

УДК 629.7

В.А. КОВАЛЕНКО¹, А.В. КОНДРАТЬЕВ²¹ *Государственное предприятие «Конструкторское бюро «Южное» им. М.К. Янгеля», Днепропетровск, Украина*² *Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина*

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В ИЗДЕЛИЯХ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ КАК РЕЗЕРВ ПОВЫШЕНИЯ ЕЕ МАССОВОЙ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Проведен аналитический обзор применения полимерных композиционных материалов в изделиях ракетно-космической техники. Изложена краткая хронология становления и развития композитных изделий ракетно-космической техники на предприятиях бывшего СССР, а ныне в России и Украины, а также стран дальнего зарубежья. Изложены современные тенденции формирования мирового рынка углеродных волокон. Отмечается, что, несмотря на объективные трудности постсоветского периода для развития ракетно-космической техники в Украине, на ГП «Южное» широко применяются современные полимерные композиционные материалы, позволяющие существенно повысить массовую и функциональную эффективность отечественной ракетно-космической техники.

Ключевые слова: полимерные композиционные материалы, ракетно-космическая техника, массовая и функциональная эффективность, углеродные волокна.

Введение

Применение полимерных композиционных материалов (ПКМ), начиная со стеклопластиков, в ракетно-космической технике (РКТ) совпадает по времени с началом практического освоения космоса – запуском первого искусственного Спутника Земли и продолжается все последующие годы.

Публикации, свидетельствующие об этом первом периоде, весьма малочисленны и обобщены в более поздних переводных статьях (например, [1]), где они собраны в раздел «Проектирование и изготовление конструкций ракет и космических кораблей». Основное же содержание и объемы применения ПКМ в РКТ практически до начала 90-х годов прошлого столетия, как в отечественных, так и в зарубежных источниках информации сохранялось под грифом секретности различного уровня. И только в этот период начинают публиковаться оригинальные и переводные работы [2 – 11], содержащие сведения о внедрении ПКМ в РКТ на ряде предприятий РКТ в бывшем СССР, а ныне в России и странах дальнего зарубежья.

Аналитический обзор

Открытое акционерное общество «Авангард» – одно из ведущих предприятий России по производству крупногабаритных изделий из ПКМ [2] ведет свою историю от предприятия «Сафронковский завод пластмасс», основанного в 1962 г. С момента своего возникновения предприятие работало как на гражданские нужды, так и на оборону страны.

Развитие в 1960-х гг. РКТ потребовало организации в СССР серийного производства крупногабаритных стеклопластиковых изделий – транспортно-пусковых контейнеров (ТПК) и корпусов двигателей твердотопливных ракет, организованном на Сафроновском заводе пластмасс.

В 1970 г. на предприятии было организовано специальное конструкторско-технологическое бюро «Курс» – крупный научно-инженерный центр по разработке изделий из ПКМ.

ПО «Авангард» принимало непосредственное участие в выпуске самой передовой советской РКТ. Здесь серийно изготавливали стеклопластиковые ТПК для первой отечественной твердотопливной межконтинентальной баллистической ракеты РТ-2 (РС-12), а также для самой тяжелой в мире межконтинентальной баллистической ракеты Р-36М (по западной классификации SS18 «Сатана»). В середине 1970-х гг. ПО «Авангард» освоило выпуск стеклопластиковых высокопрочных корпусов двигательных установок для первого отечественного мобильного грунтового комплекса с межконтинентальной баллистической ракетой «Темп 2С». Тогда же началось изготовление ТПК для мобильного грунтового ракетного комплекса «Пионер» (РСД-10) с баллистической ракетой средней дальности [2]. Предприятие в 1976 г. стало ведущим в отрасли по производству изделий из ПКМ.

