



Уважаемые коллеги!

30 декабря 2021 года ФГУП «НПО «Техномаш» преобразовано в акционерное общество «Научно-производственное объединение «Техномаш» имени С.А. Афанасьева». Мы приобрели не только новый статус, но и взяли на себя новые обязательства – интенсифицировать научные исследования и разработки, провести комплексную программу импортозамещения отраслевых предприятий качественным инструментом российского производства, сформировать устойчивую основу для развития технического производства отрасли.

Особенно это важно сейчас, когда санкционное давление со стороны США, стран Евросоюза и некоторых других государств оказывает сильное воздействие на ракетно-космическую отрасль. Импортозамещение в части технологического обеспечения изготовления ракетно-космической техники должно стать ключевым направлением нашей деятельности.

На страницах журнала мы публикуем статьи на актуальные темы: передовые производственные технологии, специальные и уникальные технологическое оборудование и оснастка для производства изделий РКТ, технологии испытаний, неразрушающих методов контроля и промышленной чистоты в машиностроении, стандартизация, сертификация, качество и метрология и др.

Первый номер журнала 2022 года посвящен вопросам технологий заготовительного производства, сварки и механической обработки, технологического развития предприятий РКП, электронной паспортизации, качества и надежности и пр.

Рассмотрены возможность и преимущества применения современных роботизированных технологий лазерной сварки и резки для изготовления корпусов ракетной техники из тонколистовых металлов. Приведены сведения экспертизы технического проекта малого космического аппарата «Аист-2Т», предназначенного для дистанционного стереоскопического зондирования Земли, на предмет соответствия современным технологическим требованиям отрасли. Рассмотрены комплексные подходы по методологии сопровождения, реализации и информационного обеспечения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ и капитального строительства. Отмечается необходимость автоматизации данных процессов.

Важными являются вопросы качества и надежности изделий ракетно-космической техники. АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева» активно ведет работу по совершенствованию стандартизации отрасли. За Обществом как за головной научно-исследовательской организацией по технологиям создания ракетно-космической техники и метрологическому обеспечению закреплено ведение более 1400 документов по стандартизации, что составляет около 40% всего фонда Госкорпорации «Роскосмос». На сегодняшний день фонд стандартов Общества является самым большим в отрасли.

Вестник «НПО «Техномаш» открыт для учёных, научно-технических работников и специалистов предприятий ракетно-космической промышленности и профильных вузов.



Генеральный директор
АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева»

 А.М. Сорокин

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНОЛОГИИ ЗАГОТОВИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

<i>Вайцехович С.М.</i> Устройство прессования тонкостенных изделий из наноразмерного порошка	4
<i>Бецеков В.Г., Синякова Т.И., Бочаров Ю.А.</i> Спиральная симметрия – интегральный фактор реализации эффекта сферодинамики	9
<i>Бровко В.В., Боровский Г.В., Стариков А.П.</i> Новый технологический уклад и металлические материалы в корпусных конструкциях ракетной техники	13

СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ РКП

<i>Должанский Ю.М., Жарков Д.Е., Илингина А.В.</i> «Аист-2Т» – малый космический аппарат нового поколения для дистанционного стереоскопического зондирования Земли	23
<i>Кондратенко А.Н.</i> Вопросы методологии сопровождения, реализации и информационного обеспечения НИОКР, технологических работ и инвестиционных проектов	28

СПЕЦИАЛЬНЫЕ И УНИКАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ОСНАСТКА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ РКТ

<i>Пась О.В., Серков Н.А.</i> Исследование возможностей повышения точности механической обработки вафельного фона методами программной коррекции	43
--	----

ЭЛЕКТРОННАЯ ПАСПОРТИЗАЦИЯ

<i>Должанский Ю.М., Илингина А.В., Кочергин С.А., Кузин А.И.</i> «Информационный паспорт» – новый уровень исходной информации для формирования баз данных по технологиям и оборудованию ракетно-космической промышленности	54
--	----

СТАНДАРТИЗАЦИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ, КАЧЕСТВО И МЕТРОЛОГИЯ

<i>Рябчиков П.В., Тарасов В.В., Жуков В.В.</i> Вопросы качества и надёжности, реализуемые в рамках Программы стандартизации ракетно-космической техники	72
<i>Рябчиков П.В., Лобастов М.М., Шмелёва А.Н., Жуков В.В.</i> Надёжность материалов в теории надёжности	77
<i>Круглов И.А., Круглова Ю.В., Шмелева А.Н.</i> Концепция TQM (всеобщее управление на основе качества) – научный подход к процессам сертификации системы менеджмента качества	80
<i>Баранова Е.М., Коровин В.В., Сумбуров С.А.</i> Аспекты проведения внутреннего аудита системы менеджмента качества АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева	83

ЭКОНОМИКА МАШИНОСТРОЕНИЯ, ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

<i>Кондратенко А.Н.</i> Исследования вопросов выработки и производительности труда. Часть 2 (продолжение)	87
<i>Лукьянчик В.В., Николаев В.Д.</i> Концептуально-технические предложения по созданию автоматизированной информационной системы управления капитальным строительством	99



CONTENTS

BLANK PRODUCTION TECHNOLOGIES

<i>Vaitsekhovich S.M.</i> Device for pressing thin-walled nanoscale powder articles.....	4
<i>Beshchekov V.G., Siniakova T.I., Bocharov Iu.A.</i> Spiral symmetry is an integral factor in the spherodynamics effect realization.....	9
<i>Brovko V.V., Borovskii G.V., Starikov A.P.</i> New Technological Stack and Metallic Materials in Rocket equipment housing structures.....	13

MODERN REQUIREMENTS AND TECHNOLOGY DEVELOPMENT OF AEROSPACE ENTERPRISES

<i>Dolzhanskii Iu.M., Zharkov D.E., Ilingina A.V.</i> «Aist-2T» - small next-generation spacecraft for Earth Remote stereoscopic Sensing.....	23
<i>Kondratenko A.N.</i> Issues of support methodology, implementation and information support of research and development, technological work and investment projects.....	28

SPECIALIZED AND UNIQUE PROCESS EQUIPMENT AND FIXTURE FOR THE AEROSPACE PRODUCTS MANUFACTURING

<i>Pas O.V., Serkov N.A.</i> Study on possibilities to improve the accuracy of mechanical processing of orthogrid structure by program correction methods.....	43
--	----

CREATION OF ELECTRONIC DATA SHEETS

<i>Dolzhanskii Iu.M., Ilingina A.V., Kochergin S.A., Kuzin A.I.</i> «Information data sheet» - a new level of initial information для for the generation of databases on technologies and equipment of aerospace industry.....	54
--	----

STANDARDIZATION, CERTIFICATION, QUALITY AND METROLOGY

<i>Riabchikov P.V., Tarasov V.V., Zhukov V.V.</i> Quality and Reliability Issues Implemented under the Standardization Program for the Aerospace Equipment.....	72
<i>Riabchikov P.V., Lobastov M.M., Shmeleva A.N., Zhukov V.V.</i> Material Reliability in Reliability Theory.....	77
<i>Kruglov I.A., Kruglova Iu. V., Shmeleva A.N.</i> TQM (Total Quality Management) concept – a scientific approach to quality management system certification processes.....	80
<i>Baranova E.M., Korovin V.V., Sumburov S.A.</i> Aspects of carrying out an internal audit of the quality management system of JSC «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasev».....	83

ECONOMICS OF MECHANICAL ENGINEERING, PRODUCTION ARRANGEMENT

<i>Kondratenko A.N.</i> The study on the production output and labor productivity Part 2 (continuation).....	87
<i>Lukianchik V.V., Nikolaev V.D.</i> Conceptual and technical proposals for an automated information system for capital construction management.....	99

УДК 62.777:620.3

*Вайцехович С.М.
Vaitsekhovich S.M.*

Устройство прессования тонкостенных изделий из наноразмерного порошка

Device for pressing thin-walled nanoscale powder articles

Разработано устройство прессования периодических профилей из наноразмерных порошков, содержащее корпус с камерой прессования, снабжённый с одной стороны подвижным пуансоном, с противоположной стороны – валками, размещёнными с возможностью вращения на ползунках корпуса, при этом каждый ползун и удерживаемый валок снабжены двумя парами мотор-редукторов, одна из которых предназначена для перемещения ползун в горизонтальном направлении, а другая – для вращения валков, оснащённых гидроцилиндрами для поджима валков при прессовании.

We have developed a device for pressing periodic profiles of nanoscale powders containing a housing with a pressing chamber, equipped with a movable punch on the one side and the rolls on the opposite side, placed with the possibility of rotation on the housing sliders, and each slider and held roller are equipped with two pairs of motor-reducers, including one designed to move sliders in horizontal direction, and another for rotating rolls, equipped with hydraulic cylinders for pressing rolls.

Ключевые слова: устройство, прокатный стан, матрица, пуансон, ролик, валки, наноразмерные порошки, лента, полоса.

Keywords: device, piercing mill, die, punch, roller, rolls, nanoscale powders, tape, band.

Введение

Изделия, полученные методами прокатки в порошковой металлургии, можно разделить на пористые, электротехнические, конструкционные и высокотемпературные:

- пористые: фрикционные и антифрикционные материалы, фильтры;
- электротехнические: контактные и магнитные (магнитно-мягкие, магнитно-твердые магнитодиэлектрики) материалы;
- конструкционные: включают материалы, которые невозможно получить традиционными методами литья и механической обработки (твердые сплавы, медно-графитовые щетки, пористые материалы);
- высокотемпературные: тугоплавкие металлы и материалы на их основе, дисперсно-упрочненные, армированные волокнами, твердые соединения и керметы.

Методами порошковой металлургии получают изделия с физико-механическими, химическими и технологическими свойствами, с заданными значениями пористости (твердые сплавы, фрикционные материалы, изделия с повышенной

износостойкостью), которые невозможно получить традиционными методами литья и обработки металлов давлением (ОМД). Используя методы ОМД, формируют внешнюю форму заготовки под спекание будущего изделия. Одним из способов получения длинномерных тонких изделий (лент, полос, листов) является прокатка порошковой заготовки между валками, при этом актуальной задачей по совершенствованию технологии прокатки служит увеличение плотности и толщины лент. Для этого используют как горизонтальные прокатные станы, так и вертикальные.

Горизонтальная прокатка развивалась в направлении совершенствования кинематики движения и формы валков: валков одинаковых и различных диаметров, одним валком и рейкой, валком и внутренней поверхностью кольца. Однако горизонтальная прокатка не позволяет значительно увеличить толщину ленты, например от 1,45 до 1,83 мм [1]. Основная проблема – при увеличении толщины ленты одновременно уменьшается её плотность, что существенно ограничивает применение данного способа прокатки. Например,



при прокатке железного порошка марки ПЖ2М в валках с одновременным увеличением толщины ленты от 0,96 до 1,47 мм происходит уменьшение плотности ленты с 7,08 до 5,21 г/см³.

Широкое распространение получили устройства с вертикальной подачей порошка в зазор между валками. В этом случае имеется возможность проводить предварительную

подпрессовку порошковой заготовки внешней нагрузкой, а также за счет сил трения и гравитационного давления столба порошка [2]. Вертикальная прокатка лент из металлического порошка позволяет также одновременно увеличить плотность и толщину ленты за счёт размещения порошка в металлической или резиновой оболочке [3].

Разработка устройства для совмещения прессования с прокаткой

Ленты и листы из магния применяются для изготовления резервуаров для хранения нефтепродуктов и используются в качестве материала для обшивки облегченных конструкций летательных аппаратов, так как коэффициент конструкционной эффективности магниевой ленты в пределах 158 ($k_t = \frac{\sigma_a}{\rho}$), алюминиевой ленты – 157, а удельный вес магния в 1,55 раз меньше алюминия, где σ_a – предел прочности на растяжение, ρ – плотность. В результате вес летательных аппаратов уменьшается до 60%.

Основная проблема, возникающая при горячей прокатке лент, состоит в том, что получаемый разливкой в слитки расплав затвердевает с образованием крупных зерен и пор, структура содержит многочисленные ликвации и крупные выделения. Поэтому литые слитки подвергают гомогенизирующему отжигу с последующей горячей прокаткой в интервале температур 200–450°C и неоднократно нагревают, чтобы избежать растрескивания.

Традиционная технология получения полуфабриката горячей прокаткой включает прессование магниевых порошков в брикет и быстрое его охлаждение. Большие издержки производства связаны с расходами на персонал и оборудование. При этом деформирование полуфабриката имеет высокую трудоемкость и трудно управляемо [4].

В работе предложен способ получения горячекатаной магниевой ленты [5, 6], включающий установку в матричную полость камеры прессования порошковой заготовки толщиной не более 50 мм, горячую прокатку при начальной температуре не менее 250°C и не более 500°C до конечной толщины ленты не более 4 мм. Технический результат – получение магниевых лент с высокодеформированной структурой, улучшенными физико-механическими свойствами при меньших издержках производства.

Устройство для прокатки ленты (рис. 1) состоит из камеры прессования, образующей матричную полость 14 (рис. 1 в), в которой размещен пуансон 7 (рис. 1 в) для предварительного уплотнения порошковой заготовки с последующим её проталкиванием через валки 13 (рис. 1 а). Валки 13 управляются ползунами 11 (рис. 1 а) и имеют возможность перемещаться в проемах корпуса посредством штоков, управляемых гидроцилиндрами.

Валки 13 (рис. 1 а) могут одновременно симметрично и несимметрично перемещаться относительно оси матричной полости. При симметричном перемещении валков происходит одновременное их смещение от оси матричной полости в сторону сужения или увеличения просвета между ними, что формирует заданную толщину прокатываемой плоской полосы. При несинхронном перемещении валков относительно оси матричной полости получают изделия со сложной криволинейной поверхностью.

Устройство для прессования периодических профилей [6] состоит из верхней 1 и нижней 2 плит (рис. 1а, б), направляющей колонки 3, запрессованной в нижней плите 1, и направляющей втулки 4 (рис. 1 а), закрепленной в верхней плите 1, закрепленной к ползуну гидравлического пресса.

Рабочий ход верхней плиты ограничивается упором 5, контактирующим с торцевой поверхностью направляющей втулки 4. В верхней плите 1 посредством фланца 6 закреплен пуансон 7 (рис. 1а, в), опирающийся на двояковыпуклую линзообразную вставку 8, которая позволяет пуансону 7 сохранять строго вертикальное направление при смещении матрицы 9 в корпусе 10. Корпус 10 расположен на нижней плите 2, в корпусе имеются пазы, в которых размещены напротив друг друга два ползуна 11, удерживаемые

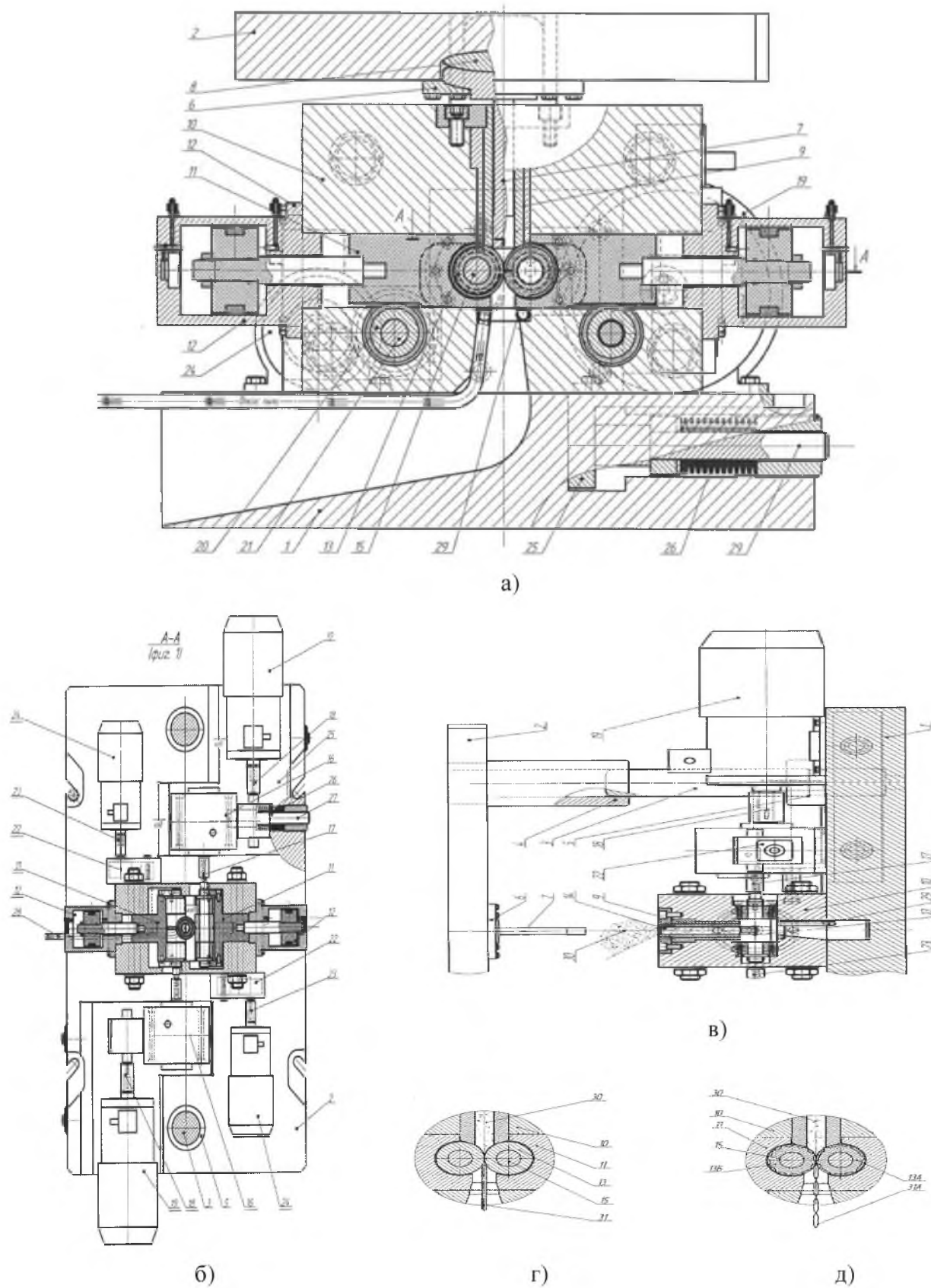


Рис. 1. Схема устройства для прессования периодических профилей: а) вид спереди; б) вид сверху; в) вид сбоку; г) пример получения полосы; д) пример получения периодических профилей



от выпадения из контейнера крышками гидравлических цилиндров 12. Ползуны оснащены валками 13, которые с матрицей 9 образуют закрытую матричную полость 14.

Валки 13 скреплены с осями 15, которые соединены с редуктором 16 муфтой 17 (рис. 1в), а через муфту 18 редуктор соединен с электродвигателем 19, что даёт возможность вращать валки 13 посредством привода. В нижней части каждого ползуна 11 имеется рейка, соединенная с зубчатым колесом 20, которое через ось 21, редуктор 22, муфту 23 соединено с электродвигателем 24. Данные приводы обеспечивают перемещение ползунов 11 перпендикулярно оси пуансона 7.

Устройство работает следующим образом

Порошковый материал 30 помещают в матричную полость 14. В исходном положении валки 13, прижатые друг к другу, создают замкнутое пространство матричной полости для предотвращения высыпания порошка.

Включают пресс и опускают пуансон 7, который входит в матричную полость 14 и уплотняет порошковую смесь до заданной плотности, прижимая ее к поверхности валков 13, и продавливает порошковую смесь между валками 13.

В свою очередь валки 13 поворачиваются вокруг своих осей, что приводит к боковому обжатию материала порошковой смеси. Таким образом формируется боковая поверхность прессовки, которой придается заданная форма в виде полос 31, таблеток 31А или шаров.

Ползуны 11 работают в соответствии с программой, обеспечивающей заданный профиль пресс-изделия. Валки 13, раздвигаясь, могут перемещаться на одинаковые расстояния синхронно и асинхронно (перемещение одного из ползунов

Редуктор 16 и электродвигатель 19 установлены на Г-образной платформе 25 и имеют возможность перемещения в горизонтальном направлении при перемещении ползунов 11. Г-образная платформа 25 снабжена пружиной 26, осью 27 и пробкой 28 – механизмом противодействия, удерживающим валки 13 в строго заданном положении и убирающим люфт в сцеплении рейки ползуна 11 с зубчатым колесом 20. В нижней части корпуса 10 расположен воздухозаборник 29. Матричная полость 14 предназначена для размещения порошковой смеси 30. Результатом прокатки, в зависимости от гравировки рабочей части валков 13, являются ленты 31 в виде плоских полос 31 (рис. 1г), таблетки 31А (рис. 1д) или брикеты шарообразной формы.

