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.07.04 / Цона Виталий Андреевич; Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ». – Х., 1997. – 47 с.

28. Эрнандес Тамайо Хорхе Альберто Разработка и внедрение технологического обеспечения производства панельных несущих поверхностей солнечных батарей космического назначения из композиционных материалов [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.07.04 / Эрнандес Тамайо Хорхе Альберто; Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ». – Х., 2001. – 20 с.

29. Сливинский, В.И. Научные основы технологии производства сотовых заполнителей и конструкций летательных аппаратов и конверсионного назначения [Текст]: дис. ... д-ра техн. наук: 05.07.04 / Сливинский Владимир Иванович. – Х., 2001. – 374 с.

30. Гайдачук, А.В. Научные основы безопасной технологии производства конструкций летательных аппаратов из полимерных композиционных материалов [Текст]: дис. ... д-ра техн. наук: 05.07.04 / Гайдачук Александр Витальевич. – Х., 2002. – 386 с.

31. Московская, Н.М. Способы повышения эффективности производства конструкций летательных аппаратов из полимерных композиционных материалов [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.07.04 / Московская Наталья Михайловна; Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ». – Х., 2004. – 19 с.

32. Мельников, С.М. Методы нормирования технологических допусков в производстве сотовых заполнителей для авиакосмической техники [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.07.04 / Мельников Сергей Михайлович. – Х., 2006. – 220 с.

33. Сливинский, М.В. Технологические методы повышения стабильности показателей качества и физико-механических свойств сотовых полимерных заполнителей для аэрокосмических конструкций [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.07.04 / Сливинский Михаил Владимирович; Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ». – Х., 2008. – 17 с.

34. Чесноков, А.В. Научные основы технологической подготовки производства деталей летательных аппаратов из углерод-углеродных композиционных материалов [Текст]: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.07.02 / Чесноков Алексей Викторович; Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ». – Х., 2011. – 37 с.

35. Кондратьев, А.В. Оптимальне проектування композитних корпусів літальних апаратів зі стільниковим заповнювачем на основі синтезу методу скінчених елементів і аналітичних моделей: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.07.02 / Кондратьєв Андрій Валерійович; Нац. аерокосм. ун-т «ХАІ». – Х., 2009. – 20 с.

36. Развитие теории и практики создания авиакосмических конструкций из полимерных композиционных материалов в Харьковском авиационном институте [Текст] / В.Е. Гайдачук, А.В. Гайдачук, Я.С. Карпов, В.С. Кривцов // Междунар. семинар по истории машиноведения: сб. ст., Москва, 17 – 19 мая 2005 г. / МГТУ им. Н.Э. Баумана. – М., 2005. – С. 42 – 44.

37. Роль ХАИ в решении проблемы научного обеспечения внедрения композиционных материалов в авиационно-космическую технику: итоги и перспективы [Текст] / А.В. Гайдачук, В.Е. Гайдачук, Я.С. Карпов // Авиационно-космическая техника и технология. – 2005. – №7. – С. 21 – 39.

38. Тридцять років наукової школи з проблеми створення виробів авіаційно-космічної техніки з полімерних композиційних матеріалів [Текст] / В.С. Гайдачук, О.В. Гайдачук, Я.С. Карпов // Авиационно-космическая техника и технология. – 2010. – №2(69). – С. 12 – 19.

39. New possibilities of creating efficient honeycomb structures for rockets and spacecrafts / M. Slivinsky, V. Slivinsky, V. Gajdachuk, A. Gajdachuk, V. Kirichenko [Text] // 55th International Astronautical Congress 2004 – Vancouver, Canada. – IAC-04-1.3.a.10. – P. 1 – 7.

40. Weight optimization of honeycomb structures for space applications [Text] / V. Slyvyns'kyu, V. Gajdachuk, A. Gajdachuk, N. Slyvyns'ka // 56th International Astronautical Congress 2005 – Japan, Fukuoka. – IAC-05-C2.3.07. P. 1 – 10.

41. New concept for weight optimization of launcher nose firings made of honeycomb structures [Text] / V. Slyvyns'kyu, M. Slyvyns'kyu, A. Gajdachuk, V. Gajdachuk, N. Slyvynska, V. Kirichenko // 57th International Astronautical Congress 2006 – Valencia, Spain. – IAC-06-C2. – P.1.11. – P. 1 – 5.