С 1970-х гг. ПО «Авангард» установило прочные партнерские отношения с ведущими КБ, НИИ и заводами страны, работающими в интересах обо-

ронной промышленности: НПО «Машиностроение», Московский институт теплотехники, КБ «Южное», ЦНИИСМ, РКЦ им. М.В. Хруничева, ОКБ «Новатор», Объединенный институт ядерных исследований (г. Дубна), ГРЦ им. В.П. Макеева, НИИ Стали, ОКБ «Вымпел», ОКБ «Факел», ЛНПО «Союз», КОКБ «Союз», «Уралвагонзавод», «Севмаш», Воткинский машиностроительный завод, ЮМЗ, ПО «Стрела», Обуховский завод и многие другие.

В 1980-е гг. ПО «Авангард» изготавливало корпуса для самых мощных в мире боевых твердотопливных двигателей ЗД65 и ЗД66, использовавшихся в баллистической ракете РСМ-52 (принята на вооружение атомных подводных ракетносцев типа «Акула»), а корпуса двигателей для армейского оперативно-тактического ракетного комплекса «Ока», который считался в своем классе лучшим в мире [2]. Тогда же на ПО «Авангард» начался выпуск ТПК и корпуса двигателя мобильного грунтового комплекса «Тополь» (РС-12М) с межконтинентальной баллистической ракетой, а также ТПК для противокорабельной сверхзвуковой крылатой ракеты «Яхонт».

Серьезный вклад внесло ПО «Авангард» и в развитие отечественной космической техники. С середины 1980-х гг. предприятие изготавливало головные обтекатели из ПКМ для модулей космических станций «Мир» и МКС. Наряду с выпуском военно-космической продукции ПО «Авангард» первым в СССР со середины 1970-х гг. начало внедрять крупногабаритные изделия из стеклопластика в гражданскую сферу по ракетным технологиям.

Не менее значимыми по своему вкладу во внедрение ПКМ в изделия РКТ являются предприятия, вошедшие ныне в состав Государственного космического научно-производственного центра им. М.В. Хруничева (ГКНПЦ им. М.В. Хруничева) [3 – 5]. Эти предприятия на протяжении всей своей деятельности являлись флагманами в части научно-технического прогресса в области авиации и РКТ.

Первым разработанным корпусом из ПКМ на предприятии явился корпус головной части ракеты УР-200, созданный в начале 60-х годов. Уже тогда стало очевидным, что наиболее эффективной является трехслойная конструкция с сотовым наполнителем, которая легла в основу всех последующих типов головных обтекателей (ГО). В начале 80-х годов предприятия отрасли приступили к созданию долгосрочного орбитального пилотируемого комплекса «Мир», включающего в себя шесть функциональных модулей. Для выведения модулей на орбиту потребовалось создание нового типа ГО.

Первым ГО из композиционных материалов стал не сбрасываемый трехслойный стеклопластиковый обтекатель, предназначенный для защиты гермокорпуса модуля «Квант 1». Для выведения че-

тырех модулей – «Квант 2», «Кристалл», «Спектр», «Природа» был разработан и прошел стендовую наземную отработку первый сбрасываемый стеклопластиковый обтекатель. Заложенные в его конструкцию технические решения послужили основой для создания целого ряда разнотипных последующих обтекателей, эксплуатируемых вплоть до настоящего времени. Изготавливались эти обтекатели на заводе им. М.В. Хруничева в кооперации с производственным объединением «Авангард».

За весь период было изготовлено семь летных изделий. Натурные испытания обтекатель прошел в составе космического аппарата «Полюс» при первом пуске ракеты-носителя «Энергия», предназначенного для эксплуатации с отечественным челноком «Буран». Впоследствии четыре обтекателя использованы в модулях комплекса «Мир», шестой – обеспечивал выведение первого модуля «Заря» для международной космической станции [3].

Первый обтекатель из углепластика прошел успешные натурные испытания и эксплуатировался на ракете-носителе (РН) «Рокот». Конструктивно обтекатель был выполнен в виде соединенных между собой конических и цилиндрических углепластиковых трехслойных оболочек с оригинальной системой сброса, осуществляемого тягой пороховых двигателей в направлении полета.