опережает перемещение другого). В процессе работы устройства ползуны 11, а вместе с ними и валки 13, имеют возможность возвратно-поступательного перемещения.

При разводе валков 13 электродвигатель 24 через муфту 23 и редуктор 24 перемещает ползун 11 в сторону от вертикальной, центральной оси устройства, при этом электродвигатель 19, муфта 18 и редуктор 16, установленные на Г-образной платформе 25, синхронно перемещаются на то же расстояние. В этом случае пружина 26 осуществляет противодействие, убирает люфт между рейкой ползуна 11 и зубчатым колесом 20.

Валки являются инструментом, формообразующим порошковую заготовку в детали различной конфигурации и имеют разнообразную поверхность: валки для прокатки полосы или периодических профилей имеют плоскую форму 13 (рис. 1г), валки 13А – форму таблеток, валки 13Б (рис. 1д) – форму шаров.

Выводы

Разработано устройство для прессования полос для штамповки плоских деталей, лент для обшивки летательных аппаратов, периодических профилей в качестве полуфабрикатов для получения деталей методами механической обработки, а также брикетов в виде таблеток или

шаров из наноразмерных порошков для модифицирования расплавов. Магниева горячекатаная лента, полученная методом проталкивания через подвижные валки, характеризуется сверхпластичными свойствами – высоким пределом прочности и повышенной вязкостью в направлении прокатки.

Библиографический список

1. Каташинский В. П. и др. Влияние фактора фигурации зоны деформации на формование порошкового проката // Порошковая металлургия. – 1976. – № 3. – С. 31–35.
2. Виноградов Г. А. Прокатка металлических порошков // Металлургия, 1969. – 256 с.
3. Аксенов Г. И., Ревякин В. П. Исследование интенсификации прокатки металлических порошков // Порошковая металлургия. – 1969. – № 3. – С. 32–37.
4. Альтман М.Б. и др. Магниеые сплавы. Справочник, т.2. – М: Металлургия, 1978. – С. 149–156.
5. Патент на изобретение № 1 435 399 РФ МПК⁷ В22F 3/02, В29D/00 Устройство для изготовления периодических профилей / Вайцехович С.М., Мишулин А.А., Кужель А.Е. (RU). № 4086590/23-02; от 11.07.1986; опубл. 07.11.1988 Бюл. № 41.
6. Патент на полезную модель № 160 348 РФ МПК⁷ В22 F 3/18, В82Y 30/00 Устройство для прессования периодических профилей / Вайцехович С.М., Кужель А.С, Михалевич В.М. (UA). №2001546587/02; опубл. 20.03.2016 Бюл. №8.

Вайцехович Сергей Михайлович – канд. техн. наук, старший научный сотрудник, главный научный сотрудник АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева».

Тел.: 8(495) 689-95-87. E-mail: ask-mlad@mail.ru

Vaitsekhovich Sergei Mikhailovich – Ph.D. in Engineering Sciences, Senior Research Officer, Principal Research Officer of JSC «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasev».

Tel.: 8(495) 689-95-87. E-mail: ask-mlad@mail.ru



УДК 534.16

Бецкеков В.Г., Синякова Т.И., Бочаров Ю.А.
Beshchekov V.G., Siniakova T.I., Bocharov Yu.A.

Спиральная симметрия – интегральный фактор реализации эффекта сферодинамики

Spiral symmetry is an integral factor in the spherodynamics effect realization

Проведены теоретические исследования анализа причинно-следственной обусловленности геометрии внесения силового возмущения в материальную среду и геометрии её реактивного отклика в условиях проявления эффекта сферодинамики. Выявлены признаки проявления спиральной симметрии в материальном пространстве реализации эффекта.

Theoretical studies have been carried out to analyze the cause-and-effect relationship between the geometry of force perturbation input into the material medium and the geometry of its reactive response under the conditions of the spherodynamics effect. Features of spiral symmetry manifestation in the material space of the effect realization are revealed.

Ключевые слова: сферодинамика, спираль Баушингера, спиральная симметрия, группы Галуа.

Keywords: spherodyne, Bauschinger's spiral, spiral symmetry, Galois groups.

Введение

Эффект сферодинамики (далее – эффект) состоит в том, что при циклическом воздействии силового импульса от инструмента (пуансона) на заготовку, размещённую на опоре (сферодина), свободно установленной на платформе (выталкивателе), сферодина, спонтанно (без внешнего воздействия), переходит в состояние бесприводного источника реактивных пульсаций, временно нарушает своё первоначальное гравитационное взаимодействие с выталкивателем, т.е. левитирует и определённое время самостоятельно обрабатывает заготовку [1].

Эффект открыт при решении проблемы сферодвижной обкатки заготовок [2], заключающейся в повторяющемся нарушении сплошности (растрескивании) материалов:

- заготовки со стороны пуансона, вследствие возникновения разнорысотной «волнистости» материала на входе в очаг деформации, что обусловило возникновение в нём асимметрии деформации и аномальных растягивающих напряжений;

- выталкивателя со стороны заготовки, вследствие проникновения асимметрии деформации очага пуансона и последующем формировании асимметрии упрочнения материала заготовки в зоне её контакта с выталкивателем.

Проведённые лабораторные испытания установили, что основной причиной нарушения сплошности материалов заготовки и выталкивателя явилось неравномерное поступление материала заготовки в очаг деформации пуансона из-за неконтролируемого упрочнения материала заготовки по ходу процесса, обуславливающее изменение соотношения упругих и пластических свойств материала полуфабриката в очаге деформации.

В результате наблюдалось изменение геометрии очага деформации (его симметрии) в виде нарушения сплошности зон контакта пуансона и заготовки, что повлекло к формированию критических растягивающих напряжений в локальных зонах заготовки и выталкивателя.

В результате проведённого комплекса теоретических исследований по установлению методов оптимизации соотношения полей напряжений и деформаций в материалах заготовки и её опоры при локальных способах деформирования [3] выбраны два пути решения рассматриваемой проблемы:

- выполнение криволинейной рабочей поверхности пуансона;
- выполнение составной опоры (выталкивателя) с профилированной (криволинейной)



поверхностью верхней его части со стороны заготовки.

Ключевым моментом реализации намеченных путей решения проблемы стал выбор единой геометрии криволинейности рабочей поверхности пуансона и верхней части выталкивателя (сферодина) в форме логарифмической спирали Бернулли с шагом роста, находящемся в пределах диапазона изменения высотной степени деформации материала заготовки в условиях реализации эффекта Баушингера [4] («Запоминание материалом истории его нагружения»). Вначале эту спираль обозначили, как спираль Баушингера, а позднее назвали сфероспиралью.

Добавление сферодвижной системе пластического деформирования конструктивного признака в виде сфероспирали явилось стратегическим прорывом в развитии такого фундаментального направления физики твёрдого деформируемого тела, как «внесение и развитие возмущения в материальной среде», поскольку это обусловило формирование в системе принципиально нового комплекса физических свойств, обеспечивающих возникновение и реализацию феномена левитирования сферодина.

Сфероспираль обладает особыми свойствами, которые складываются из уникальных свойств логарифмических спиралей и геометрических признаков реализации эффекта Баушингера и заключаются в следующем:

- основным свойством логарифмической спирали (ЛС) является самоподобие этой спирали, когда изменение масштаба спирали даёт такой же результат, что и вращение спирали как целого, т.е. получаем ту же спираль, но в другом масштабе;
- из этого свойства ЛС следует, что спираль пересекает полярные радиусы всех своих точек под одним и тем же углом, что в условиях сфероспирали обеспечивает равномерное поступление материала заготовки в очаги деформации со стороны пуансона и сферодина;
- самоподобие ЛС определило такое уникальное свойство сфероспирали, как «цепляемость» – взаимный реверсивный переход спиралеобразных возмущений с различными шагами роста при их взаимодействии в материальной среде;
- возмущение с геометрией ЛС, внесённое в одну среду, формирует два реактивных спи-

ралеобразных возмущения внутри и вне ЛС, выходящих за пределы первоначальной среды и развивающихся в соседних средах – т.н. «проникаемость» ЛС;

- возмущение с геометрией ЛС, обладает низким энергетическим барьером начала взаимодействия с окружающей средой, что позволяет возмущению аккумулировать («наматывать») энергию, рассеянную в среде от предыдущих возмущений – т.н. «наматывание» ЛС;

- внесение в среду возмущения с геометрией ЛС и шагом роста в геометрическом диапазоне реализации эффекта Баушингера для данной среды обеспечивает регламентированное «запоминание» (геометрическое) истории внесения возмущения и энергетическое взаимодействие с ним последующих возмущений с геометрией ЛС – т.н. «энергообмен» ЛС;

- возмущение с геометрией ЛС обладает свойством «самоускорения» при распространении в среде, что является геометрической основой вихревого движения материи и в т.ч. в состоянии её детерминированного хаоса [5] – т.н. «самоускорение» ЛС;

- вносимые пуансоном и сферодином в материал заготовки возмущение с геометрией сфероспирали в виде спиральных «шнуров» соответственно определяют геометрию распространения внутреннего времени в деформируемом материале, а потому встреча «шнуров» внутреннего времени создаёт коллапс взаимодействия, который формирует новый сферодинамический пространственно-временной континуум, следствием которого является левитирование сферодина.

Вышеприведённые свойства сфероспирали придают сферосистеме новый комплекс одновременно существующих функциональных характеристик:

синергетическая система – самоорганизованная система, обладающая возможностью перехода от порядка к хаосу (в т.ч. детерминированному) и обратно, потенциально обладающая всем комплексом вариантов своего развития во времени и пространстве;

стохастическая система – система, характер поведения которой во времени точно предсказать невозможно, а потому она приобретает свойства системы вероятностного поведения, склонной



к возникновению в ней детерминированного хаоса; топологическая система – система, свойства которой неизменны при любых непрерывных преобразованиях, что является следствием постоянного присутствия в сферосистеме и её поведение такого геометрического признака, как сфероспираль;

эргодическая система – система, каждая точка которой в процессе движения системы проходит с определённой правильностью (порядком) вблизи любой другой её точки, что также определено геометрией сфероспирали.

Таким образом, после выявления комплекса свойств сфероспирали и установления функциональных возможностей, которые сфероспираль сообщила сферосистеме, необходимо определить общую картину динамики развития многоуровневой спиральности как фактора проявления фундаментального свойства материального мира – спиральной симметрии с геометрией спиральной фрактальности.

Интегральный спиральный фрактал эффекта сферодинамики как разномасштабное повторение одного и того же геометрического элемента можно представить в виде развития сфероспирали с многоуровневым масштабированием в пространстве сферосистемы по трём средам: «жидкость – твёрдое тело – газ» и образованием фрактального «дерева сферодинамики», являющегося развитием классического фрактального «дерева Пифагора» [6], базирующегося на геометрии логарифмической спирали.

Установленное к настоящему времени фрактальное «дерево сферодинамики» как следствие развития сфероспирали при реализации эффекта в сфероспирали схематично можно представить в следующем виде:

I уровень: пуансон – сферодин – жидкости сферодина и резонатора – постоянные магниты сферодина – выталкиватель;

II уровень: степень деформации за один оборот пуансона – реология деформации со стороны

сферодина – активные «шнуры» ротационной пластичности от пуансона – реактивные «шнуры» ротационной пластичности от сферодина – структурное состояние материала заготовки (динамика изменения размера матричного зерна, спиральной текстурой компоненты, винтовых дислокаций);

III уровень:

– спиральные «шнуры» активного внутреннего времени от пуансона;

– спиральные «шнуры» реактивного внутреннего времени от сферодина;

– гамма спиральных случайных полей;

– сферодинамический пространственно-временной континуум;

– левитирование сферодина.

Установление уровней фрактального «дерева сферодинамики» позволило при оценке значимости спиральной симметрии в реализации эффекта сферодинамики перейти к такому фундаментальному понятию физики, как теория групп Галуа [7].

Теория Галуа – это наука о структурах и методах исчисления симметрий как специального вида преобразований, позволяющих определить симметричность геометрической фигуры в виде совокупности всех преобразований пространства. Таким образом, теория Галуа формирует математический язык описания симметрии.

Из этой теории следует, что симметрия является отражением фундаментальной закономерности природы, а потому широкий спектр существования симметрии в окружающем мире обуславливает взаимосвязь физических явлений на различных уровнях материального мира.

Применительно к эффекту сферодинамики теория Галуа чётко определяет правомерность перехода форм спиральной симметрии системы пластического деформирования твёрдого тела к пространственно-временным категориям как следствие единой природы спиральной симметрии материального мира, охватывающей все проявления.

Выводы

Установлена определяющая функциональная роль сфероспирали при реализации эффекта сферодинамики.

Выявлена преемственность спиральной симметрии фундаментальному принципу симметрии теории Галуа.

Библиографический список

1. Бещеков В.Г. Сферодинамика т. 1. – М.: Научный мир, 2018. – 499 с.
2. Агеев Н.М. Штамповка обкатывание. – М.: Наука, 1986. – 206 с.
3. Пресняков А.А. Локализация пластической деформации. – М.: Наука, 1979. – 81 с.
4. Хоникомб Р. Пластическая деформация металлов. – М.: Наука, 1963. – 112 с.
5. Пригожин И.А. Теория вихрей. – М.: Наука, 1988. – 425 с.
6. Морозов А.Д. Введение в теорию фракталов. – М.: Ижевск, 2002. – 155 с.
7. Курош А.Г. Теория групп. – М.: Наука, 1967. – 22 с.

Бещеков Владимир Глебович – докт. техн. наук, главный научный сотрудник АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева».

Тел.: 8(495)689-95-10. E-mail: 130-110@tmnpo.ru
Beshchekov Vladimir Glebovich – Doktor Nauk in Engineering, Principal Research Officer of JSC «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasev».

Tel.: 8(495)689-95-10. E-mail: 130-110@tmnpo.ru

Бочаров Юрий Андреевич – инженер-технолог 1 категории АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева».

Тел.: 8(495)689-95-10. E-mail: 130-110@tmnpo.ru
Bocharov Iurii Andreevich – Category 1 Process Engineer of JSC «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasev».

Tel.: 8(495)689-95-10. E-mail: 130-110@tmnpo.ru

Синякова Татьяна Ивановна – инженер-технолог 1 категории АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева».

Тел.: 8(495)689-95-10. E-mail: 130-110@tmnpo.ru
Siniakova Tatiana Ivanovna – Category 1 Process Engineer of JSC «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasev».

Tel.: 8(495)689-95-10. E-mail: 130-110@tmnpo.ru



УДК 621.78

Бровко В.В., Боровский Г.В., Стариков А.П.
Brovko V.V., Borovskii G.V., Starikov A.P.

Новый технологический уклад и металлические материалы в корпусных конструкциях ракетной техники

New Technological Stack and Metallic Materials in Rocket equipment housing Structures

Рассмотрена возможность и преимущества применения современных роботизированных технологий лазерной сварки и резки для изготовления корпусов ракетной техники из тонколистовых металлов. Объемные сварные тонкостенные конструкции из титановых сплавов или аустенитных коррозионностойких сталей предложены в качестве эффективной замены традиционных конструкций вафельного фона из алюминиевых сплавов.

The possibility and advantages of using modern robotic laser welding and cutting technologies for manufacturing rocket housing from thin sheet metal are considered. Volumetric welded thin-walled structures made of titanium alloys or austenitic stainless steels are proposed as an effective replacement for traditional orthogrid structures made of aluminum alloys.

Ключевые слова: корпуса ракетной техники, роботизированная лазерная сварка и резка, алюминиевые сплавы, титановые сплавы, аустенитная коррозионностойкая сталь.

Keywords: Rocket equipment housing, robotic laser welding and cutting, aluminium alloys, titanium alloys, austenitic stainless steel.

С началом космической эры прогрессивным решением при изготовлении корпусов ракетной техники являлось применение алюминиевых сплавов. Их постоянное совершенствование, хотя и дает определенный эффект, фактически отражает экстенсивный путь развития. При этом легирование Al-сплавов даже литием, не говоря уже о скандии, ведет к резкому удорожанию сплава. Интенсивный путь развития ракетного материаловедения сегодня основан на применении новых материалов, в первую очередь углеродного волокна, но удельная цена углеродного волокна в изделии достигает неприемлемой величины \$ 200 за кг. Однако после полувекового перерыва новый технологический уклад дает возможность вернуться к применению коррозионностойкой стали с учетом, прежде всего, стоимости различных материалов именно в разрезе современных технологий, которых не было в период становления космического ракетостроения и которые позволяют реализовать оригинальные решения конструкторов.

Новый технологический уклад связан с развитием искусственного интеллекта, лазеров и роботов. Появление волоконных лазеров совершило революцию в интеграции лазера и робота с большим числом степеней свободы и быстродействующей системой управления. Такая интеграция принципиально позволяет совершать построение сложных объемных конструкций любой формы на основе относительно мелких системных элементов. Таким образом, новый технологический уклад позволяет с высокой производительностью строить легкие и прочные силовые решётчатые конструкции, опираясь на процессы высокопроизводительной роботизированной лазерной резки и сварки. При этом к материалу для изготовления сварных решётчатых форм, помимо собственно эксплуатационных характеристик материала, предъявляется особое требование хорошей свариваемости методом лазерной сварки.

Как показала практика, применение высокопрочных алюминиевых сплавов в сварных конструкциях, выполняемых сваркой плавления



нием, ограничено как сложностью подготовки к сварке плавлением, так и низким коэффициентом прочности сварного шва с высокой вероятностью дефектов. К тому же, несмотря на низкий удельный вес, существенным недостатком алюминиевых сплавов являются относительно низкая прочность, жаростойкость и жаропрочность. В результате возможности снижения

массы конструкций из Al-сплавов практически исчерпаны.

С точки зрения наличия высоких термомеханических свойств и прекрасной свариваемости сваркой плавлением представляет интерес рассмотрение для новых конструкций и технологий коррозионностойких аустенитных сталей и титановых сплавов.

Аустенитная коррозионностойкая сталь

При совместном введении хрома (от 15 %) и никеля (более 8%) в матрицу железа во вновь полученном аустенитном сплаве сохраняется гранцентрированная кристаллическая (ГЦК) решётка вплоть до криогенных температур [1]. Обычные стали – это объёмцентрированная кристаллическая (ОЦК) решетка, появляющаяся при охлаждении стали с ГЦК решёткой (высокотемпературное состояние углеродистой стали) до температуры 727°C (перлитная сталь). В аустенитной стали высокотемпературное состояние (ГЦК решётка) всегда сохраняется при охлаждении.

Уникальные свойства ГЦК решетки заключаются в её способности растворять вводимые легирующие примеси, что в том числе способствует сохранению у стали высокой пластичности (зачастую 55-60% относительного удлинения). Отсюда очень высокая деформируемость стали и стойкость к растрескиванию. Сталь хорошо сваривается в широком диапазоне сочетания легирующих элементов [2]. Аустенитные стали способны почти неограниченно эксплуатироваться при температуре до 700°C и кратковременно в течение нескольких часов при 850°C. Жаропрочность и жаростойкость могут быть дополнительно повышены за счет легирования. Модуль упругости у стали примерно в три раза превышает модуль упругости алюминиевых сплавов. Теплопроводность аустенитной стали почти в три раза ниже, чем у обычной стали и на порядок ниже, чем у сплавов алюминия, что является преимуществом при проектировании тепловой защиты ракетной техники.

Недостатком аустенитной стали считается относительно низкий предел текучести для базового состава стали: железо-хром(18%)-никель(10%), однако данный недостаток нивелируется повышением прочности при криогенных температурах. Способами повышения предела текучести аустенитной стали являются: нагартовка и/или легирование. Огромным преимуществом аустенитных сталей является их высокая жаропрочность и жаростойкость. Применение аустенитной стали на возвращаемых ступенях позволяет избежать аварийных ситуаций с баками из-за воздействия горячих газов при посадке, сохранив тем самым всю конструкцию с дорогостоящими двигателями. С применением аустенитной стали может быть изменена и компоновка ракеты в целом в связи с возможностью увеличения термической нагрузки на стенку.