42. Technological possibilities for increasing quality of honeycomb cores used in aerospace engineering [Text] / V. Slyvyns'kyu, M. Slyvyns'kyu, A. Gajdachuk, V. Gajdachuk, S. Melnikow, V. Kirichenko // 58th International Astronautical Congress 2007 – Hyderabad, India – IAC-07-C2.1.08. – P. 1 – 7.

43. Scientific fundamentals of efficient adhesive joint in honeycomb structures for aerospace applications [Text] / V. Slyvyns'kyu, M. Slyvyns'kyu, N. Polyakov, A. Gajdachuk V. Gajdachuk V. Kirichenko // 59th

International Astronautical Congress 2008 – Glasgow, Scotland – IAC-08.C2.1.13. – P. 1 – 8.

44. *Creation of energy-saving technologies of forming articles made of polymeric composite materials [Text] / V. Slyvyns'kyu, A. Gajdachuk, G. Tkachenko, V. Kirichenko, O. Karpikova, N. Verbitskaya // 60th International Astronautical Congress 2009 – Daejeon, South Korea – IAC-09.C2.4.9. – P. 1 – 8.*

45. *Перспективы создания размеростабильных прецизионных конструкций космического назначения [Текст] / В.А. Коваленко, А.М. Потапов, Л.П. Потапович и др. // Перспективы космических исследований Украины / Под научн. ред. О.П. Федорова. – К.: Академперіодика, 2011. – С. 202 – 205.*

46. *Материалы и покрытия в экстремальных условиях. Взгляд в будущее: в 3 т. – Т.2. Передовые технологии производства [Текст] / В.В. Скороход, Н.А. Никифоров, С.В. Резник и др.; под ред. С.В. Резника. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 296 с.*

47. *Композиционные материалы в разработках ГП «КБ «Южное» [Текст] / А.М. Потапов, Ю.Г. Артеменко В.Г. Тихий, В.А. Коваленко и др. // Композиционные материалы в промышленности. – Сб. материалов XXX междунар. конф., 7–11 июня 2010 г., Ялта. – К.: УИЦ «Наука. Техника. Технология», 2010 – С. 111 – 119.*

Поступила в редакцию 24.10.2011

Рецензент: д-р техн. наук, проф., зав. каф. проектирования ракетно-космических аппаратов В.Е. Гайдачук, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е.Жуковского «ХАИ», Харьков.

СТАН ПРОБЛЕМИ НАУКОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА АГРЕГАТИВ РАКЕТНО-КОСМІЧНА ТЕХНІКА З ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

А.В. Кондратьєв, В.О. Коваленко

Обговорюється проблема наукового забезпечення ефективності технології виробництва агрегатів ракетно-космічної техніки з полімерних композиційних матеріалів за кордоном і в Україні. Розкрити визначальна роль інформаційних та комп'ютерних технологій на сучасному етапі стану проблеми, а також шляхи її вирішення на основі результатів кваліфікаційних робіт. Обговорюються наукові та промислові результати робіт в галузі технології виробництва агрегатів ракетно-космічних конструкцій з полімерних композиційних матеріалів. Сформульовано основні комплексні завдання наукового забезпечення ефективності технології виробництва вітчизняних агрегатів конструкцій даного класу.

Ключові слова: агрегати конструкцій ракетно-космічної техніки, полімерні композиційні матеріали, технологія виробництва, інформаційні та комп'ютерні технології, проблема наукового забезпечення.

STATE OF RESEARCH SUPPORT UNITS EFFECTIVE MANUFACTURING SPACE ROCKET FROM POLYMER COMPOSITE MATERIALS

A.V. Kondratyev, V.A. Kovalenko

Discusses the problem of ensuring the effectiveness of scientific technology aggregates rocket and space technology of polymer composite materials abroad and in Ukraine. Revealed the decisive role of information and computer technology at the present stage of the problem and its solution on the basis of qualifying works. Discusses the results of scientific and industrial activities in the field of production technology units of rocket-space structures made of polymer composite materials. The basic complex problems of scientific technology, the effectiveness of domestic production of construction aggregates of the class.

Key words: aggregates structure of space-rocket technology, polymer composite materials, production technology, information and computer technologies, the problem of scientific support

Кондратьєв Андрей Валерьевич – канд. техн. наук, доцент каф. проектирования ракетно-космических аппаратов, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина, e-mail: kondratyev_a_v@mail.ru.

Коваленко Виктор Александрович – канд. техн. наук, начальник лаборатории, Государственное предприятие «Конструкторское бюро «Южное» им. М.К. Янгеля», Днепропетровск, Украина.