С выходом ГКНПЦ на мировой рынок космических услуг по выведению зарубежных космических аппаратов на РН «Протон» с разгонным блоком (РБ) «ДМ» разработки НПО «Энергия» возникла необходимость создания унифицированного головного обтекателя (УГО). Такой обтекатель менее чем за два года был разработан, прошел наземную стендовую отработку и был изготовлен для первого коммерческого запуска космического аппарата «Астра-1Ф» американской фирмы «Хьюз». Корпус представлял собой комбинированную конструкцию, состоящую из конических и цилиндрических отсеков, изготовленных из трехслойных стекло- и углепластиковых обечаек. Такая комбинация была выбрана из условий использования опыта изготовления обечаек в ПО «Авангард». Данный обтекатель был адаптирован под существующий разгонный блок «ДМ», не допускавший каких-либо доработок [7]. ГО этого типа было изготовлено 32 штуки, все они прошли успешные натурные испытания и продолжали изготавливаться до 2006 года [5 – 7].

С принятием решения о разработке РБ «Бриз-М» и модернизации РН «Протон» возникла необходимость создания нового типа ГО. В связи с этим было разработано четыре типа ГО для новой конфигурации средств выведения, которые имели отличия в габаритах корпуса. К настоящему времени три модификации прошли летные испытания, обеспечив

успешные запуски отечественных и зарубежных космических аппаратов. Отсеки корпуса этих ГО изготавливаются трехслойной конструкции, состоящей из двух углепластиковых обшивок соединенных алюминиевым сотовым наполнителем. Все эти типы ГО изготавливаются по конструкторской документации КБ «Союз» на РКЗ в кооперации с ОНПП «Технология» г. Обнинск, имеющем огромный опыт в изготовлении крупногабаритных изделий из композиционных материалов для авиационной и ракетной техники [9]. Предпоследний из разработанных обтекателей длиной 15,255 м является самым крупным российским обтекателем, эксплуатируемым в настоящее время на РН «Протон М».

С созданием совместного международного предприятия «EUROCKOT» для оказания коммерческих услуг по запуску малых летательных аппаратов на РН «Рокот» с РБ «Бриз КМ» возникла необходимость создания легкого ГО с продольной системой разделения. В КБ «Салют» была разработана конструкторская документация, а РКЗ все в той же кооперации с ОНПП «Технология» изготавливает обтекатели этого типа. Особенности обтекателя для РН «Рокот» являются овалообразная форма цилиндрической части корпуса и автоклавное формование одной створки – «лодочки» зацело, исключая болтовые поперечные стыки на переходах формы. Внедрение такой технологии позволило значительно снизить вес конструкции корпуса за счет исключения металлических стыковочных шпангоутов.

В КБ «Салют» были внедрены адаптеры, включающие сетчатые оболочки из углепластика разработки ЦНИИ СМ (рис. 1).

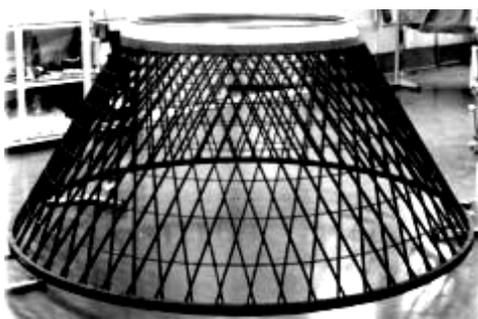


Рис. 1. Сетчатая оболочка из ПКМ ЦНИИ СМ

Эти оболочки изготавливаются методом непрерывной намотки. Удельный модуль упругости сеток примерно в 4 раза превосходит этот показатель для алюминиевых сплавов [4]. Для стыковки с РБ адаптеры имеют намотанные шпангоуты со специальной пространственной структурой, образованной кольцевыми углеродными и осевыми стеклянными волокнами. Такая структура обеспечивает сочетание высокой жесткости в кольцевом направлении с не-

обходимой высокой прочностью на срез и смятие под стыковочными болтами.