В США этот класс сталей согласно AISI относится к 3 классу и представлен целым набором сталей (AISI 301, AISI 304, AISI 308, AISI 309, AISI 316 и т.д.). Отечественной классикой является сталь 12X18H10T. В российском ракетном двигателестроении нашла применение коррозионностойкая аустенитно-мартенситная сталь, например ВНЛ-1 (08X14H7МЛ), удачно сочетающая в себе высокую прочность и криогенную стойкость. Этот класс сталей прекрасно может быть адаптирован под улучшение отдельных характеристик и свойств путем варьирования состава сплава.

Титановые сплавы

Принципиально титан относится к тугоплавким материалам, но его химическое родство с газами воздуха существенно ограничивает его стойкость в атмосфере Земли, обычно это не выше

350°C. Несомненным преимуществом перед коррозионностойкой сталью является его удельный вес (4,5 г/см³ в сравнении с 7,8 г/см³ для стали), но титановые сплавы в три-четыре раза дороже



высоколегированной коррозионностойкой стали. Прочностные характеристики титановых сплавов практически не уступают прочностным характеристикам коррозионностойкой стали. Прочность титановых сплавов повышается путем легирования, но самые высокопрочные титановые сплавы уже ограничены по пластичности и свариваемости, при этом они становятся склонными к закалке. Выбор конкретной марки титанового сплава должен обеспечивать достаточно высокие характеристики механических свойств и свариваемости.

Среди отечественных сплавов наиболее технологичными являются так называемые α -сплавы и псевдо- α -сплавы. К одним из лучших сплавов этой группы можно отнести известный сплав ОТ4, предел прочности листов которого – 685–885 МПа, относительное удлинение – 12–20% (20% для листа толщиной не более 1 мм и 15% для листа толщиной до 1,8 мм).

В качестве материала корпусных конструкций также могут быть опробованы более

прочные $\alpha+\delta$ -сплавы, характеризующиеся ещё большей прочностью, но уступающие ОТ4 по пластичности, свариваемости и проявляющие склонность к закалке. В настоящее время при производстве титановых штамповсварных шаробаллонов нашли применение $\alpha+\delta$ -сплавы ВТ6 и ВТ14, предел прочности листов из которых в отожженном состоянии – 885-1050 МПа, относительное удлинение – не менее 8%.

Применение методов специальной металлургии при производстве листового проката способно значительно сузить установленный ГОСТ 22178-76 диапазон свойств листового проката титановых сплавов и оптимизировать конструкции, исходя из более точного задания механических свойств листового проката.

Интегрированные характеристики показателей применимости различных материалов в корпусных конструкциях ракетной техники приведены в табл. 1.

Таблица 1. Оценочные показатели применения корпусных материалов

Наименование материала	Удельный вес, г/см ³	Жаропрочность, °С	Коэффициент использования материала (КИМ)	Стоимость листа, доллар/кг	Механические характеристики	
					σ_s , МПа	δ , %
Высокопрочные алюминиевые сплавы	2,8	200	0,20	15-30	400-450	6-8
Титановые сплавы	4,5	350 (при контакте с газами воздуха)	0,85	20-40	700-1000	8-12
Аустенитные коррозионностойкие стали	7,8	700	0,85	10-15	700-1000	20-40

Примечание: конечные значения стоимости и механических характеристик будут уточнены в ходе научно-исследовательской работы.

Современные технологические предпосылки для рассмотрения коррозионностойких аустенитных сталей в качестве корпусного материала ракетной техники

Современные цифровые технологии – автоматизированная лазерная резка и сварка, цифровые методы проектирования и роботизация лазерных процессов – позволяют достичь абсолютно новых тактико-технических характеристик конструкций. То, что ранее представляло собой весьма сложную технологическую задачу (вырезка листовых заготовок сложной формы, приварка многочисленных однотипных элементов на поверхности большой площади) в настоящее время легко реализуется с применением лазерной резки, сварки и роботов [3], а также оптических систем контроля геометрии. Применение аустенитной стали в силу её пластичности открывает широкие возможности для формообразования листовых заготовок в объёмные элементы путем различных видов вытяжки (деформирования).

В настоящее время современные роботизированные сварочные комплексы обеспечивают непрерывную лазерную сварку автомобильных кузовов ведущих автопроизводителей (рис. 1). Интеграция многозвенного робота с мощным технологическим лазером стала возможной

с появлением волоконной оптики и определила облик нового технологического уклада при производстве объёмных листовых конструкций. В автомобильной промышленности сварка листового металла толщиной 0,6–0,8 мм проводится встык на весу, при этом швы имеют сложную пространственную ориентацию. Протяженность непрерывных сварных швов, выполненных одним роботом, достигает нескольких сот метров в течение одного часа работы. Кузовные швы автомобилей, выполненные лазерной сваркой, прекрасно зарекомендовали себя в условиях многоциклового нагружения, характерного для эксплуатации автомобильной техники.

Сила поверхностного натяжения расплава аустенитной коррозионностойкой стали несколько выше, чем у низколегированной стали (материал кузовов автомобилей), что могло бы ухудшить формирование сварочной ванны, однако концентрированный источник нагрева (лазерный луч) и более низкая теплопроводность аустенитной стали нивелируют этот недостаток. Лазерная



Рис. 1. Роботизированная лазерная сварка кузова автомобиля



сварка в настоящее время успешно используется для сварки сильфонов из коррозионностойкой стали. Следует обязательно учесть, что большинство неметаллических примесей в стали, в том числе кислород, повышают силу поверхностного натяжения (содержание кислорода в выплавленной в вакууме стали минимально). Сталь вакуумного передела не склонна к образованию пор при сварке, поскольку содержание в ней растворенных газов незначительно. Так, содержание растворенных газов в стали вакуумной выплавки на несколько порядков ниже, чем в сталях той же марки, полученных открытой выплавкой. Аустенитная коррозионностойкая сталь, именно вакуумного передела, наилучшим образом подходит для лазерной сварки.

Титановые сплавы более подходят для лазерной сварки. Они сочетают в себе низкую теплопроводность и низкое поверхностное натяжение жидкого металла, что существенно упрощает формирование сварных швов. Однако только при наличии газовой защиты в месте сварки титановые сплавы практически не склонны к образованию пор в сварных швах.

Сочетание технологий объемного формования, обеспеченного высокой пластичностью аустенитных сталей, и современной технологии роботизированной лазерной сварки

позволяет получать очень легкие и прочные корпусные конструкции. При этом конструкция сварных швов приварки ребер может быть такой, чтобы обеспечивать не полное проплавление внутренней герметичной стенки. Практически аустенитная сталь является надлежащим материалом для изготовления «сэндвича» (рис. 2) из сотовых конструкций в виде двух параллельных герметичных стенок с расположением между ними сотовых элементов. Схематично конструкция представлена на рис. 2. Особенностью технологии может быть приварка решетки к внутренней стенке угловым швом без полного проплавления (прожога) внутренней стенки. Внешняя стенка может быть как герметичного, так и негерметичного исполнения; в последнем случае приварка к внутренней решетке может осуществляться через специальные технологические отверстия.

Технологической особенностью приварки ребер к внутренней герметичной стенке является выполнение сварного шва без полного проплавления стенки, что позволяет сохранить структуру проката, ориентированного вдоль поверхности стенки, и тем самым гарантировать герметичность конструкции, содержащей огромное количество сварных швов (рис. 3).

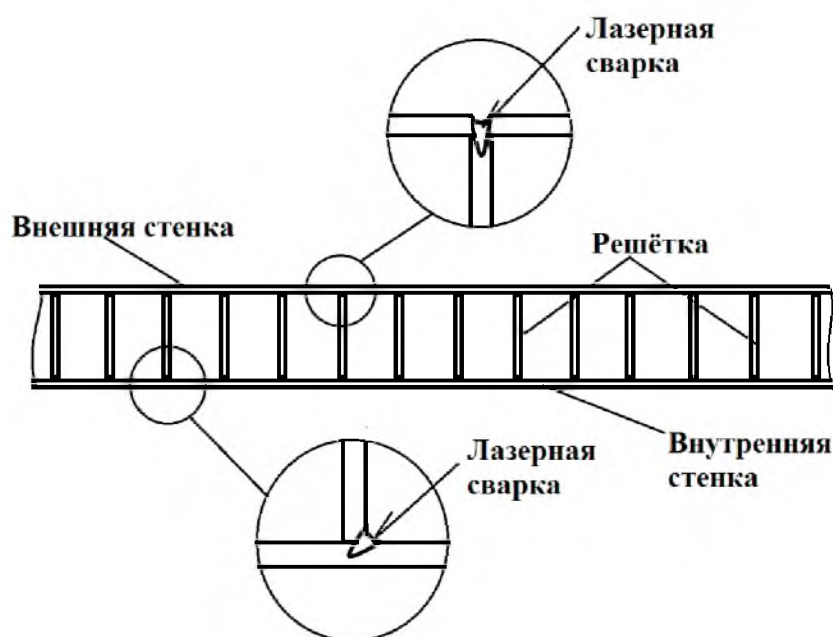


Рис.2. Сварная конструкция

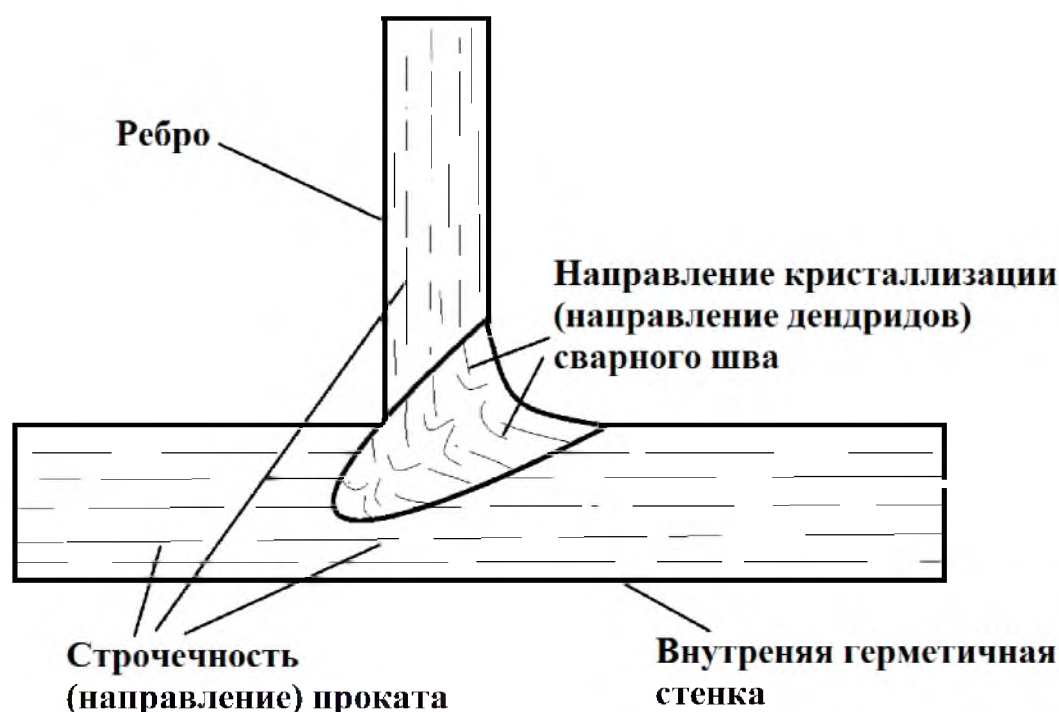


Рис. 3. Проектная текстура сварных швов в месте приварки ребер к герметичной внутренней стенке

Выполнение сварных швов с неполным проваром позволит эффективно применить в качестве материала внутренней стенки высокопрочную нагартованную сталь с 15–20% остаточной деформацией. Аустенитная сталь с остаточной холодной деформацией до 20% успешно используется в сварных конструкциях активных зон атомных реакторов практически с 70-х годов прошлого столетия и характеризуется высокими показателями свариваемости (например, сталь для оболочек тепловыделяющих элементов ЭП-172х.д.). Предлагаемый подход к проектированию сварных швов приварки ребер к внутренней герметичной стенке актуален и для других конструкций с применением листовой аустенитной стали и/или титановых сплавов. В случае титанового сплава отсутствие полного проплавления внутренней стенки гарантирует отсутствие прямого контакта жидкого металла в корне шва с газами воздуха.

Применение титановых сплавов в сварной конструкции с одной стороны более требовательно к защите жидкого металла сварочной ванны от взаимодействия с газами воздуха, что требует более качественного обдува места

сварки инертным газом. С другой стороны, сплавы на основе титана обладают низким значением силы поверхностного натяжения жидкого металла, что существенно облегчает получение сварных швов на тонком металле. Сварные швы на титановых сплавах, выполненные сваркой плавлением, характеризуются отсутствием наплывов и чешуйчатости швов, опасность прожогов сильно снижается, кромки хорошо сплавляются в общую ванну благодаря высокой текучести жидкого металла титановых сплавов.

В качестве варианта «сэндвича» может быть рассмотрена конструкция с единичными элементами, собираемыми в следующем порядке: на герметичную внутреннюю тонкостенную оболочечную конструкцию с внешней стороны устанавливаются и фиксируются (обвариваются) сварным швом отдельные элементы (в форме чашек, скоб и т.д.), как показано на рис. 4а. На следующем этапе накладывается внешний тонколистовой чехол и сквозь стенку осуществляется приварка его к внутренним элементам «сэндвича» (рис. 4б). Внешние листовые элементы дополнительно свариваются между собой на заключительном этапе.



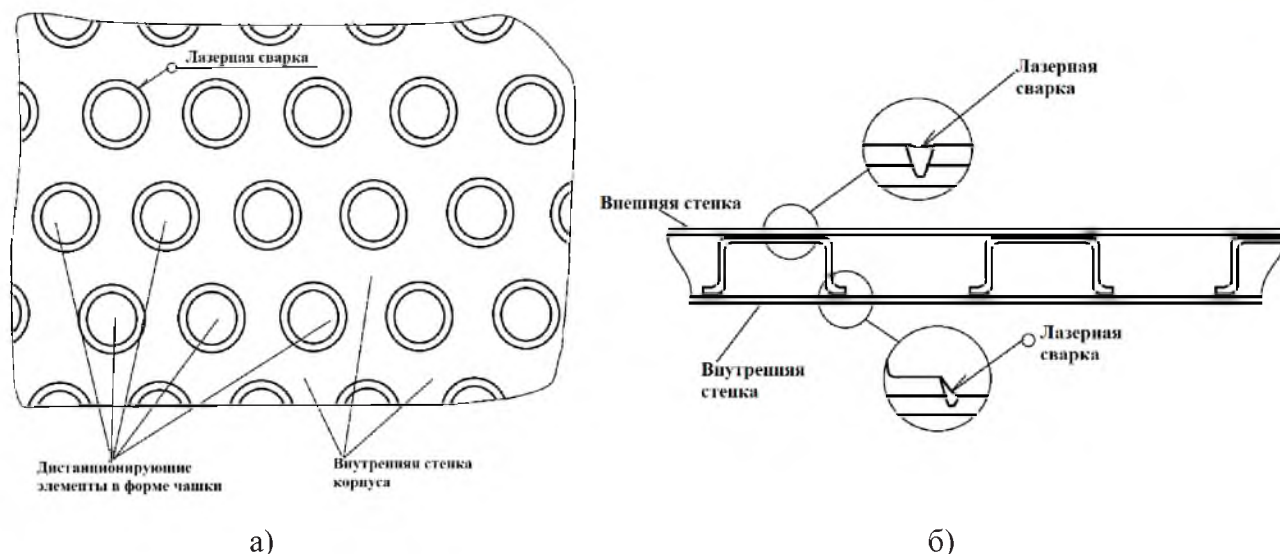


Рис. 4. Внутренние элементы в форме чашки, приваренные к внутренней стенке корпуса

Другим вариантом может быть изготовление гофрированной тонкостенной обечайки (корпуса), укрепленной в осевом направлении вваренными с помощью лазерной сварки элементами. Пример такой конструкции приведен на рис. 5. Форма укрепляющих элементов (ребер) и места их приварки могут быть различными. Приварка ребер может быть выполнена с достаточно большим

шагом. В ходе оптимизации конструкции могут быть отработаны и радиусы переходов.

Ещё один вариант – сварной вафельный фон (рис. 6а). Принципиально вафельный фон может быть двойным (рис. 6б) и более. В сварном вафельном фоне дополнительно могут сочетаться ребра разной высоты и толщины, что позволит использовать более тонкую стенку.

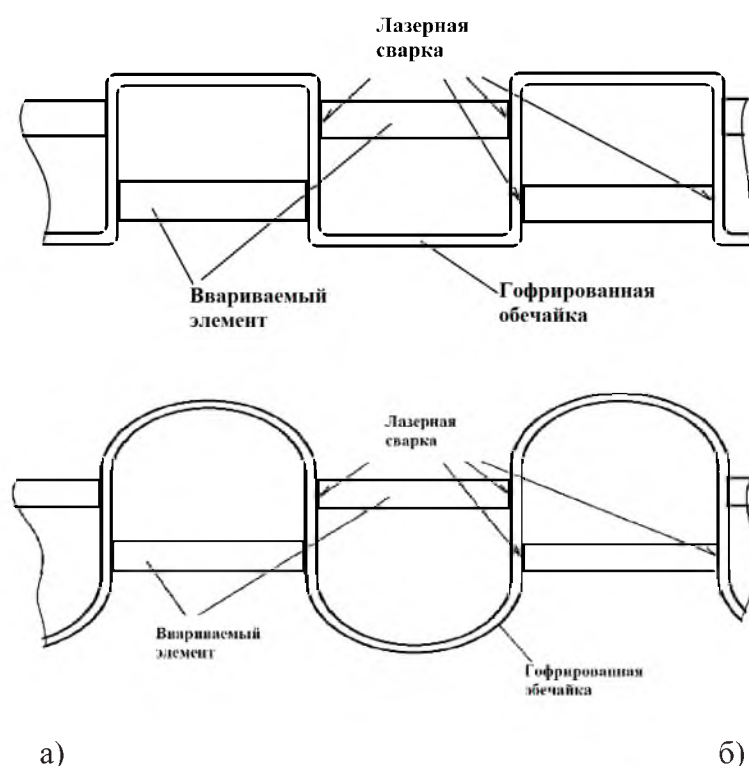


Рис. 5. Гофрированная обечайка, укрепленная в осевом направлении ввариваемыми элементами (разные варианты профиля)

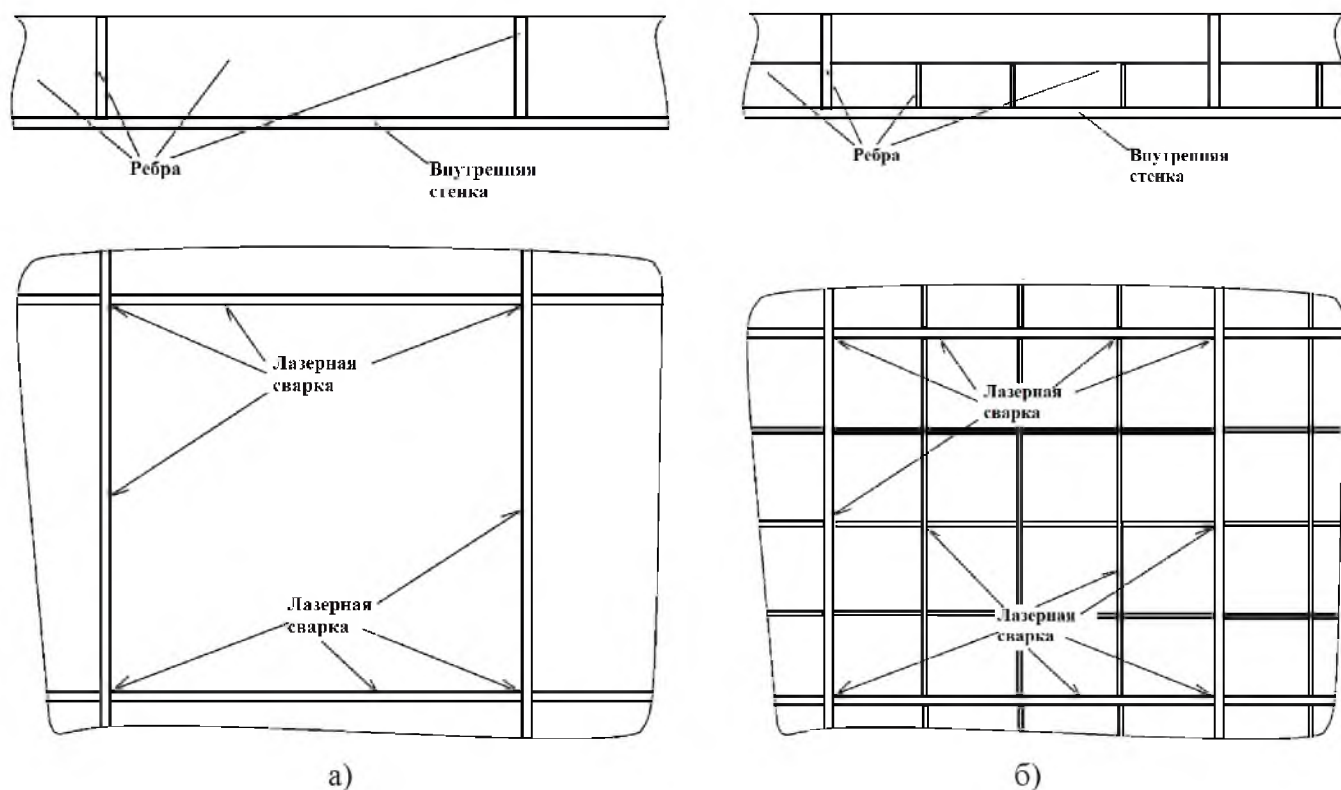


Рис. 6. Сварная конструкция вафельного фона

Сварной вафельный фон позволяет вполне свободно использовать тонкие высокие ребра как минимум из расчета устойчивости плоской стенки. Высота ребра может достигать 10 толщин, а при наличии внешней стенки (сэндвич) и 20 толщин. Принципиально в конструкции корпуса бака, выполненного с помощью лазерной сварки, возможно применение плоского проката аустенитной стали толщиной от 1 мм, в том числе для стыковых сварных швов, что не связано с опасностью появления прожогов. Для элементов типа чашка (рис. 4) возможно применение толщин на уровне 0,6–0,8 мм. Надлежащая жесткость чашки толщиной 0,6 мм может быть обеспечена цилиндрической формой корпуса чашки.