Наибольший эффект по снижению массы планируется получить от внедрения сетчатых силовых оболочек из углепластиков в конструкции «сухих отсеков». Общее снижение массы, достигнутое за счет внедрения оболочек на РН «Протон», составляет около 400 кг. Программа модернизации РН «Протон» включает также замену во многих гаргротах, местных обтекателях и других элементах подкрепленных металлических оболочек на углепластиковые. Это позволит уменьшить массу силового каркаса РН почти на 300 кг [4].

Весьма весомый вклад во внедрение ПКМ в ответственные конструкции РКТ, как уже отмечалось выше, внес ГНЦ ОНПП «Технология», проводящий прикладные исследования, инновационные разработки материалов, конструкций, технологий и изготавливающий наукоемкую продукцию из ПКМ для авиационной, ракетно-космической, военной и других отраслей промышленности [6].

ОНПП «Технология» является российским лидером в области теории моделирования, проектирования и технологии изготовления крупногабаритных, интегральных, размеростабильных конструкций и панелей терморегулирования для космических аппаратов «Кондор», Ramos, «Экспресс-АМ», «Гонец», «Ресурс-ДК», «Монитор-Э», KazSat. Создано и производится новое поколение углепластиковых оболочек ГО, локальных обтекателей и гаргротов, интегральных отсеков ступеней для РН «Рокот», «Протон-М» и «Ангара». Как уже отмечалось, эти работы ведутся совместно с ведущими предприятиями ракетно-космической отрасли: ГК НПО им. М.В. Хруничева, НПО им. С.А. Лавочкина, НПО машиностроения, КБ «Арсенал-АКЦ».

Типовые обтекатели РКТ из ПКМ ОНПП «Технология», представлены в докладах его сотрудников на последней международной конференции в 2010 г. охватывают широкий класс конструкций (рис. 2) [9].



Рис. 2. Класс конструкций РКТ из ПКМ, разрабатываемых и изготавливаемых на ОНПП «Технология»

В [10] содержатся сведения обо всех организациях и предприятиях России, внесших видный вклад в создание изделий РКТ из ПКМ и продолжающих работать в этой сфере.

Выше анализировалось состояние применения ПКМ в РКТ в бывшем СССР, а после его развала – в России. Ранние этапы освоения этих материалов в РКТ освещены в [11 – 14] и др. Более подробный обзор и анализ этих вопросов содержится в книге [15].

Последний период применения ПКМ в изделиях зарубежной РКТ освещен в обзоре [16]. В нем рассмотрены исследования и разработки ведущих зарубежных фирм в области ПКМ и технологий для РКТ нового поколения. Отмечены достижения в области разработки методов литьевого формования и наномодифицированных полимерных связующих. Приведены сведения об использовании новых разработок в перспективных конструкциях.

Отмечено, что за рубежом ПКМ начали применять в конструкции изделий РКТ с середины 80-х годов прошлого века. Они служили для изготовления несущих конструкций антенн (стабильная термоупругость), солнечных зеркал и трубчатых конструкций оптической скамьи (удельная жесткость). В этот же период с использованием ПКМ началась разработка конструкций приборного отсека, обтекателя и адаптера грузового отсека, а в начале 90-х годов с использованием новых технологий была изготовлена верхняя часть корпуса РН «Ариан 5». Кроме того, ПКМ начали использовать в нагруженных трубчатых конструкциях телекоммуникационных спутников. Обобщенные авторами зарубежные данные по эволюции применения ПКМ в изделиях РКТ, технологий изготовления из них элементов конструкций, методов проектирования и испытаний представлены в [16].

В период 1995–2000 гг. Европейский консорциум (EADS) при изготовлении интегрированного адаптера «Ариан 5» из ПКМ применил метод совместного отверждения (соотверждения) конической оболочки, полученной выкладкой волокна, и колец, изготовленных литьевым формованием (метод RTM).

Дальнейшим развитием этой технологии является процесс совместного склеивания пленочным эпоксидным клеем сырого препрега конической оболочки с изготовленными литьевым формованием отвержденными кольцами пленочным эпоксидным клеем. Новая технология обеспечивает сохранение ранее достигнутого заменой металлических колец снижения массы на 9 %, снижение производственной стоимости и времени технологического цикла.

Первой крупногабаритной конструкцией из ПКМ в зарубежной РКТ являлась углепластиковая демонстрационная секция баллистической ракеты

Trident II D5, изготовленная вакуумным литьевым формованием фирмой Lockheed Martin Missils [16]. В настоящее время, помимо упомянутых ранее колец РН Eurostar, консорциум EADS в рамках планируемой к завершению в 2015 г. перспективной программы ESA (European Space Agency) по многообразным КА разрабатывает RTM-технологии изготовления каркасных элементов встроенных топливных баков. В качестве армирующего наполнителя используются 3D-преформы японской фирмы Shikibo LTD, полученные по новой технологии сухой выкладки волокна (dry-D3D), в качестве связующих – бисмалеимиды и модифицированные эпоксидные смолы.

С использованием новой технологии испанский филиал консорциума EADS начал разработку изготавливаемого выкладкой волокна с использованием сэндвичевых конструктивных элементов полностью композитного корпуса перспективной европейской платформы Eurostar 3000. Цель программы – повышение грузоподъемности системы от 5 до 6,6 т, снижение стоимости производства при минимальных затратах на разработку, отсутствие риска повышения нагрузок на спутниковые системы, прошедшие ранее испытания, и необходимости связанной с этим модификации.

В спутниках ПКМ был впервые применен в 1974 г., когда ВВС США запустили геостационарный метеорологический спутник массой 680 кг, в котором был использован углепластик массой 0,5 кг. В 1979 г. был запущен более совершенный геостационарный спутник связи Intelsat V массой 1400 кг. Уже более 58 % деталей (свыше 45 % массы спутника) были изготовлены из высококачественных ПКМ, главным образом углепластиков. Одними из основных деталей являлись отражающая антенна диаметром 2,9 м и каркас солнечной батареи длиной 17 м. Крупногабаритный каркас солнечной батареи был складным и раскрывался уже на околоземной орбите.

В Японии углепластики были использованы при изготовлении параболической антенны геостационарного спутника связи, запущенного в феврале 1983 г., позже начали разрабатываться каркасы корпусов искусственных спутников Земли, скелетные конструкции солнечных батарей и т.д.

Ракеты для вывода искусственных спутников на околоземную орбиту почти всегда используются также и в военных целях. Поэтому, за исключением информации о космическом корабле «Спейс шаттл», данные о космических ракетах в литературе публикуются крайне редко. Однако ясно, что так же, как для искусственных спутников, снижение массы ракет является важнейшей задачей. Именно по этой причине для их изготовления широко используются

углепластики. В начале 2000-х годов в Японии в стадии разработки находилась крупногабаритная трехступенчатая ракета Н-1. В конструкции сопел маршевых ракетных двигателей, а также усовершенствованного орбитального ракетного двигателя АВМ используются углеродные композиционные материалы.

В обзоре [17] обстоятельно изложены тенденции формирования мирового рынка углеродных волокон. В нем обсуждается история разработки и промышленного выпуска углеродных волокон, начиная с 1969 г., по фирмам США, Англии, Японии и Франции. Дана характеристика рынка по периодам его формирования (1970-1983 гг., 1983-1990 гг., 1989-1998 гг. и 1996-2005 гг.). Приведены диаграммы динамики потребления углеволокон в Европе в аэрокосмической промышленности за период 1991-2005 годов и в мире за период 1986-1998 гг., а также даны сведения о динамике стоимости углеволокон по годам и типам волокон. Недостатком этого обзора является расплывчатость и недостаточность данных об использовании углеволокон в ПКМ РКТ.

Завершая обзор применения ПКМ в РКТ представляется необходимым привести данные холдинговой компании «Композит» о емкости мировых рынков по отраслям потребления углепластиков, а также аналогичные сведения по России [18] (табл. 1 и 2, рис. 3 и 4).