Возможность снижения веса корпусных конструкций ракет тяжелого и сверхтяжелого класса при переходе на жаропрочные конструкции из аустенитной коррозионностойкой стали и/или титанового сплава особенно актуальна для возвращаемых ступеней (модулей) с большим количеством дорогостоящих двигателей. Авторы предлагают рассмотреть вариант конструкции по типу «сэндвич» (рис. 4) со следующими характе-

ристиками: внутренняя стенка толщиной 1–1,5 мм, чашка высотой 15–25 мм (толщина 0,6–0,8 мм), шаг 100–150 мм (в зависимости от диаметра чашки), внешняя стенка 0,8–1,0 мм. Жесткость стенки и весовые характеристики корпуса будут не хуже, чем у вафельного фона из алюминиевых сплавов. Коэффициент использования материала не менее 0,8. При увеличении диаметра бака жесткость стальной стенки будет еще выше, а вес ещё меньше в сравнении с алюминиевой конструкцией. Стоимость стальной стенки в разы ниже, чем у алюминиевого сплава за счет более низкой стоимости и высокого коэффициента использования материала. Стойкость к воздействиям температуры, агрессивной среды, ударам, вибрационной нагрузки несравнимо выше. Двойная стенка фактически выполняет роль не только термостата, но и является двойным барьером безопасности от утечек компонентов топлива. Перечисленные свойства особенно важны для возвращаемых ступеней (модулей). Межстеночная полость может быть использована для непрерывного контроля герметичности баковых конструкций. Дополнительно может быть проработан вопрос создания





конструкции с избыточным внутриволостным давлением инертного газа как эффективного средства предотвращения протечек компонентов топлива.

Применение титановых сплавов в качестве альтернативы аустенитной стали позволит получить несколько меньшую экономию в сравнении с баком из алюминиевого сплава. Применение титановых сплавов как минимум на 40 % снижает вес конструкции, что суммарно позволит получить в разы больший экономический эффект за счет существенного увеличения полезной нагрузки. Точный расчет экономического эффекта возможен только на этапе проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ на основе обоснования конструкторских и технологических решений по конкретным изделиям ракетно-космической техники.

В конструкциях из аустенитной коррозионно-стойкой стали планируется применить достаточно тонкий прокат, соответственно от его качества во многом будет зависеть надежность, герметичность и весовые характеристики конструкции. Так, для стенок (особенно внутренней) необходимо применение высокоточного холодного проката со значительной прочностью, обеспеченной остаточной холодной деформацией. Для ребер и других деформируемых элементов более приемлемо применение отожженного материала с химическим составом, обеспечивающим максимальные показатели свариваемости. Принципиально возможно применение сталей разного состава для стенок и ребер (внутренних элементов). Все стали аустенитного класса, как правило, неограниченно свариваются между собой, что может быть применено при разработке эффективной конструкции стальной стенки. Стабильно высокое качество тонкого проката из аустенитной стали должно быть обеспечено с применением методов специальной металлургии, в частности, вакуумного переплава стали. Так, аустенитная сталь вакуумного переплава применяется для наиболее

ответственных узлов атомного энергетического оборудования и даже для трубопроводов первого класса безопасности.

Таким образом, для создания качественных конструкций из аустенитной коррозионно-стойкой стали и/или титановых сплавов необходимо комплексное решение вопросов организации современного металлургического производства высокоточного листового проката из разных марок указанных материалов, полученных методами специальной металлургии, в том числе техническое перевооружение выбранного предприятия для обеспечения серийного выпуска всей необходимой РКП номенклатуры продукции.

Эффект от применения аустенитных сталей и/или титановых сплавов должен быть синергическим и сочетать в себе решения сразу трех вопросов:

1) материал – сталь или Ti-сплав с особыми технологическими и эксплуатационными свойствами;

2) технология – применение современной роботизированной лазерной сварки;

3) конструкторское решение – применение более сложной, но легко реализуемой при роботизированной технологии, конструкции стенки. Конкретные конструкторские решения не ограничены предложенными вариантами и должны быть разработаны конструктором на основе соответствующих расчетов и по результатам испытаний натуральных образцов.

Для перехода к практической реализации корпусных конструкций из коррозионно-стойкой стали и/или титановых сплавов должна быть проведена комплексная научно-исследовательская и опытно-конструкторская работа по выбору и созданию конкретной марки материала, высокоточного проката, конкретных конструктивных элементов, с определением тактико-технических характеристик стенок и технологических принципов изготовления.

Выводы

Применение аустенитной коррозионно-стойкой стали и/или титановых сплавов актуально для силовых крупногабаритных конструкций перспективной космической техники, особенно многоразового использования и сверхтяжелого

класса, в целях недопущения отставания России в транснациональной конкурентной борьбе за снижение цены выведения полезной нагрузки.

Максимальный эффект от применения аустенитных сталей и/или Ti-сплавов может быть



достигнут только за счет синергии оптимальных металлургических, конструкторских и технологических решений.

Объемные конструкции из аустенитной стали и/или титанового сплава будут дешевле, легче и надежнее традиционных силовых конструкций из алюминиевых сплавов.

Решение актуальной проблемы применения аустенитных сталей и/или титановых сплавов в конструкциях перспективной отечественной космической техники требует организации и проведения комплексной научно-исследовательской и опытно-конструкторской работы

силами головных организаций Госкорпорации «Роскосмос»: АО «ЦНИИмаш» и АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева».

Создание конструкций из аустенитных коррозионностойких сталей и/или титановых сплавов требует применения проката со специальными требованиями по составу сплавов, толщине, точности и качеству (сплошности) материалов. Выполнение этих требований возможно путем организации специального металлургического производства по выпуску высокоточного листового проката с гарантированными свойствами.

Библиографический список

1. Химушин Ф.Ф. Нержавеющие стали/ 2-е издание. – М.: Металлургия.– 1967. – 798 с.
2. Макаров Э.Л., Якушин Б.Ф. Теория свариваемости сталей и сплавов/ 2-е издание, исправленное и дополненное. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана.– 2018. – 549 с.
3. А. Г. Григорьянц. Основы лазерной обработки материалов. – М.: Машиностроение.– 1989. – 300 с.

Бровко Виктор Васильевич – канд. техн. наук, руководитель проекта АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева».

Тел.: 8(495) 689-97-00, доб. 95-22.

E-mail: V.Brovko@tmnpo.ru

Brovko Viktor Vasilevich – Ph.D. in Engineering Sciences, project manager of JSC «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasev».

Tel.: 8(495) 689-97-00, ext. 95-22.

E-mail: V.Brovko@tmnpo.ru

Боровский Георгий Владиславович – канд. техн. наук, доцент, старший научный сотрудник, исполнительный директор АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева».

Тел.: 8(495) 689-02-65 доб. 22-67.

E-mail: G.Borovskij@tmnpo.ru

Borovskii Georgiy Vladislavovich – Ph.D. in Engineering Sciences, Associate Professor, Senior Research Officer, Executive Director JSC «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasev».

Стариков Андрей Прокофьевич – советник генерального директора АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева».

Тел.: 8(495) 689-01-34, доб. 23-18.

E-mail: A.Starikov@tmnpo.ru

Starikov Andrey Prokofievich – Advisor to the CEO of JSC «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasev».

Tel.: 8(495) 689-01-34, ext. 23-18.

E-mail: A.Starikov@tmnpo.ru

Tel.: 8(495) 689-02-65 ext. 22-67.

E-mail: G.Borovskij@tmnpo.ru



УДК 621.78

*Должанский Ю.М., Жарков Д.Е., Илингина А.В.
Dolzhanskii Yu.M., Zharkov D.E., Ilingina A.V.*

«Аист-2Т» – малый космический аппарат нового поколения для дистанционного стереоскопического зондирования Земли

«Aist-2T» – small next-generation spacecraft for Earth remote stereoscopic sounding

В статье приведены общие сведения о малых космических аппаратах проекта «Аист» и основные результаты технологической экспертизы технического проекта «Аист-2Т», проведенной АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева» в порядке научно-технического сопровождения создания изделий ракетно-космической техники.

The article provides general information on small spacecraft of «Aist» project and the main results of technological evaluation of «Aist-2T» technical project, conducted by JSC «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasyev» in order to provide research and development support for aerospace products engineering.

Ключевые слова: научно-техническое сопровождение, ракетно-космическая техника, малый космический аппарат, дистанционное зондирование Земли, мониторинг чрезвычайных ситуаций.

Keywords: research and development support, aerospace equipment, small spacecraft, Earth remote sensing, emergency monitoring.

В 2019 г. АО «РКЦ «Прогресс» выигран конкурс Госкорпорации «Роскосмос» на создание перспективного космического комплекса дистанционного стереоскопического зондирования Земли, основным элементом которого являются два аппарата «Аист-2Т». Соответствующая опытно-конструкторская работа реализуется в рамках раздела «Информационная инфраструктура» национального проекта «Цифровая экономика Российской Федерации».

Основным заявленным функционалом группировки из двух аппаратов «Аист-2Т» является оперативное получение и передача на Землю

высококачественных перекрывающихся стереоскопических цветных (спектрзональных) снимков земной поверхности. Информация, получаемая от аппаратов, предназначена для различных областей отечественной экономики, в том числе для оперативного мониторинга разного рода чрезвычайных ситуаций. Завершить изготовление аппаратов планируется к концу 2022 года.

Конструкция аппаратов «Аист-2Т» разрабатывается на базе малого космического аппарата (МКА) «Аист-2Д¹» (рис.1), созданного в рамках инициативного проекта АО «РКЦ «Прогресс» [1].



Рис. 1. Внешний облик МКА «Аист-2Д»

¹ «Д» – «демонстрационный»

МКА «Аист-2Д» (масса с целевой и научной аппаратурой – 531,4 кг) имеет статус экспериментального спутника-демонстратора. В 2012 году проект представлен и одобрен научно-техническим совещанием и уже в начале следующего года совместно с Самарским национальным исследовательским университетом, НПП «Оптико-электронные комплексы и системы», Красногорским заводом имени С.А. Зверева и рядом других отечественных организаций и предприятий АО «РКЦ «Прогресс» приступило к его реализации.

Достаточно оперативно удалось найти ряд новых конструктивных решений и отработать технологии практически для всех этапов жизненного цикла аппаратов – от проектирования и изготовления до заводских и летных испытаний – и в 2016 году рабочая группировка из двух МКА «Аист-2Д» успешно выведена в космос.

Основными задачами этих аппаратов было проведение ряда перспективных научных экспериментов и отработка аппаратуры нового поколения для дистанционного зондирования Земли, и уже более пяти лет «Аист-2Д» успешно функционируют в космосе, выполняя мониторинг природных пожаров, активность вулканов, наводнений и оперативный контроль городской застройки. Это неполный перечень прикладных задач, успешно решаемых группировкой «Аист-2Д».

Следует отметить, что за время эксплуатации «Аиста-2Д» успешно проведена серия экспериментов по съемке различных космических объектов, движущихся по геоцентрическим орбитам, в то время как штатные спутники группировки дистанционного зондирования Земли не могли

снимать такие цели, в том числе из-за отсутствия у них систем управления угловыми перемещениями аппарата во время фотографирования и специального программного обеспечения.

К слову, совсем недавно именно с «Аиста-2Д» получены уникальные высококачественные снимки нештатно возвращающейся на Землю из космоса второй ступени китайской тяжелой ракеты «Чанчжэн-5В».

Что касается МКА «Аист-2Т», то одной из основных задач одновременно запускаемой группировки из двух таких космических аппаратов (КА) определено формирование стереоскопической трехмерной модели нашей планеты, в том числе в интересах решения текущих задач Госкорпорации «Роскосмос» и Минобороны России, перспективных задач Роскартографии и Росреестра, а сам проект реализуется в рамках государственной программы «Информационная инфраструктура» национального проекта «Цифровая экономика Российской Федерации».

В соответствии с конкурсной документацией МКА «Аист-2Т» будут совершать полет по солнечно-синхронным орбитам в диапазоне высот 350–500 км и сроком активного существования не менее пяти лет.

Успешно решенные задачи технического проекта МКА «Аист-2Т»:

- выбор проектно-конструкторского облика аппарата;
- выбор конструкционных и специальных материалов и технологий изготовления основных конструктивных элементов изделия.

Конструктивно МКА «Аист-2Т» состоит из базового модуля и солнечных батарей (рис. 2).



Рис. 2. Внешний облик МКА «Аист-2Т»



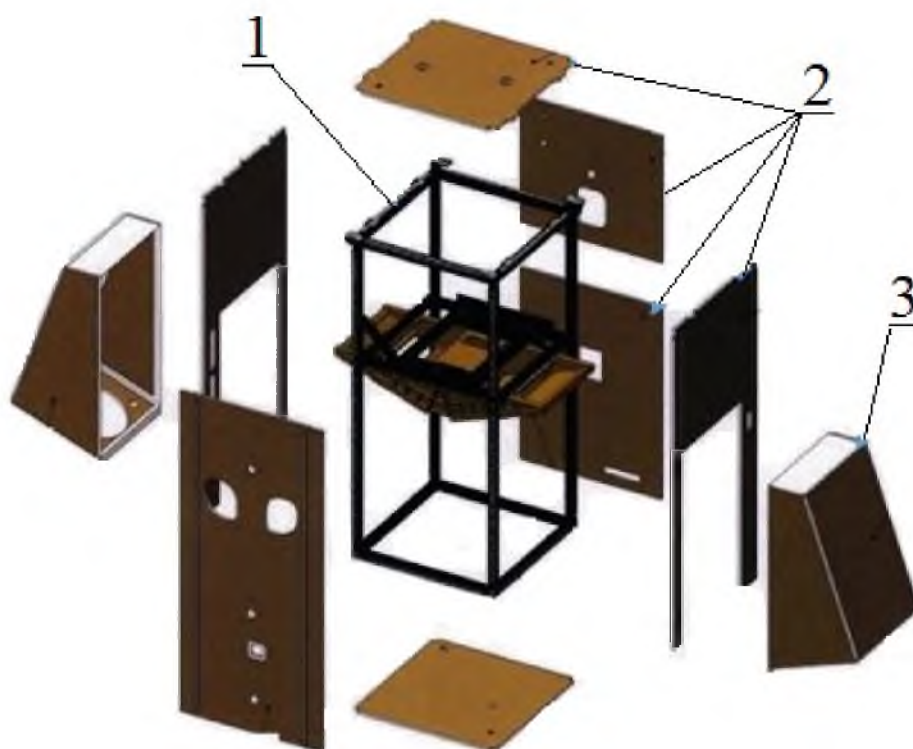


Рис. 3. Схема конструктивного членения БМ МКА «Аист-2Т»: 1 – центральная силовая рама; 2 – торцевые и боковые панели (на левой стороне рис. панели не идентифицированы); 3 – внешний кожух (на левой стороне рис. не идентифицирован)

Корпус базового модуля (БМ) представляет собой негерметичный прямоугольный отсек с двумя специальными «карманами» для размещения двух комплектов оптико-электронной аппаратуры (ОЭА) и состоит из рамы, четырёх боковых и двух торцевых панелей и панели с размещёнными на ней приборами системы коррекции космического аппарата (СККА).

Перечисленные панели и обеспечивают требуемую жесткость всей конструкции МКА.

Конструктивные элементы МКА предлагается разрабатывать из отечественных материалов, комплектующих элементов и узлов с максимальным использованием отработанных на эксплуатируемых КА конструктивных решений, унифицированных и стандартизованных блоков и технологий и применением имеющегося в АО «РКЦ «Прогресс» универсального и специального оборудования и оснастки, освоенных технологических процессов изготовления и обслуживания.

На рис. 3. показаны основные конструктивные элементы БМ аппарата.

Корпус БМ состоит из центральной силовой рамы с крепящимися к ней боковыми и торцевыми

панелями и так называемых внешних кожухов, закрепляемых на двух боковых панелях.

Центральная силовая рама корпуса представляет собой сборно-сварную конструкцию из полуфабрикатов алюминиевого сплава АМгб. Изготовление рамы предполагается производить в АО «РКЦ «Прогресс» с использованием имеющегося оборудования и по отработанным ранее технологическим процессам.

Каждая из панелей корпуса МКА представляет собой трехслойную конструкцию, состоящую из двух обшивок, сотового заполнителя с закладными элементами для крепления панелей и посадочными местами для размещения бортовой аппаратуры (БА).

Сотопанели предполагается изготавливать по кооперации в ООО НПП «ТАИС» (г. Химки Московской обл.), технология их изготовления отработана.

Внешние кожуха служат для размещения в них ОЭА и представляют собой сборные конструкции из сотопанелей. Изготовление кожухов планируется проводить на имеющемся оборудовании и по освоенной технологии.

ОЭА размещается внутри корпуса МКА на специальной платформе, где крепление каждого объектива к платформе осуществляется через титановую проставку, аналогично креплению ОЭА в МКА «Аист-2Д».

Корпусные элементы МКА из углепластика предполагается изготавливать по штатной технологии на оборудовании ООО «СТКБ «Пластик».

Изготовление платформы ОЭА на этапе технического проекта рассматривается в двух вариантах:

- в виде сборной конструкции из полуфабрикатов титанового сплава на производственной базе АО «РКЦ «Прогресс»;

- в виде неметаллической конструкции из углепластика КМУ-4Л (по кооперации с ООО СКТБ «Пластик»).

Панели обеспечивают требуемую жесткость конструкции и используются для размещения на них приборов и устройств систем МКА (рис. 4).

На раме базового модуля расположены силовые фитинги, с помощью которых МКА стыкуется со средствами отделения. Конструкция и технология изготовления солнечных батарей МКА «Аист-2Т» полностью заимствуются с МКА «Аист-2Д».

Проведенная АО «НПО «Техномаш» им.

С.А. Афанасьева» экспертиза материалов технического проекта МКА «Аист-2Т» позволила сделать следующие основные выводы:

Проект разработан с максимальным использованием конструктивно-технологического и производственного заделов по изделию «Аист-Д2», что позволит обеспечить его успешную реализацию в заявленные исполнителем сроки.

Изготовление основных элементов конструкции МКА возможно на производственной базе АО «РКЦ «Прогресс» с максимальным использованием отработанных для МКА «Аист-2Д» технологических процессов и имеющегося технологического оборудования.

Опыт и производственная база АО «РКЦ «Прогресс» не потребуют проведения дополнительных мероприятий по метрологическому обеспечению соответствующих техпроцессов.

В техническом проекте точность положения посадочных мест под приборы предполагается обеспечивать исключительно за счёт допусков на изготовление составных частей МКА, сборку и масс-центровки изделия в сборе.

Здесь, по мнению авторов, более современным и перспективным решением возможно использование технологии аддитивной 3D печати панелей с точной разметкой и оформ-



Рис. 4. Размещение приборов на панелях МКА «Аист-2Т»



лением посадочных площадок под установку соответствующих приборов. Изготовить такие панели можно с использованием, например, разработанных в АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева» аддитивных технологий и специального 3D принтера [2].

Следует отметить, что процесс аддитивного формирования изделий управляется специальным программным обеспечением, одной из функций которого может быть вышеуказанная разметка

и оформление посадочных мест под установку приборного оборудования с требуемой точностью их позиционирования на панелях.

Использование печатных приборных панелей со стабильно точной разметкой посадочных мест под приборы позволит обеспечить требования к масс-центровочным характеристикам соответствующих элементов конструкции КА без дополнительной их балансировки в целях устранения дисбалансов.

Библиографический список:

1. Афанасьев И. Зоркий «АИСТ» // Русский космос. – 2021, май – С.38–41.
2. Информационный паспорт № 246/18 3D-принтер для аддитивного производства крупногабаритных композитных конструкций методом послойного наплавления // ФГУП «НПО «Техномаш». – 2018. – ТМБД. П-1.1.191.

Должанский Юрий Михайлович – д-р техн. наук, главный научный сотрудник АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева».

Тел.: 8 (495) 689-97-04, доб. 24-27.

E-mail: Dolzhansky.Yu@tmnpo.ru

Dolzhanskii Iurii Mikhailovich – Doktor Nauk in Engineering, Principal Research Officer of JSC «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasev».

Tel.: 8 (495) 689-97-04, ext. 24-27.

E-mail: Dolzhansky.Yu@tmnpo.ru

Илингина Алла Валерьевна – директор центра АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева».

Тел.: 8 (495) 689-96-90. E-mail: a.ilingina@tmnpo.ru

Ilingina Alla Valerevna – Center Director of JSC «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasev».

Tel.: 8 (495) 689-96-90. E-mail: a.ilingina@tmnpo.ru

Жарков Денис Евгеньевич – ведущий специалист АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева».

Тел.: 8 (495) 689-97-04, доб. 24-27.

E-mail: D.Zharkov@tmnpo.ru

Zharkov Denis Evgenevich – Leading Specialist of JSC «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasev».

Tel.: 8 (495) 689-97-04, ext. 24-27.

E-mail: D.Zharkov@tmnpo.ru

УДК 002.6:004

Кондратенко А.Н.
Kondratenko A.N.

Вопросы методологии сопровождения, реализации и информационного обеспечения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, технологических работ и инвестиционных проектов

Issues of support methodology, implementation and information support of research and development, technological work and investment projects

Обосновано тематическое единство реализации и системных работ по сопровождению технологических опытно-конструкторских работ, инвестиционных проектов ракетно-космической промышленности. Обоснована актуальность и сформулированы основные направления работ по созданию и функционированию централизованного электронного отраслевого справочно-информационного фонда.

The thematic unity of implementation and systematic works on support of experimental design projects, investment projects of the aerospace industry is substantiated. The article substantiates the relevance and formulates the main work directions for developing and functioning of the centralized electronic industrial reference collection.

Ключевые слова: инвестиционные проекты, информационно-поисковая система, научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, технологии, ракетно-космическая промышленность, справочно-информационный фонд.

Keywords: investment project, data retrieval system, research & development effort and experimental design projects, technologies, aerospace industry, reference collection.

Системная организация работ по инновационному производственно-технологическому развитию ракетно-космической промышленности (РКП) в обеспечение создания и производства ракетно-космической техники (РКТ) с требуемыми тактико-техническими характеристиками (ТТХ) и технико-экономическими характеристиками (ТЭХ) для решения целевых задач различных государственных программ, федеральных и коммерческих проектов, связанных с космической деятельностью, включает в себя задачи планирования и научно-технического сопровождения:

- технологических научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР);
- инвестиционных проектов по реконструкции и техническому перевооружению;
- нового строительства организаций и предприятий РКП;
- изучения вопросов развития РКТ во взаи-

мосвязи с развитием производственно-технологического потенциала организаций и предприятий РКП как базовой материальной основы реализации задач космической и военно-технической деятельности;

- решения проблем информационного обеспечения научной, научно-технической и инновационной деятельности организаций и предприятий РКП при создании и производстве РКТ;
- внедрения и трансфера технологий при разработке и производстве диверсифицированной продукции на базе технологий РКП военного и двойного назначения [1–3].

Рассмотрим и обоснуем сильные связи методологии организации работ по планированию и научно-техническому сопровождению технологических НИОКР, технологических работ, инвестиционных проектов по капитальному строительству [3], по вопросам информационного обеспечения РКП и развития РКТ.



**Как взаимосвязаны технологические НИОКР
и инвестиционные проекты для РКТ различного назначения?**

Взаимосвязь технологической модернизации РКП с развитием РКТ

Необходимость взаимосвязи программных мероприятий технологических разделов государственных программ оборонного назначения и государственной программы Российской Федерации «Космическая деятельность России» исследована и обоснована в [3–4]. В период 2011–2021 годов более 95% реализовывающихся технологических НИОКР и более 90% инвестиционных проектов (ИП) по реконструкции, техническому перевооружению, новому строительству (РиТП) основных фондов РКП направлены на создание и производство ракетно-космических средств как военного, так и гражданского применения. Двойное назначение технологических НИОКР и ИП РиТП обусловлено особенностями

РКТ различного назначения: общность задач разработки, создания и эксплуатации РКТ; идентичность технологии разработки, изготовления и использования ракетно-космических средств различного назначения; использование единых конструкторско-технологических решений при разработке и создании ракетно-космических средств; развитая внутриотраслевая унификация; тенденции к увеличению доли средств двойного назначения; единая производственно-технологическая и экспериментально-испытательная база.

Практически реализуемые способы внедрения и трансфера технологических НИОКР представлены на рис. 1.



Рис. 1. Способы внедрения и трансфера технологий



Рис. 2. Способы реализации ИП РиТП и варианты создания уникальных зданий и оборудования (ПИР – проектно-исследовательские работы)

Различные ситуации реализации ИП РиТП представлены на рис. 2, где отображены возможные альтернативные случаи создания уникального и нестандартизированного оборудования, строительства уникальных зданий и сооружений.

Показано, что уникальные здания и сооружения, уникальное и нестандартизированное технологическое оборудование (в том числе экспериментально-испытательные установки) можно создавать как в рамках технологических работ, так и по мероприятиям ИП РиТП. Так, например, часть взрывных камер корпуса взрывных прочностных испытаний АО «ЦНИИмаш» создавалась в рамках опытно-конструкторской работы (ОКР), а большая взрывная камера – в рамках капитального строительства. Корпуса с силовыми стенами для низкочастотных и высокочастотных прочностных испытаний можно рассматривать и как здания, и как часть экспериментальных установок, которые можно создавать в рамках ОКР.

В зависимости от затрат, времени и состава работ:

- внедрение технологических НИОКР реализуется по ИП или в рамках ОКР;
- создание уникальных зданий и сооружений реализуется по ИП или в рамках ОКР;

– создание уникального и нестандартного оборудования может осуществляться по ИП и НИОКР.

При этом специфика РКТ накладывает ряд жестких требований на создаваемое или приобретаемое производственно-технологическое оборудование – обеспечение качества и надежности, стандартизации и унификации, автоматизации и информатизации, контролепригодности, взаимозаменяемости и универсальности.

С учетом вышеизложенного, а также в развитие результатов системных исследований проблем решения оптимизации при реализации капитальных вложений в РКП [4] актуальной и эффективной представляется централизация закупки в РКП и создание производственно-технологического оборудования аналогичного тому, как централизованно проводилось техническое перевооружение отрасли и закупка оборудования в Минобщемаше до 1991 года. При этом в РКП целесообразно создать центр компетенций (отраслевого оператора) по закупке указанного оборудования и оснастки (ЦЗО), в основные задачи которого входят:

- формирование планов (среднесрочных и долгосрочных) технологического обеспечения создания и производства РКТ;



– организация закупки и поставки, монтажа и наладки, в том числе проведение конкурентных процедур по закупке, производственно-технологического оборудования и оснастки для РКП.

Обязательные требования к деятельности ЦЗО, обеспечивающие технико-экономическую эффективность закупок и создания производственно-технологического оборудования:

Наличие технологических компетенций и специалистов-технологов, что необходимо для правильного написания технического задания на приобретение производственно-технологического оборудования с требуемыми целевыми техническими характеристиками, необходимого качества и надежности.

Наличие актуализированной базы данных по планируемой закупке (в краткосрочной перспективе) производственно-технологического оборудования, что позволяет использовать оптовые закупки с торговыми скидками на приобретаемое оборудование (от 10% до 25% на мировом рынке).

Наличие и ведение актуализированных каталогов оборудования, рекомендуемого к приобретению при техническом перевооружении организаций РКП – знание опыта эксплуатации оборудования и конъюнктуры рынка, в том числе добросовестных поставщиков. Это обеспечивает правильный выбор оборудования и поставщиков оборудования при проведении конкурентных процедур.

Наличие нормативно-правовой основы для деятельности организации, где создан ЦЗО, по системному изучению и созданию технологий и производственно-технологического оборудования, что обеспечивает объективную информационную основу деятельности ЦЗО.

Обеспечение обратной связи от деятельности ЦЗО (существенного квалифицированного влияния) на процессы эффективного формирования планов технического перевооружения РКП и обеспечение создания эффективных технологий – обеспечивается логически полная работа механизма формирования и реализации единой государственной технологической политики в РКП.

Обеспечение упорядоченного использования альтернативных вариантов технологий оборудования, создаваемых (модернизируемых)

производств, обеспечивающих их эффективную эксплуатацию при заданной номенклатуре выпускаемых изделий – обеспечение стандартизации и унификации производственно-технологического оборудования.

Наличие или возможность создания в организации, выполняющей функции ЦЗО, высокопрофессионального структурного подразделения, формализующего проведение конкурентных закупочных процедур.

При организации деятельности ЦЗО решается большинство проблем, отрицательно влияющих на эффективность технического перевооружения и технологической модернизации РКП, в частности, устраняются отрицательные факторы влияния:

1) предприятия и организации часто перепоручают проведение конкурсов и закупку технологий, производственно-технологического оборудования своим подрядным организациям, у которых в большинстве случаев отсутствуют специалисты необходимой квалификации;

2) отсутствие системного опыта и информации у предприятий и организаций РКП по закупке и поставкам производственно-технологического оборудования – предприятия и организации не владеют в полном объеме отраслевыми планами технического перевооружения, каталогами современного прогрессивного оборудования;

3) длительный срок от момента возникновения необходимости в разработке той или иной технологии до получения первой продукции приводит к тому, что появляются новые материалы, технологии в смежных отраслях (металлообработка, приборостроение) и делают разрабатываемую или внедряемую в рамках ИП технологию и соответствующее производственно-технологическое оборудование неэффективными еще до реализации [3] и т.д.

В соответствии с результатами [2] в части минимально необходимого и достаточного состава работ по сопровождению инновационного развития РКП в табл. 1 представлены цели и полная группа задач [2, 23] общесистемных научно-исследовательских работ (НИР) и услуг по научно-техническому сопровождению технологических НИОКР и ИП РИТП. Показаны общность и взаимодополнение их целей и решаемых задач в обеспечение

эффективной производственно-технологической модернизации РКП, а также взаимосвязь и необходимость совместного проведения системных работ по сопровождению развития РКТ и РКП [2]. Требования ТТХ и ТЭХ современной РКТ определяют требования к развитию производственных технологий и экспериментально-испытательной базы, производственно-испытательных мощностей. В свою очередь проектно-конструкторские решения и уровень развития технологий, материалов и производства обуславливают достижимый уровень развития РКТ.

Основные информационные потоки по результатам системного сопровождения развития РКТ, необходимые для адекватного сопровождения инновационного развития РКП:

- анализ выполнения государственного оборонного заказа (ГОЗ) по РКТ различного назначения, а также информации о ходе летных испытаний и эксплуатации РКТ различного назначения;
- оценка по образцам РКТ достижимого уровня ТТХ и ТЭХ, уровня технического совершенства, реализуемости предварительных технических обликов;
- анализ и рекомендации по достижению требуемого уровня ТТХ и ТЭХ образцов РКТ;
- вопросы унификации и стандартизации проектно-конструкторских решений;
- концепции и стратегии развития РКТ различного назначения;
- комплексные целевые программы создания образцов РКТ различного назначения [4].

Таблица 1. Цели и задачи общесистемных НИР и услуг по научно-техническому сопровождению технологических НИОКР и ИП

№ п/п	Цели НИР и услуг по НИОКР: мониторинг и научно-техническое сопровождение (НТСопр) технологий и оценка производственно-технологических рисков реализации государственных программ (ГП), имеющих разделы по производственно-технологическому развитию ракетно-космической промышленности, в части технологий. Разработка приоритетов и направлений производственно-технологического развития РКП. Разработка проектов на очередной программный период и корректировок ГП в части производственных технологий	Цели НИР и услуг по инвестиционным проектам: научно-методическое, информационно-аналитическое, нормативно-правовое обеспечение эффективного выполнения реконструкции, технического перевооружения и нового строительства (РиТП) предприятий РКП и смежных отраслей промышленности для обеспечения разработки и производства РКТ. Разработка предложений в проект ГП на очередной программный период по инвестиционным проектам по капитальному строительству
Решаемые задачи		
1	Зачем, когда и какие разрабатывать технологии	Зачем, когда и какие реализовывать ИП
	1.1 Выявление и предложения по решению проблемных вопросов развития производственно-технологического потенциала организаций и предприятий с увязкой требований по номенклатуре и количеству РКТ по государственным космическим программам [6]. Определение технологических возможностей промышленности для обеспечения государственных космических программ.	1.1 Оценка производственной и технологической реализуемости, в том числе готовности к выполнению заданий государственных космических программ и ГОЗ с учетом осуществляемых и планируемых ИП по РиТП [2]. Проведение проактивного и предиктивного анализа производственно-технологических возможностей организаций и предприятий РКП.

	<p>1.2 Анализ и прогноз развития науки, техники, технологий, в том числе в целях внедрения отечественных и зарубежных критически важных технологий для РКТ [6].</p> <p>1.3 Ведение в актуализированном состоянии базы данных по технологическому оборудованию РКП [6].</p> <p>1.4 Анализ проблем и предложения по их решению в части оборудования и комплектующих, закупаемых по импорту [6].</p> <p>1.5 Анализ производственно-технологических потребностей и предложения по закупкам продукции из металлических сплавов и композитов, важнейших видов материально-технических ресурсов, подлежащих государственному бронированию.</p> <p>1.6 Разработка перечней промышленных базовых и критических технологий РКП для обеспечения выполнения государственных космических программ [7]. Инвентаризация технологических НИОКР [8]</p>	<p>1.2 Проведение технологического аудита организаций и предприятий, участвующих в создании и производстве РКТ (предложения по развитию технологий, унификации и стандартизации, необходимости реализации ИП, проведению организационных и структурных преобразований и т.д.) [5].</p> <p>1.3 Разработка исходных данных для формирования состава, содержания и перечня ИП в обеспечение развития производственно-технологического потенциала РКП (оборудование, технологии и справочные данные по возможности финансирования работ по ИП из собственных средств организаций и предприятий).</p> <p>1.4 Инвентаризация ИП и технологических НИОКР (в части внедрения технологий) [8].</p> <p>1.5 Решение проблемных вопросов снижения трудоемкости работ, повышения производительности труда в РКП.</p> <p>1.6 Решение проблемных вопросов диверсификации РКП</p>
2	<p>Как реализовывать, внедрять технологии</p> <p>2.1 Создание нормативно-методических документов по разработке и внедрению технологий, по НТСопр мероприятий ГП в части технологий и материалов</p>	<p>Как реализовывать ИП</p> <p>2.1 Научно-методическое и нормативно-правовое обеспечение РиТП [4]</p>
3	<p>Что делать (определение состава и содержания технологических НИОКР, технологических работ)</p> <p>3.1 Разработка проектов мероприятий технологических НИОКР в действующие и планируемые ГП, закон о бюджете, ГОЗ с обоснованиями (ТЗ, справки-обоснования, технико-экономические обоснования) по составу и содержанию мероприятий технологических НИОКР.</p> <p>3.2 Разработка проектов ГП в части технологических НИОКР и НИР по фундаментальным, прогнозным и поисковым технологическим исследованиям (ТЗ, справки-обоснования, технико-экономические обоснования) на очередной программный период.</p> <p>3.3 Анализ и технологическая экспертиза ТЗ на НИОКР</p>	<p>Что делать (состав и содержание строек и технического перевооружения по ГП, ГОЗ)</p> <p>3.1 Разработка проектов в действующие и планируемые ГП, закон о бюджете, ГОЗ по составу и содержанию мероприятий ИП по РиТП.</p> <p>3.2 Разработка проектов ГП на очередной программный период по капитальным вложениям</p> <p>3.3 Анализ и экспертиза обоснований экономической целесообразности на корректируемые и новые ИП по РиТП [9]</p>

4	Контроль и отчетность, информационно-аналитическое обеспечение (в том числе научно-техническое сопровождение НИОКР, технологических работ)	Контроль и отчетность реализации ИП
	<p>4.1 Мониторинг и НТСопр НИОКР по ГОЗ, в том числе подготовка проектов ежеквартальной и ежегодной сводной отчетности ГОЗ и ГП в части технологических НИОКР.</p> <p>4.2 Мониторинг разработки и внедрения, рекомендации по внедрению промышленных базовых и критических технологий на предприятиях РКП.</p> <p>4.3 Оценка и анализ показателей и индикаторов безопасности РКП [7], выполнения ГП и ГОЗ [10], Основ государственной политики развития ОПК в части РКП, Основ космической деятельности России</p>	<p>4.1 Мониторинг и НТСопр ИП по РиТП, в том числе выездные проверки хода реализации капитального строительства, анализ заключения и выполнения договоров подряда по капитальному строительству</p> <p>4.2 Подготовка проектов ежеквартальной и ежегодной сводной отчетности по реализации ИП по РиТП предприятий [9].</p> <p>4.3 Проведение паспортизации организаций и предприятий РКП (данные по технологиям, основным фондам, кадровому обеспечению, реализации ИП и НИОКР, внедрению технологий и т.д.)</p>

Актуальные вопросы информационного обеспечения научной, научно-технической и инновационной деятельности в РКП

Во исполнение постановления Правительства Российской Федерации от 12.03.2013 № 327 [11] Министерство науки и высшего образования Российской Федерации с участием Госкорпорации «Роскосмос» [12] в части РКП реализует функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере государственного учета НИОКР и технологических работ гражданского назначения, проводит формирование и ведение единой государственной информационной системы учета НИОКР и технологических работ гражданского назначения (далее в части РКП – ЕГИСУ НИОКТР [12]).

Цели ЕГИСУ НИОКТР – информационное обеспечение научной, научно-технической и инновационной деятельности. Объекты учета ЕГИСУ НИОКТР – сведения о работах; отчетные и итоговые документы, сведения о результатах работ: первичные источники информации, представляемые в соответствии с Федеральным законом «Об обязательном экземпляре документов» [13] в форме обязательных экземпляров неопубликованных документов (НТО по НИОКР, алгоритмов и программ и т.п.); реферативно-библиографические описания указанных отчетных

и итоговых документов; сведения о наличии заявления о предоставлении любым лицам возможности безвозмездно использовать результаты указанных отчетных и итоговых документов на определенных условиях или об условиях открытой лицензии на использование этих результатов; сведения о правообладателях и правах на созданные результаты интеллектуальной деятельности (РИД), способные к правовой охране или имеющие правовую охрану, сведения об изменении состояния их правовой охраны, о наличии лицензионного договора или заявления о возможности использования любыми лицами на условиях открытой лицензии, об условиях открытой лицензии, а также сведения о практическом применении (внедрении) РИД.

В соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 07.10.2021 № 1705 [14] Федеральная служба по интеллектуальной собственности с участием Госкорпорации «Роскосмос» и Госкорпорации «Росатом» проводит ведение единого реестра (информационной системы) результатов НИОКР и технологических работ военного, специального и двойного назначения, в том числе непосредственно свя-



занных с обеспечением обороны и безопасности (ЕР РВСДН). Объекты учета информационной системы ЕР РВСДН – РИД по НИОКР, технологическим работам военного, специального и двойного назначения, в том числе непосредственно связанные с обеспечением обороны и безопасности: охраняемые в качестве изобретения, полезной модели, промышленного образца, секрета производства (ноу-хау), базы данных, топологии интегральных микросхем и т.д.; способные к правовой охране в качестве изобретения, полезной модели, и т.д.; РИД, права на которые приобретены.

С 1 января 2022 года управление результатами РИД, связанными с обеспечением обороны и безопасности, осуществляется в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 29.12.2021 №2550 [15]. В ЕР РВСДН проводится государственный учет РИД: реферативно-библиографические описания – описание объекта государственного учета с указанием индивидуальных особенностей, позволяющих его идентифицировать и отличить от других объектов государственного учета; внесение данных об объекте государственного учета в единый реестр (правообладатели и права на РИД); обновление данных об объекте государственного учета в части сведений об изменении состояния его правовой охраны, информации об использовании объекта государственного учета, включая передачу прав на объект государственного учета иным лицам. Каждый раздел информационной системы ЕР РВСД состоит из шести подразделов, содержащих данные об объектах учета: подраздел 1 – сведения об индивидуальных особенностях объектов учета, позволяющих их идентифицировать и отличать от других объектов государственного учета; подраздел 2 – сведения об исполнителях работ; подраздел 3 – сведения о государственных заказчиках и Фонде перспективных исследований; подраздел 4 – сведения об основаниях возникновения и объеме прав Российской Федерации или исполнителя работ на объекты учета; подраздел 5 – сведения об авторах объектов учета или их составных частей; подраздел 6 – сведения об использовании объектов учета или их составных частей. В Госкорпорации «Роскосмос» управление результатами РИД, связанными с обеспечением обороны и без-

опасности, успешно осуществляется Центром учета и анализа результатов научно-технической деятельности [12].

В итоге, согласно действующим нормативно-методической и законодательной базам, в РКП:

1) фактически обеспечивается выполнение обязательного законодательного требования государственного учета и управления РИД НИОКР и технологических работ гражданского назначения, военного, специального и двойного назначения, в том числе непосредственно связанных с обеспечением обороны и безопасности, проведением анализа результатов НИОКР и технологических работ, предусматривающим выявление содержащихся в результатах НИОКР и технологических работ РИД, которые относятся или могут быть отнесены к объектам государственного учета; правовую охрану выявленных РИД; внесение данных о выявленных РИД в ЕГИСУ НИОКТР и ЕР РВСДН;

2) в соответствии с [13] форма обязательных экземпляров неопубликованных документов (научно-технических отчетов (НТО) по НИОКР, алгоритмов и программ и др.) регламентирует учет, хранение и управление первичными источниками информации (НТО, чертежная документация, каталоги и др.) по НИОКР и технологическим работам гражданского назначения. Отсутствует нормативная база и фактический регламент работ по учету, хранению и управлению первичной отчетной документацией по НИОКР и технологическим работам военного, специального и двойного назначения, в том числе непосредственно связанных с обеспечением обороны и безопасности. Первичные источники информации по НИОКР и технологическим работам военного, специального и двойного назначения, в том числе непосредственно связанные с обеспечением обороны и безопасности, как правило, хранятся на предприятиях-исполнителях НИОКР и технологических работ. Срок их хранения регламентируется сроками хранения отчетной документации, подтверждающей экономический факт выполнения работ по договорам и государственным контрактам. Отметим, что практически все НИОКР и технологические работы в РКП относятся к категории военного, специального и двойного назначения, в том числе непосред-

ственно связанные с обеспечением обороны и безопасности;

3) в полном объеме не разрабатываются вторичные источники информации по НИОКР и технологическим работам как гражданского, так и военного, специального и двойного назначения. По первичным источникам информации проводится только их реферативно-библиографические описания, которые являются эффективными источниками вторичной информации, но не достаточными. В них по каждому отдельно взятому первичному источнику изложено содержание сути, методики, основных полученных результатов, выводов исследований, указываются направления применения результатов работ, а также сведения о месте, времени, авторах и заказчиках проведения работ. Практически не разрабатываются реферативные и аналитические обзоры, фактографические картотеки.

Для однозначности конкретизируем, что понимается под первичной и вторичной информацией:

- первичная информация – НТО, каталоги, инструкции, чертежи, паспорта организаций и предприятий, статьи, описания изобретений к авторским свидетельствам и патентам, др.

- вторичная информация – результат исследований источников первичной информации, сопровождаемый отбором информации: библиографические указатели литературы, аннотации, рефераты, реферативные обзоры, аналитические обзоры и др., которые содержат сведения о первичной информации.

В реферативных обзорах излагаются систематизированные сведения об актуальности, содержании и методах проводимых работ и исследований, о созданном научно-техническом заделе, содержащиеся в фонде первичных источников информации, указывается взаимосвязь выполненных работ со смежными направлениями работ, определяется общий уровень и тенденции направлений развития проблемных вопросов, не дается критическая оценка полученных результатов работ. В аналитических обзорах содержится анализ полученных отечественных и зарубежных данных, критическая оценка результатов работ и обоснование их практического использования, проводится выявление и обоснование предпочтительных направлений исследований проблемных

вопросов. Обзоры содержат графики, таблицы, схемы и т.п. Фактографические картотеки направлены на оперативное представление информации на запросы специалистов при проведении исследований, проектно-конструкторских работ, осуществлении производственной деятельности и содержат сведения по результатам проведенных испытаний, данные по составу и свойствам материалов, формулы, схемы и т.д. Принципиальной для поиска, эффективного использования необходимой информации и результатов выполненных и выполняемых работ, обеспечения развития созданного научно-технического задела (НТЗ) является работа аналитических центров (АЦ) высококвалифицированных специалистов технологов по созданию вторичной информации в части реферативных и аналитических обзоров, фактографических описаний, справочно-поисковых описаний.

Рассмотрим важность и принципиальность регламентированного централизованного электронного учета, хранения, актуализации и возможности распространения всех первичных источников информации по НИОКР и технологическим работам с учетом Стратегии применения информационных технологий на 2017–2030 годы [16] и [17].

Анализ данных экспертного опроса руководителей, специалистов-исследователей, проектантов, конструкторов, технологов, выполняющих НИОКР и технологические работы за последние 10 лет показал, что в первичной документации содержится около 40–50% новых идей, решений и информационных сведений, которые не охватываются вторичными источниками информации, отличными от реферативных и аналитических обзоров. Разработчики НИОКР затрачивают до 15–20% рабочего времени на создание новой информации по результатам своих работ. В современных условиях прослеживается рост информационных потоков, например, в период 2022–2025 годов только по технологическим НИОКР Госкорпорации «Роскосмос» среднегодовое количество технологических НТО по этапам выполненных работ в 1,63 раза превышает среднегодовое количество НТО по аналогичным работам в период 2011–2020 годов. Поток научно-технической информации ежегодно увеличивается более



чем 5%, а публикуется в рецензируемых изданиях не более 30% полезной имеющейся информации. В результате выпадает большое число результатов незавершенных работ и неоформленных идей и гипотез, на создание которых затрачиваются бюджетные средства.

Длительное хранение первичных источников информации в ряде случаев определяется длительными сроками внедрения разработанных технологий (рис. 3), которые обусловлены несовершенством планирования работ, финансово-экономическими возможностями организаций и предприятий, осуществляющих внедрение. Для ряда технологий необходимо осуществление капитальных вложений, обеспечивающих внедрение около 20%, НИОКР внедряются в рамках инвестиционных проектов по капитальным вложениям. Показано (рис. 3), что для обеспечения внедрения приблизительно 17% завершенных технологических НИОКР требуются минимально необходимые сроки хранения первичной документации – не менее 5–10 лет.

Важно наличие первоисточников информации при ретровведениях – нововведениях, воспроизводящих на новом уровне пройденные этапы

развития техники и технологий, или возвратных инновациях [18].

Так, например, в настоящее время при решении проблемных вопросов создания криогенной прочностной базы наземной отработки прочности водородных баков КВТК и третьей ступени РН «Ангара-А5В» требуется первичная информация по решению аналогичных проблем, решенных более 40 лет назад, при создании многоразовой транспортной космической системы в рамках программы «Энергия–Буран».

Традиционно для изготовления корпусных конструкций ракетной техники применяются алюминиевые сплавы. Однако в современных условиях для ракетной техники с конструктивными элементами многоразового использования (возвращаемыми ступенями ракет-носителей) актуальным является создание корпусных и баковых конструкций, изготавливаемых из аустенитных коррозионностойких сталей, которые практически во всем реализуемом диапазоне изменения внешних условий эксплуатации сочетают в себе свойства высокой пластичности ($\approx 60\%$ относительного удлинения), высокой жаропрочности и жаростойкости, повышенной

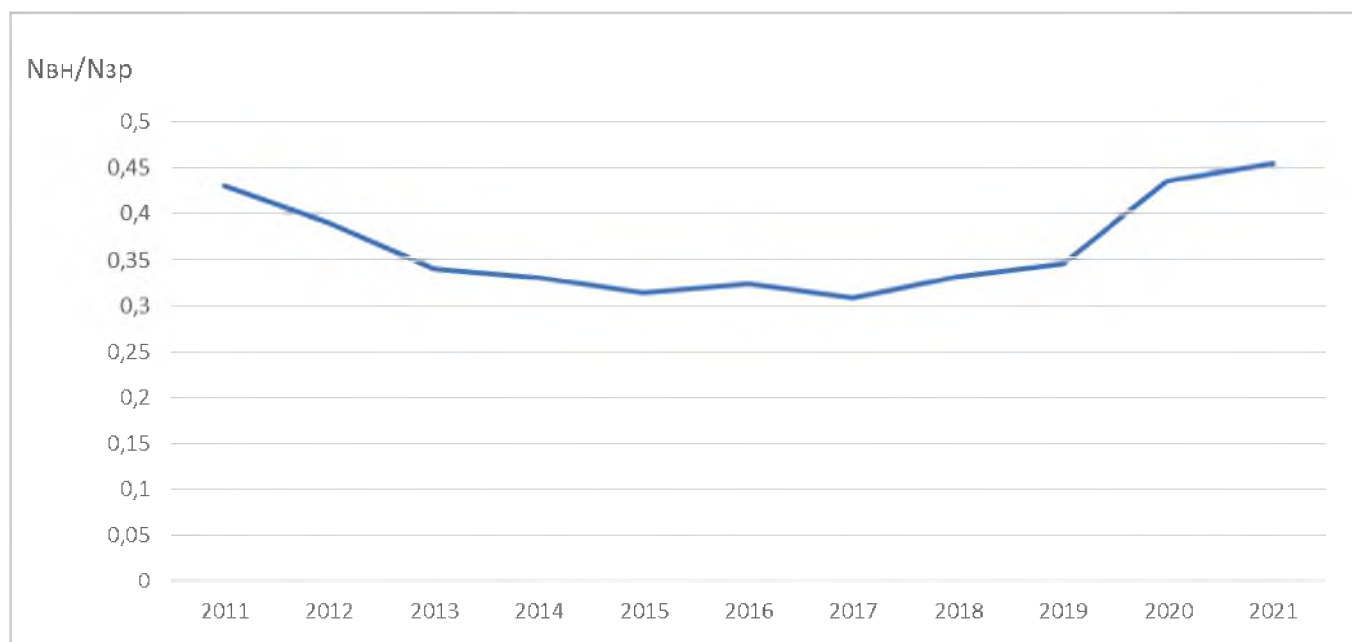


Рис. 3. Доля внедренных завершенных технологических НИОКР и выполненных технологических работ по государственным и федеральным целевым программам: $N_{зр}$ – число завершенных технологических НИОКР, $N_{вн}$ – число внедренных технологических НИОКР из числа завершенных

прочности при криогенных температурах. Опыт применения коррозионностойких аустенитных сталей реализован в отечественном ракетном двигателестроении. Исходная первичная информация о свойствах коррозионностойких аустенитных сталей должна быть централизована (общей) как для двигателестроения, так и для корпусного производства РКТ. На конкретном примере показана необходимость централизации информационных источников.

Создание в РКП централизованного отраслевого учета, хранения, актуализации и возможности распространения первичных источников информации обуславливается также спецификой технологий создания и производства РКТ – около 30% технологий РКП являются узкоспециализированными, используются только при создании и производстве РКТ и определяют около 65% трудоемкости изготовления РКТ [4].

При современном уровне развития информационных технологий эффективность реализации электронного учета, хранения, актуализации и возможности распространения первичных источников информации определяется следующими возможностями:

- создание и использование самообучающихся многоаспектных информационно-поисковых систем (ИПС) необходимой информации, позволяющих не только находить информационные фонды, в которых содержится запрашиваемая тематика работ, но и проводить выделение из тематики работ требуемых смысловых частей, выдавать с необходимыми ссылками только их – в конечном итоге проводить оперативный многоаспектный поиск;
- способность длительного хранения информации, определяемого возможностями вычислительной техники и электронных носителей информации;
- способность своевременного и оперативного распространения необходимой информации;
- удобство пользования и технологичность обработки больших объемов информации;
- экономия финансовых средств, эффективная обеспечивающая административная и инженерная инфраструктура по сравнению с учетом и хранением первичных документов традиционным способом (на бумаге).

Неразвитость или отсутствие регламентированного централизованного электронного учета, хранения, актуализации и возможности распространения всех первичных источников информации по НИОКР и технологическим работам создают предпосылки неэффективного и неполного использования результатов выполненных работ:

- не анализируется в полном объеме, трудно поддается поиску, а в ряде случаев теряется создаваемый НТЗ по критически важным технологиям для использования в последующих новых НИОКР и технологических работах в обеспечение создания РКТ;
- создаются предпосылки монополизации научно-технических знаний организациями-исполнителями выполненных НИОКР и технологических работ, а также предпосылки недобросовестной конкуренции, что противоречит федеральному законодательству [17, 19];
- для создания НТЗ приходится планировать дублирующие НИОКР с новым финансовым обеспечением.

Для информационного обеспечения научной, научно-технической и инновационной деятельности организаций и предприятий РКП актуальным, технологически и экономически оправданным является создание и функционирование в РКП централизованного электронного отраслевого справочно-информационного фонда (СИФ) выполняемых НИОКР и технологических работ, который представляет собой совокупность тематически взаимосвязанных, технически и аналитически обработанных первичных и вторичных документов, объединенных в единый комплекс, рассредоточенных по единой схеме, позволяющей при помощи ИПС, основанной на использовании современных информационных технологий [16], быстро находить и выдавать требуемую информацию, обеспечивать управление созданным НТЗ.

Централизованный электронный отраслевой СИФ РКП должен обеспечивать:

- совместимость и общие принципы организации работы с ЕГИСУ НИОКТР и ЕР РВСДН;
- учет и хранение всех первичных отчетных документов по НИОКР, технологическим работам,



в том числе по стандартизации, нормативным документам, чертежно-конструкторской документации;

- разработку реферативных и аналитических обзоров, фактографических картотек и каталогов;

- формирование и хранение информационных ресурсов по развитию иностранных технологий, информация по которым в открытой печати практически отсутствует или ограничена из-за проводимой иностранными государствами ограничительной санкционной политики по отношению к Российской Федерации (в том числе для обеспечения разработки аналитических обзоров);

- организационно-методическое единство с техническими библиотеками и архивами организаций и предприятий РКП по учету, хранению и распространению научно-технической и технологической информации;

- совместимость работы с Общероссийским классификатором продукции по видам экономической деятельности (ОКПД 2) ОК 034-2014 (КПЕС 2008) [20];

- наличие ИПС для осуществления быстрого поиска релевантных документов с использованием разработанных в «библиотечной отрасли» методов, к которым относятся: хранение и расстановка первичной документации по каталогам – расстановка в систематически алфавитно-хронологическом, инвентарном порядке; классификация информации и организации справочного аппарата на основе схемы десятичной классификации (УДК); разработка вторичных источников информации и общие единые требования к созданию вторичной (свертыванию) информации – библиографиям, аннотациям, рефератам, реферативным обзорам, аналитическим обзорам, фактографическим картотекам; единообразная организация справочного аппарата.

Проблемные вопросы обеспечения эффективной работы централизованного электронного отраслевого СИФ, требующие решения – неразвитость методических подходов по учету, хранению и поиску фактографических картотек и чертежно-конструкторской информации. Принципиальное требование к СИФ в части паспортизации организаций и предприятий РКП – совместимость

с информационной системой паспортизации организаций и предприятий ОПК, функционирующей в Минпромторге России.

Первоочередные основные направления работ по созданию централизованного электронного отраслевого СИФ РКП:

- обоснование, разработка требований и основных концептуальных положений функционирования централизованного электронного отраслевого СИФ выполняемых НИОКР, технологических работ, паспортов организаций и предприятий РКП;

- разработка и практическое внедрение отраслевых нормативных и методических документов, регламентирующих поиск, заказ, получение, сбор, аналитико-синтетическую обработку, накопление, хранение, актуализацию, распространение первичной и вторичной информации выполняемых НИОКР, технологических работ, паспортов организаций и предприятий РКП;

- постановка и проведение научных исследований по вопросам совершенствования научно-информационной деятельности в РКП, в том числе прогнозно-аналитических исследований, разработки и внедрения новых информационных технологий, технических средств и методов обработки научно-технической (технологической) информации и доступа к ней с учетом требований стандартизации и унификации информационных процессов;

- организация разработки и разработка реферативных и аналитических обзоров, в том числе по фактически созданному научно-техническому заделу, необходимых для научно-информационного обеспечения деятельности Госкорпорации «Роскосмос», ученых и специалистов РКП;

- инвентаризация и формирование электронного банка данных первичных источников актуальной информации по НИОКР, технологическим работам, паспортам организаций и предприятий РКП;

- разработка и опытная эксплуатация программно-математического обеспечения для хранения и релевантного поиска первичных источников информации по НИОКР и технологиям РКП.

Выводы

1. По этапам жизненного цикла (планирование, реализация и научно-техническое сопровождение) обосновано тематическое и организационное единство технологических НИОКР, технологических работ и инвестиционных проектов по реконструкции, техническому перевооружению и новому строительству РКП в обеспечение создания и производства РКТ различного назначения. Проведено доказательство идентификации технологических НИОКР, технологических работ ИП по РИТП организаций как единого мероприятия технологической модернизации и технологического развития (МТМР) с отличающимися способами реализации.

2. На основе предиктивного анализа и рассмотрения современных проблем технического перевооружения и технологической модернизации РКП обоснована актуальность и сформулированы основные требования к организации и реализации централизованной закупки производственно-технологического оборудования для отрасли.

3. Сформулированы основные цели и задачи общесистемных работ по планированию и научно-техническому сопровождению производственно-технологической модернизации РКП.

4. Сформирована полная группа задач общесистемных НИР и услуг по научно-техническому сопровождению технологических НИОКР и ИП по РИТП.

5. Сформулированы основные направления информационных потоков результатов системного сопровождения развития РКТ различного назначения, необходимые для адекватного планирования и сопровождения инновационного развития РКП.

6. Для НИОКР и технологических работ действующая федеральная нормативно-методическая и законодательная база является неполной как

в части разработки в полном объеме вторичной информации, так и в части учета, обработки, хранения, актуализации и поиска первичной информации.

7. Обоснована актуальность и необходимость создания и функционирования централизованного электронного отраслевого СИФ РКП выполняемых НИОКР и технологических работ, который представляет собой совокупность тематически взаимосвязанных, технически и аналитически обработанных первичных и вторичных документов, объединенных в единый комплекс, рассредоточенных по единой схеме, позволяющей при помощи многоаспектной информационно-поисковой системы, основанной на использовании современных информационных технологий, быстро находить и выдавать требуемую информацию, обеспечивать управление созданным научно-техническим заданием.