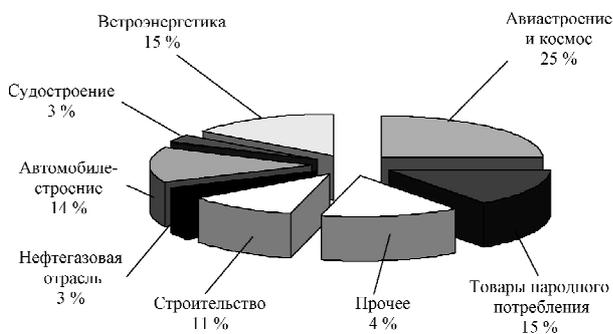


Рис. 3. Структура мирового потребления углеволокон по отраслям, 2009 год

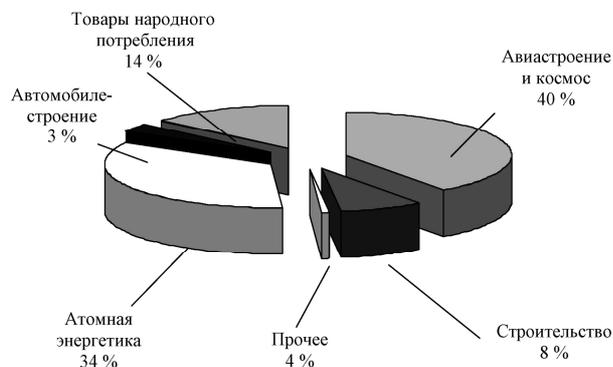


Рис. 4. Структура российского потребления углеволокон по отраслям, 2009 год

Таблица 1

Емкость мировых рынков по отраслям потребления углеволокна (тонны)

Наименование отрасли	2010 год	2013 год (прогноз)
Авиастроение и космос	9100	15800
Ветроэнергетика	5700	11700
Строительство	4000	5900
Судостроение	1100	1200
Нефтегазовая отрасль	1000	1600
Автомобилестроение	5400	6500
Товары народного потребления	5800	6600
Машиностроение, атомная энергетика, медицина, металлургия и пр.	5400	8000
Итого потенциальная емкость	37500	57300

Таблица 2

Емкость российского рынка по отраслям потребления углеволокна (тонны)

Наименование отрасли	2010 год	2013 год (прогноз)
Авиастроение и космос	80	380
Ветроэнергетика	70	180
Строительство	17	145
Судостроение	5,4	11,3
Нефтегазовая отрасль	-	3,8
Автомобилестроение	3,6	11,5
Товары народного потребления	29	48
Машиностроение, атомная энергетика, медицина, металлургия и пр.	2,5	5,4
Итого потенциальная емкость	207	785
% от мирового потребления	0,55	1,37

В [19] приведена диаграмма распределения объемов массы ПКМ в общей массе изделий ракетной и аэрокосмической техники (рис. 5).

В Украине начало создания и развития РКТ было положено передачей 9 мая 1951 года Днепропетровского автомобильного завода Министерству вооружения СССР для освоения серийного производства боевых стратегических ракет Р-1, Р-2, а затем и Р-5, разработанных в ОКБ-1 под руководством С.П. Королева.



Рис. 5. Композиты в ракетной и аэрокосмической технике

В книге [20] подробно и обстоятельно изложена история создания РКТ нынешнего ГП «КБ Южное»

Отмечается, что создание ракетных комплексов стратегического назначения потребовало разработки ряда принципиально новых конструкционных, теплозащитных и других специальных материалов и технологий изготовления на их основе различных деталей и узлов, среди которых полимерные конструкционные и эроззионностойкие материалы на основе стекло-, угле- и органоуполнителей, эпоксидных и фенолформальдегидных смол, специально наполненных каучуков для корпусов и сопловых блоков РДТТ, ТПК, межступенных и хвостовых отсеков, желобов кабельной сети, обтекателей, накопителей, днищ, поддонов и других элементов конструкции.

В [21] изложена краткая хронология становления и развития конструкций РКТ из ПКМ в Украинском ракетно-космическом центре, объединяющем ГП «Южное», Южный машиностроительный завод и другие предприятия и организации ракетно-космического профиля.

Отмечается, что до 1966 г. разработка специальных материалов для потребностей РКТ находилась в зачаточном состоянии. Только с 1966 г. в отделе 9 новых материалов и перспективных технологий, преобразованном в одноименный комплекс 9, была выделена самостоятельная лаборатория конструкционных пластмасс. С 1974 года в связи с необходимостью оперативной разработки корпусов твердотопливных двигателей на основном заводе и Павлоградском механическом заводе при комплексе 9 были организованы два специализированных отдела – отдел разработки технологии изготовления корпусов двигателей на основе ПКМ – органоластиков и отдел изготовления корпусов коконной конструкции из органоластов. К 1980 году технология изготовления корпусов РДТТ была полностью освоена.

Выводы

Таким образом в последние годы вплоть до настоящего времени, несмотря на объективные трудности постсоветского периода, для развития РКТ в Украине на ГП «КБ «Южное» были созданы размеростабильные прецизионные конструкции космического назначения с длительным сроком эксплуатации на основе углеволокон российского и зарубежного производства, каркасы солнечных батарей облегченной массы до 1 кг/м^2 , тепловые экраны космических аппаратов (КА), комплект конструктивных элементов корпуса объектива, ферменные конструкции для КА, бесфитинговые фермы и другие изделия [22], что позволяет существенно повысить массовую и функциональную эффективность отечественной РКТ до мирового уровня.

Литература

1. Композиционные материалы в конструкциях летательных аппаратов [Текст] / под ред. А.Л. Абибова. – М.: Машиностроение, 1975. – 272 с.
2. ОАО «Авангард». Опыт производства крупногабаритных изделий из композиционных материалов для ракетно-космической отрасли [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.avangard-plastik.ru>. – 27.05.2011 г.
3. Научно-технические разработки ОКБ-23 – КБ «Салют» [Текст] / Под ред. Ю.О. Бахвалова. – М.: Воздушный транспорт, 2006. – Вып. 1. – 720 с.
4. Полет. Общероссийский научно-технический журнал. Специальный выпуск [Текст]. – М.: Машиностроение, 2001. – 120 с.
5. Горохов, А.И. Государственный космический научно – производственный центр им. М.В. Хруничева. Страницы истории, жизнь и время – Кн. 2. Филевские орбиты [Текст] / А.И. Горохов. – М.: ООО «ИИГ «Полигон – пресс», 2006. – 407 с.
6. Высоты «Технологии»: 50 лет Государственному научному центру РФ ОНПП «Технология» [Текст]. – М.: ПЕНТА+, 2009. – 416 с.
7. Кулага, Е.С. Разработка головных обтекателей из композиционных материалов [Текст] / Е.С. Кулага, И.Г. Оленин // Научно-технические разработки ОКБ-23 – КБ «Салют». – М.: Воздушный транспорт, 2006. – Вып. 1. – С. 418 – 436.
8. Кулага, Е.С. От самолетов к ракетам и космическим кораблям [Текст] / Е.С. Кулага. – М.: Воздушный транспорт, 2001. – 232 с.
9. Конструкции и технологии получения изделий из неметаллических материалов [Текст] // Сб. докладов XIX науч.-техн. конф., 5 – 7 октября 2010 г. – Обнинск, 2010. – 197 с.
10. Ракетно-космическая промышленность России: каталог предприятий, организаций и учреждений [Текст]. – М.: Росавиакосмос, Луч, 2001. – 304 с.
11. Нотон, Б. Композиционные материалы: в 8 т. – Т. 3. Применение композиционных материа-

лов в технике [Текст] / Б. Нотон; под ред. Л. Браутмана, Р. Крока. – М.: Мир, 1978. – 512 с.

12. Справочник по композиционным материалам: в 2-х кн. – Кн. 2. [Текст]: пер. с англ. / Под ред. Дж. Любина. – М.: Машиностроение, 1988. – 580 с.