8. Сформулированы и обоснованы основные направления работ по созданию и функционированию централизованного электронного отраслевого СИФ РКП, а также основные требования к его работе.

9. Сформулирована постановка задачи развития современных информационно-поисковых систем СИФ, в том числе методических подходов по электронному учету, хранению и поиску фактографических картотек и чертежно-конструкторской информации.

Автор благодарит Чулкова Е.Л. за советы и ряд ценных замечаний при написании части статьи, касающейся взаимосвязи технологических НИОКР и ИП. Результаты статьи в части, касающейся ЦЗО, разработаны совместно с Чулковым Е.Л.

Библиографический список

1. Друкер Питер Ф. Задачи менеджмента в XXI веке: Пер. с англ.: – М.: «Вильямс». – 2004. – 272 с.
2. Кондратенко А.Н. Сопровождение инновационного развития производства и методика определения реализуемости программ по созданию ракетно-космической техники // Вестник «НПО «Техномаш». – 2021. – № 3. – С. 23–39.
3. Кондратенко А.Н., Олексенко И.А. Особенности планирования технологических НИОКР и капитальных вложений РКП в рамках государственных и федеральных целевых программ // Вестник «НПО «Техномаш». – 2018. – № 5. – С. 12–18.



4. Кондратенко А.Н. Особенности реализации и предложения по оптимизации капитальных вложений в ракетно-космической промышленности // Вестник «НПО «Техномаш». – 2021. – № 1. – С. 36–41.
5. Кондратенко А.Н. Технологический аудит и планирование инвестиционных проектов государственных и федеральных целевых программ // Вестник «НПО «Техномаш». – 2021. – № 2(15). – С. 25–33.
6. Кондратенко А.Н. Оценка состояния и приоритетные направления развития ракетно-космической промышленности // Вестник «НПО «Техномаш». – 2020. – № 2. – С. 21–32.
7. Кондратенко А.Н. Критерии безопасности ракетно-космической промышленности и особенности формирования перечня промышленных базовых и критических технологий // Вестник «НПО «Техномаш». – 2021. – № 2(15). – С. 34–39.
8. Николаев В.Д., Лукьянчик В.В., Кондратенко А.Н., Гапоненко О.В., Кузин А.И., Олексенко И.А. Инвентаризация НИОКР и инвестиционных проектов, реализуемых в рамках ФЦП, как инструмент приоритизации программных мероприятий // Вестник «НПО «Техномаш». – 2017. – № 3. – С. 61–65.
9. Жемердеев О.В., Кондратенко А.Н. Методика определения предельной стоимости разработки и экспертизы обоснований экономической целесообразности реализации инвестиционных проектов с государственным участием // Вестник «НПО «Техномаш». – 2018. – № 7. – С. 16–19.
10. Кондратенко А.Н., Сафоник И.В., Щеглов А.М. Разработка рационального состава критериев и комплексного показателя оценки эффективности количественного и качественного выполнения государственного оборонного заказа в части капитальных вложений в объекты РКП // Вестник «НПО «Техномаш». – 2020. – № 3. – С. 69–75.
11. О единой государственной информационной системе учета научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ гражданского назначения: постановление Правительства Российской Федерации от 12.04.2013 № 327.
12. Годовой отчет Госкорпорации «Роскосмос». URL: <https://www.roscosmos.ru/22444/> (дата обращения: 01.02.2022). – Текст: электронный.
13. Об обязательном экземпляре документов: Федеральный закон от 29.12.1994 № 77-ФЗ (ред. от 08.06.2020); принят Государственной Думой 23.11.1994.
14. О едином реестре результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ военного, специального или двойного назначения и признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации и отдельного положения акта Правительства Российской Федерации: постановление Правительства Российской Федерации от 07.10.2021. № 1705.
15. Об утверждении Правил управления принадлежащими Российской Федерации правами на РИД, в том числе Правами на РИД, непосредственно связанными с обеспечением обороны и безопасности, и признании утратившими силу некоторых актов и отдельных положений некоторых актов Правительства Российской Федерации: постановление Правительства Российской Федерации от 29.12.2021 № 2550.
16. Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы: Указ Президента Российской Федерации от 09.05.2017 №203.
17. О науке и государственной научно-технической политике: Федеральный закон от 23.08.1996 №127-ФЗ (с изменениями и дополнениями вступил в силу с 01.09.2021); принят Государственной Думой 12.06.1996; одобрен Советом Федерации 07.08.1996.
18. Власов Ю.В., Панов Д.В., Чурсин А.А. Основы устойчивого инновационного развития наукоемкого сектора экономики: монография под общей редакцией Чурсина А.А. – М.: Экономика. – 2017. – 351 с.
19. О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд: Федеральный закон от 05.04.2013 № 44-ФЗ: принят Государственной Думой 22.03.2013; одобрен Советом Федерации 27.03.2013.



20. О принятии и введении общероссийского классификатора видов экономической деятельности (ОКВЭД2) ОК 029-2014 (КДЕС РЕД. 2) и общероссийского классификатора продукции по видам экономической деятельности (ОКПД2) ОК 034-2014 (КПЕС 2008): приказ Росстандарта от 31.01.2014 № 14-ст (ред. от 16.10.2018).

Кондратенко Александр Николаевич – канд. техн. наук, эксперт АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева».

Тел.: 8(495) 689-96-90.

E-mail: A.Kondratenko@tmnpo.ru

Kondratenko Aleksandr Nikolaevich - Ph.D. in Engineering Sciences, Expert of JSC «NPO «Technomac» named after S. A. Afanasev».

Tel.: 8(495) 689-96-90.

E-mail: A.Kondratenko@tmnpo.ru



УДК 621.7:004

Пась О.В., Серков Н.А.
Pas O.V., Serkov N.A.

Исследование возможностей повышения точности механической обработки вафельного фона методами программной коррекции

Study on possibilities to improve the accuracy of mechanical processing of orthogrid structure by program correction methods

Рассмотрена технология зеркального фрезерования вафельного фона. Проведена классификация факторов, приводящих к отклонениям по толщине остаточного полотна обечайки. Выполнено моделирование образования ошибки по толщине остаточного полотна из-за влияния наиболее существенных факторов. Осуществлен анализ различных методов повышения точности обработки по остаточному полотну, обосновано применение системы комбинированной программной коррекции с самонастройкой от прохода к проходу.

The technology of mirror milling for orthogrid structure is considered. The classification of factors that lead to deviations in the residual sheet thickness of the barrel has been performed. Simulation of the error generation by the residual sheet thickness due to the influence of the most significant factors has been performed. An analysis of various methods to improve the machining accuracy of the residual sheet was carried out, the application of the combined program correction system with pass-to-pass self-adjustment was substantiated.

Ключевые слова: зеркальное фрезерование, вафельный фон, тонкостенные детали большого размера, программная коррекция, постпроцессор.

Keywords: mirror milling, orthogrid structure, large thin-walled parts, program correction, postprocessor.

Введение

Вафельные оболочки представляют собой тонкостенные обечайки цилиндрической, конической или сферической формы с сеткой подкрепляющих ребер. Вафельные оболочки являются основными несущими элементами корпусов изделий ракетно-космической техники (РКТ), в совокупности составляющими основную долю «сухой» массы изделия. Применение вафельных оболочек обеспечивает максимальные прочностные характеристики при минимальной массе конструкции [1, 2].

В целях достижения высоких массовых и прочностных характеристик оболочки предъявляются повышенные требования по точности обработки остаточного полотна и ребер карманов вафельных оболочек [3].

Указанные требования наряду с особенностями конструкций, имеющих вафельный фон и выраженных малой жесткостью при больших габаритных размерах заготовок, обуславливают применение специализированных станков типа

СВО (система высокоточной обработки) при механической обработке уже свернутой поверхности заготовки в качестве одного из основных способов производства вафельных оболочек.

Технология обработки вафельного фона на станках СВО обеспечивает компенсацию погрешностей установки и формы заготовки и увеличивает виброустойчивость системы СПИД (станок, приспособление, инструмент, деталь) за счет использования следящей опоры, выполняющей роль подвижного упора и копировальной головки, которая отслеживает заднюю стенку заготовки.

На рис. 1 представлена схема зеркального фрезерования [4] современной технологии механической обработки тонкостенных оболочек на станках типа СВО. В данном случае приводы П1 и П2 осуществляют синхронное движение по управляющей программе (УП). Датчик Д, встроенный в копировальную головку КГ, отслеживает перемещение штока пневмоцилиндра, сигнал V с датчика

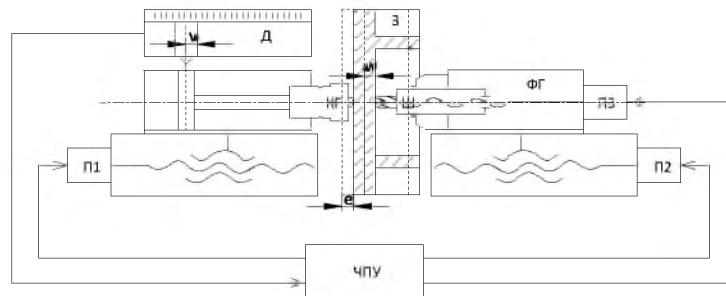


Рис. 1. Схема выполнения зеркального фрезерования вафельного фона

поступает в систему ЧПУ, которая корректирует положение фрезерной головки ФГ со шпинделем Ш, задавая корректирующее воздействие W приводу осевого перемещения фрезерной головки ПЗ в зависимости от отклонения E внутренней поверхности заготовки 3 с противоположной стороны.

Воздействие ряда факторов в процессе выполнения зеркального фрезерования вафельного фона приводит к отклонениям по толщине остаточного полотна и ширине продольных и кольцевых ребер карманов. Как следствие, это приводит к увели-

чению дополнительных масс изделия и необходимости выполнения доводочных операций, с применением энергозатратных и трудоемких электрофизических методов обработки [5]. Поэтому развитие методов повышения точности обработки остаточного полотна и ребер карманов представляется актуальным направлением исследований. Для решения этой задачи рассмотрим факторы, приводящие к ошибкам по толщине остаточного полотна, и подходы, направленные на повышение точности обработки дна кармана.

Факторы, влияющие на точность обработки по остаточному полотну

При такой схеме обработки можно выделить девять основных факторов (рис. 2), приводящих к отклонениям по толщине остаточного полотна. В данном случае возмущение вафель-

ного фона – конструктивно обоснованная неоднородная жесткость отдельных ячеек (присутствующие элементы типа фланцев, окантовок и т.д.)

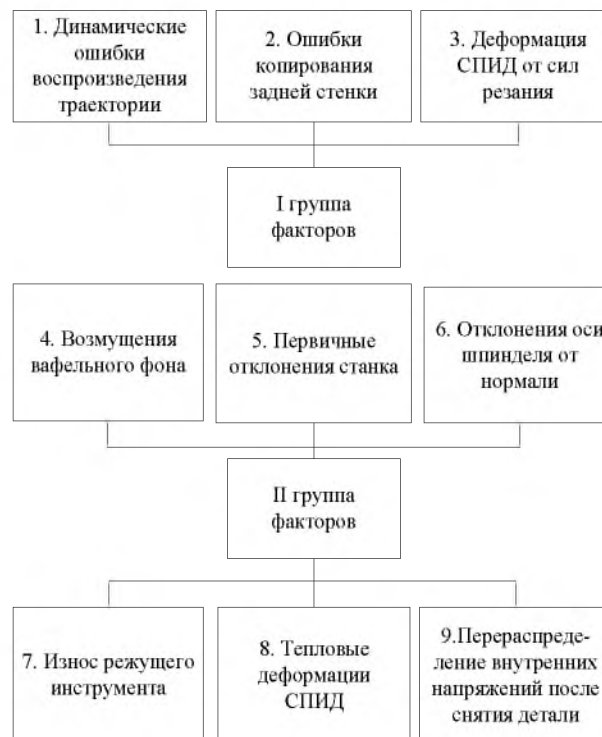


Рис. 2. Факторы отклонения толщины остаточного полотна



В процессе опытной обработки фрезерованием вафельных обечаек установлено, что толщины ребер и остаточного полотна имеют функциональную составляющую от номера точки обработки внутри одной ячейки, а также от номера кармана внутри ряда и от номера ряда. Поэтому факторы, влияющие на отклонение толщин ребер и полотна от номинальных значений, можно условно разделить на две группы (рис.2):

I группа – факторы, влияющие на толщину в пределах одного кармана;

II группа – факторы, влияющие на толщину по ряду и по всему изделию [2].

Факторы I группы приводят к образованию различных по величине ошибок в зависимости от положения режущего инструмента внутри одного кармана. При этом действие факторов можно рассматривать как квазипостоянное для близко расположенных ячеек с одной и той же траекторией обработки и поэтому будут получаться одинаковые «картины» отклонений.

В свою очередь, факторы II группы определяют изменение толщин в зависимости от положения (порядкового номера) ячейки в рабочем пространстве станка и не оказывают существенного влияния на разнотолщинность внутри одной ячейки.

Кроме того, интегральную погрешность обработки остаточного полотна, как и любое изме-

ряемое отклонение, можно разделить на случайную и функциональную составляющую [6]. Следует отметить, что независимо от физической природы отклонения (геометрические, силовые, температурные факторы), как правило, случайную составляющую уменьшают конструкторско-технологическими методами, а функциональную (систематическую) убирают цифровой коррекцией.

Необходимо подчеркнуть, что окончательное значение толщины остаточного полотна определяется на чистовом проходе. При чистовом проходе обеспечивается заданная чистота поверхности (качество поверхности) и одновременно существенно уменьшаются силы резания. При этом влияние случайной составляющей, которая определяется в основном силами резания, существенно уменьшается на толщину остаточного полотна.

Среди факторов, которые оказывают влияние на функциональную составляющую, наибольший интерес представляют ошибки, обусловленные отклонением оси шпинделя от нормали и погрешности копирования. Данные факторы мало изучены, в то же самое время их влияние значительно. Рассмотрим их более подробно.

На рис. 3 приведена схема образования ошибки по толщине остаточного полотна из-за отклонения оси шпинделя от нормали к поверхности.

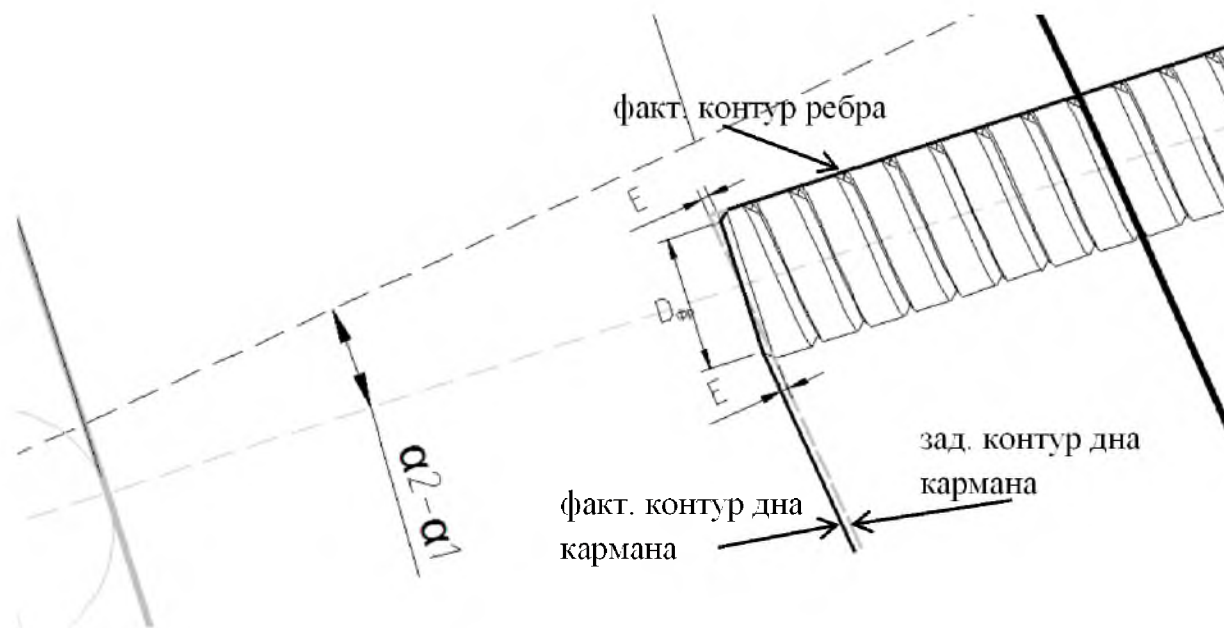


Рис. 3. Схема образования ошибки по толщине остаточного полотна

Соответствующее значение ошибки для данной ячейки будет определяться формулой:

$$E = [R_{\phi p} \cdot \sin(a_2 - a_1)], \quad (1)$$

где $R_{\phi p}$ – радиус фрезы; a_2 – угол наклона нормали к реальному контуру заготовки; $a_1 = B$ – угол наклона нормали к запрограммированному контуру заготовки.

Угол наклона нормали a_2 к реальному контуру заготовки может быть рассчитан по величине угла наклона прямой, аппроксимирующей сигнал с датчика слежения за контуром $V(B)$ по методу наименьших квадратов:

$$\alpha_2 = \operatorname{atan} \left[\frac{n \cdot \sum_{i=1}^n B_i V_i - \sum_{i=1}^n B_i \cdot \sum_{i=1}^n V_i}{n \cdot \sum_{i=1}^n B_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n B_i \right)^2} \right], \quad (2)$$

где V_i – показание датчика слежения за контуром в i -ой точке; B_i – показание энкодера поворотного

стола в i -ой точке; n – количество точек аппроксимирующей прямой.

На рис. 4 приведены кривые ошибок по толщине остаточного полотна: черная кривая – усредненные значения измеренных ошибок, серая кривая – рассчитанные по (3) значения. Как можно увидеть из рис.4, расчетные отклонения демонстрируют хорошую корреляцию со значениями фактически полученных отклонений после обработки пояса карманов.

Эффект от ошибки копирования задней стенки заготовки проиллюстрирован на рис.5. В данном случае зеленая кривая – сигнал с датчика слежения за контуром, записанный при вращении поворотного стола с заготовкой по координате B в прямом и обратном направлении. Красная кривая – сигнал, полученный «зеркальным отражением вокруг вертикальной оси» сигнала V , записанного при предварительном измерении задней стенки ячейки без выполнения реверса, т.е. «идеальный» сигнал с датчика копирования. Как видно из рис. 5, данные сигналы существенно различаются.