13. Композиционные материалы в ракетно-космическом аппаратостроении [Текст] / Г.П. Гардымов, Е.В. Мешков, А.В. Пчелинцев [и др.]. – СПб.: СпецЛит, 1999. – 271 с.

14. Углеродные волокна [Текст]: пер. с японск. / под ред. С. Симамуры. – М.: Мир, 1987. – 304 с.

15. Углеродные волокна и углекомпозиаты [Текст]: пер. с англ. / Под ред. Э. Фитцера. – М.: Мир, 1988. – 336 с.

16. Кондратенко, А.Н. Полимерные композиционные материалы в изделиях зарубежной ракетно-космической техники (Обзор) [Текст] / А.Н. Кондратенко, Т.А. Голубкова // Конструкции из композиционных материалов. – 2009. – № 2. – С. 24 – 35.

17. Лысенко, А.А. Тенденции формирования мирового рынка углеродных волокон [Текст] / А.А. Лысенко // Технический текстиль. – 2005. – № 12. – С. 33 – 37.

18. Исследования и разработки, обеспечивающие создание конкурентоспособных полимерных композиционных материалов на основе углеродного волокна [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rusnanoforum.ru/29308>. – 07.06.2011 г..

19. Буланов, И.М. Технология ракетных и аэрокосмических конструкций из композиционных материалов [Текст] / И.М. Буланов, В.В. Воробей. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1998. – 516 с.

20. Ракеты и космические аппараты конструкторского бюро «Южное» [Текст] / Под ред. С.Н. Конюхова. – Днепропетровск: ООО «Колор-Граф», ООО РА «Тандем-У», 2001. – 240 с.

21. Санін, А.Ф. Розвиток ракетно-космічної техніки в Україні [Текст] / А.Ф. Санін, Є.О. Джур, Л.Д. Кучма [та інші.]. – Дніпропетровськ: АРТ-ПРЕС, 2002. – 402 с.

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

Поступила в редакцию 31.08.2011

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

ЗАСТОСУВАННЯ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ У ВИРОБАХ РАКЕТНО-КОСМІЧНОЇ ТЕХНІКИ ЯК РЕЗЕРВ ПІДВИЩЕННЯ ЇЇ МАСОВОЇ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

В.О. Коваленко, А.В. Кондратьєв

Проведено аналітичний огляд застосування полімерних композиційних матеріалів у виробі ракетно-космічної техніки. Викладено коротку хронологію становлення і розвитку композитних виробів ракетно-космічної техніки на підприємствах колишнього СРСР, а нині в Росії та Україні, а також країн далекого зарубіжжя. Викладено сучасні тенденції формування світового ринку вуглецевих волокон. Відзначається, що, незважаючи на об'єктивні труднощі пострадянського періоду для розвитку ракетно-космічної техніки в Україні, на ДП «Південне» широко застосовуються сучасні полімерні композиційні матеріали, що дозволяють істотно підвищити масову і функціональну ефективність вітчизняної ракетно-космічної техніки.

Ключові слова: полімерні композиційні матеріали, ракетно-космічна техніка, масова і функціональна ефективність, вуглецеві волокна.

APPLICATION OF POLYMER COMPOSITES IN PRODUCTS ROCKET-SPACE AS RESERVE INCREASE ITS MASS AND FUNCTIONAL EFFICIENCY

V.A. Kovalenko, A.V. Kondratyev

A desk review of the application of polymer composite materials in products of rocket and space technology. Provided a brief chronology of the formation and development of composite products rocket and space technology in enterprises of the former Soviet Union and now Russia and Ukraine, as well as foreign countries. Presented modern trends shaping the global market of carbon fibers. It is noted that, despite the objective difficulties of the post-Soviet development of missile space technology in Ukraine, Yuzhnoye SDO is widely used modern polymer composite materials, which significantly increase the mass and the functional efficiency of the national rocket and space technology.

Key words: polymer composite materials, rocket and space technology, mass and functional efficiency, carbon fibers

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

Кондратьев 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.