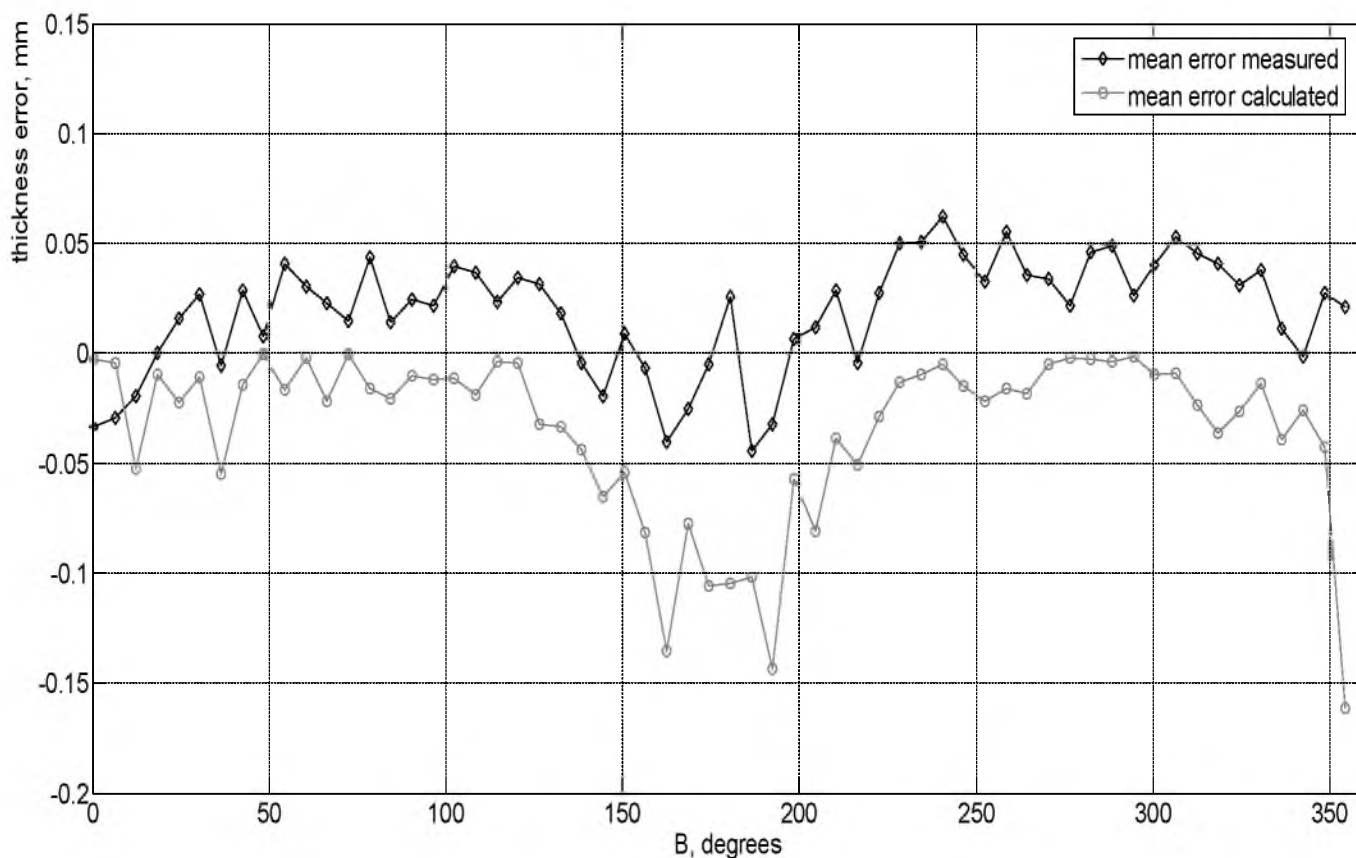


Рис. 4. Кривые усредненных ошибок по толщине остаточного полотна для всего пояса карманов



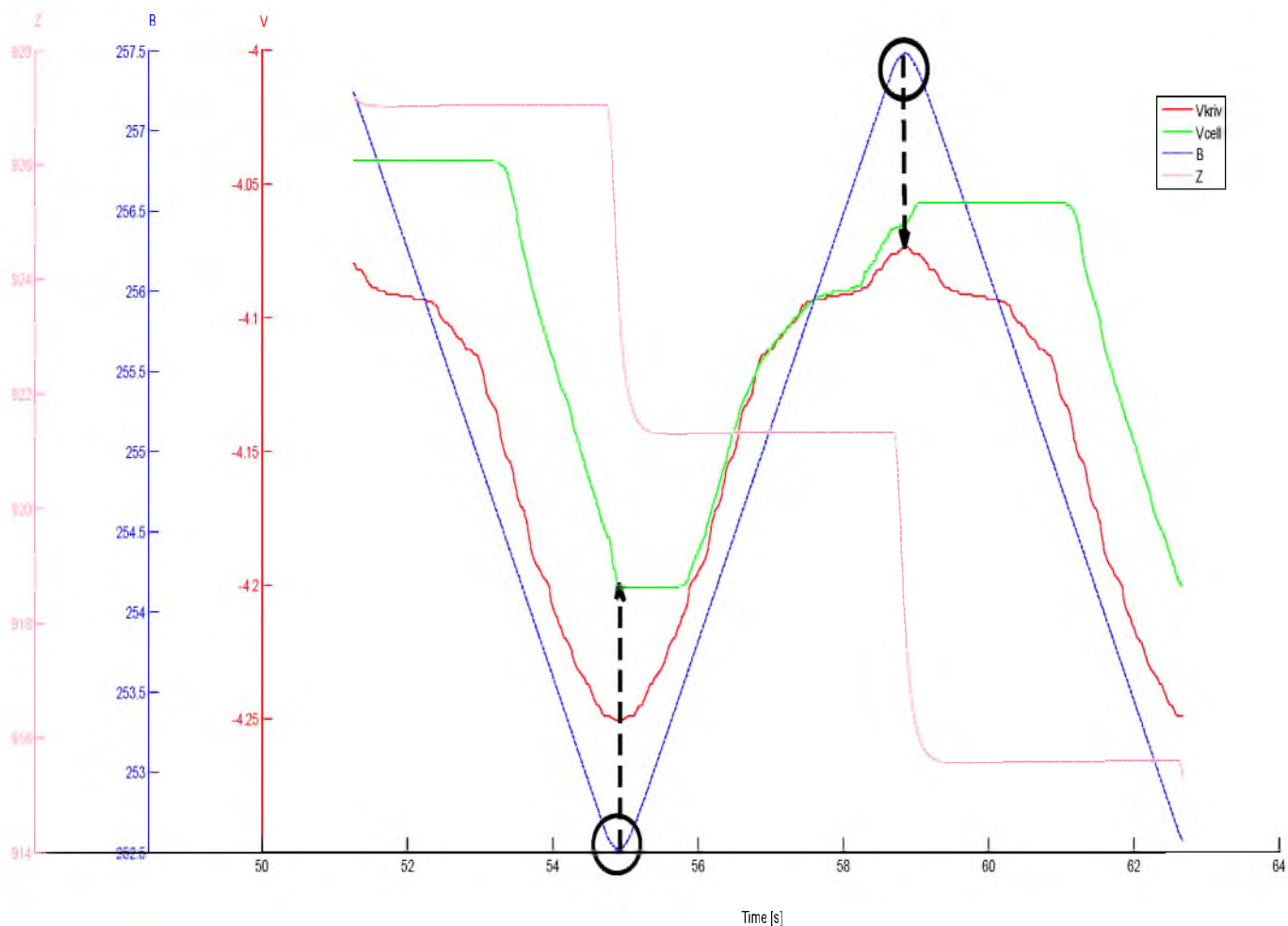


Рис. 5. Сигналы с датчика копирования задней стенки при резком изменении направления движения

Возможной причиной расхождения сигналов является наличие «упругого» зазора в системе слежения. Для иллюстрации этого факта построим в Simulink модель копировальной системы вафельной обработки, схема которой приведена на рис. 1.

Модель включает датчик слежения за контуром (V model) с зазором Backlash и модель привода по координате W (W model), обрабатывающей сигнал с датчика слежения (рис. 6). Для моделирования зазора в первом приближении воспользуемся стандартным блоком Backlash, который реализует обычный геометрический зазор [7]. В данном случае «идеальный» сигнал sim_v получен предварительным обмером аналогично красной кривой (рис. 5). Сигнал подается на вход модели системы слежения V_model с блоком зазора Backlash и выводится на Scope1,

где сравнивается с сигналом $simvmeas$, измеренным во время чистовой обработки ячейки по траектории «зигзаг». После чего данный сигнал подается на вход модели привода W_model , полученный на выходе сигнал $Wout$ используется для вычисления расчетной ошибки $E_calculated = Wout - Vsim$. Расчетная ошибка вместе с измеренной ошибкой $E_{measured}$ выводится на Scope2. На рис. 7 приведены сигналы со Scope1 при моделировании прохода по одной ячейке. Здесь фиолетовая кривая – фактический измеренный сигнал V во время обработки, желтая кривая – рассчитанный «идеальный» сигнал с датчика слежения за контуром (рассчитывается на основе данных о кривизне кармана до обработки), зеленая кривая – сигнал V , полученный моделированием («упругого» зазора) при обработке кармана по траектории «зигзаг».

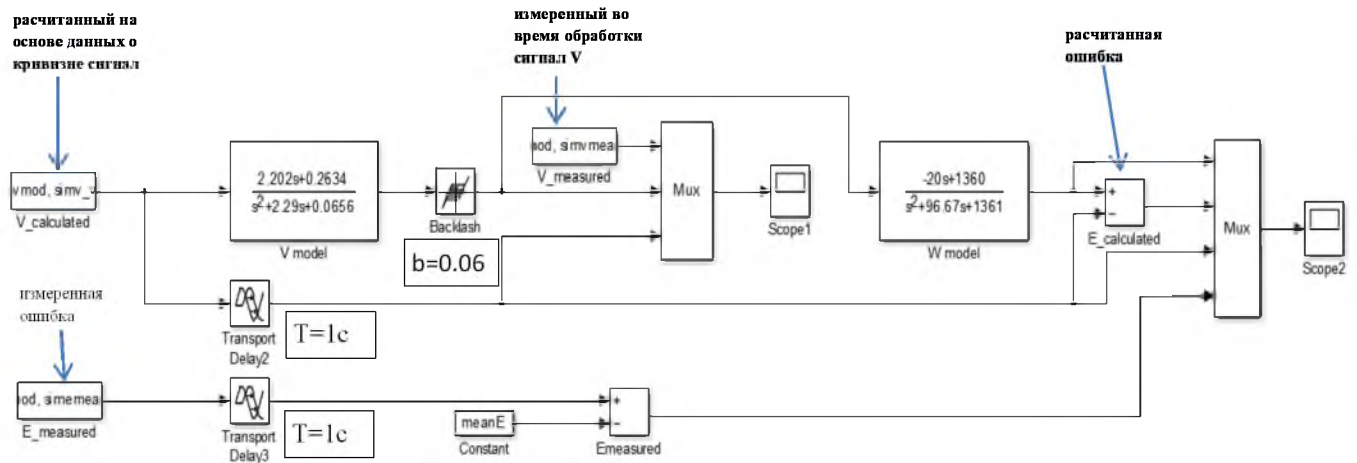


Рис.6. Модель копировальной системы вафельной обработки при наличии нелинейности типа «зазор» в измерительной цепи слежения за контуром задней стенки заготовки

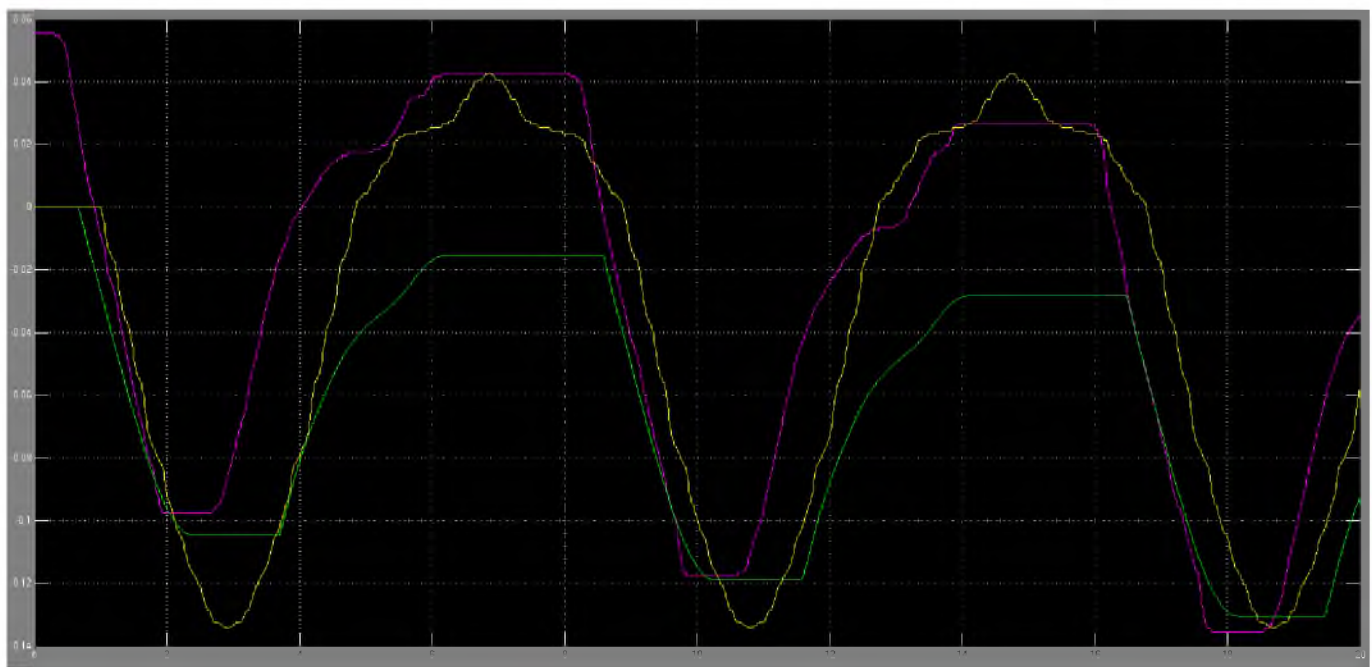


Рис. 7. Сигналы, полученные на Scope1 при моделировании прохода по одной ячейке

На рис. 8 приведены сигналы со Scope2 при моделировании образования отклонения толщины остаточного полотна при проходе по одной ячейке. Здесь: желтая кривая – рассчитанный «идеальный» сигнал с датчика слежения за контуром (рассчитывается на основе данных о кривизне кармана до обработки), розовая кривая – полученный на модели привода сигнал W во время обработки кармана по траектории «зигзаг», красная кривая – измеренная ошибка по толщине остаточного

полотна, голубая кривая – рассчитанная ошибка по толщине остаточного полотна.

Результаты моделирования показывают, что периодическая ошибка при резком изменении траектории движения носит функциональный характер и может быть объяснена «упругим» зазором в системе слежения. Следует отметить сложность компенсации данной ошибки методами коррекции по возмущению, особенно для более сложных траекторий типа «спираль».



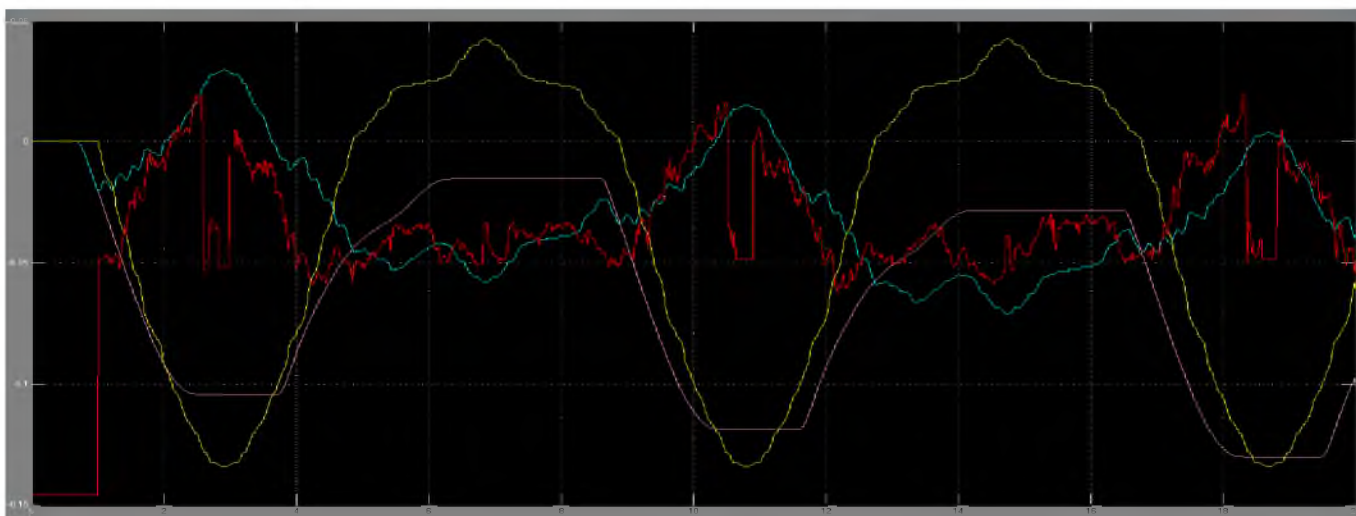


Рис. 8. Сигналы, полученные на Score2 при моделировании прохода по одной ячейке

Методы повышения точности обработки по толщине остаточного полотна

В [6 и 9] рассмотрены основные направления повышения точности металлорежущих станков с ЧПУ, разделенные на две группы: совершенствование конструкции оборудования и технологии изготовления, совершенствование процесса управления машины с ЧПУ методами программной коррекции. Как отмечено выше, применительно к чистовому фрезерованию вафельного фона перспективным представляется использование методов программной коррекции, так как они позволяют компенсировать наиболее существенные функциональные составляющие погрешности обработки остаточного полотна.

Различают следующие методы коррекции, используемые в процессе управления станком с ЧПУ [8]:

- 1) методы коррекции на основе априорной информации (коррекция по результатам калибровки станка, предсказание УП);
- 2) методы коррекции, основанные на принципе обратной связи;
- 3) методы коррекции, основанные на принципе компенсации возмущений.

При этом входными данными для методов коррекции могут служить результаты выполнения дополнительных контрольно-измерительных операций:

- сигналы с энкодеров осей $X(t)$, $Y(t)$, $Z(t)$, $B(t)$,...;
- сигнал с датчика слежения за контуром задней стенки $V(t)$;

- сигнал с ультразвукового датчика контроля толщины остаточного полотна $T(t)$;
- и другие.

Наибольший эффект с точки зрения компенсации влияния большинства факторов может дать использование системы ультразвукового контроля (УЗК) толщины в системе активного контроля с обратной связью по толщине остаточного полотна. Ультразвуковой датчик устанавливается так, что он измеряет толщину остаточного полотна обрабатываемой обечайки непосредственно в зоне резания. Информация об отклонениях размера поступает в систему ЧПУ, в результате чего в режиме реального времени корректируется траектория движения фрезы относительно обрабатываемой детали (рис.9):

$$Y_c(t) = Y_{ref}(t) + (T_{act}(t) - T_{ref}) \cdot W_{per}(s), \quad (3)$$

где $Y_c(t)$ – текущее значение сигнала коррекции по обратной связи по толщине остаточного полотна для привода оси Y ; $Y_{ref}(t)$ – заданное текущее программное значение координаты Y ; $T_{act}(t)$ – текущее измеренное значение толщины остаточного полотна; T_{ref} – заданное программное значение толщины остаточного полотна; $W_{per}(s)$ – передаточная функция регулятора, вычисляющего корректирующее воздействие по координате Y на основе показаний датчика обратной связи по толщине остаточного полотна. Однако в насто-

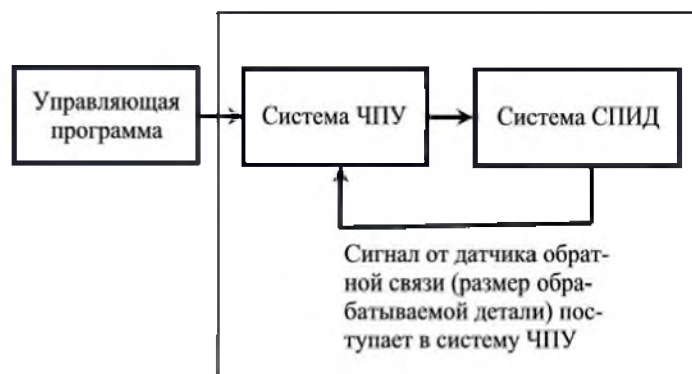


Рис. 9. Обобщенная схема системы с коррекцией по обратной связи

ящее время это решение не удастся реализовать из-за большого запаздывания сигнала, поступающего в систему ЧПУ от системы УЗК (время запаздывания ≥ 442 мс [9]).

Данные с датчика слежения за контуром задней стенки заготовки $V(t)$ в привязке к данным с энкодеров осей $B(t)$, $Z(t)$ могут быть использованы в системе коррекции по возмущению (рис. 10) для расчета корректирующей поправки K_{dist} , исходя из изложенной выше схемы влияния отклонения оси шпинделя от нормали к поверхности. В таком случае текущее значение сигнала коррекции по возмущению для привода оси Y будет определяться выражением:

$$Y_c = Y_p + K_{dist} \quad (4)$$

где Y_c – заданное перемещение по координате Y с учетом коррекции по возмущению; Y_p – заданное перемещение по Y по нескорректированной УП; $K_{dist} = f(B, Z, V, R_{fp})$ – рассчитанная по (1) и (2) корректирующая поправка для текущих значений координат (B, Z) .

Отметим, что без существенной потери точности корректирующая поправка K_{dist} может быть вычислена заранее до выполнения чистового фрезерования. В этом случае используется массив значений $[B_v Z_v V]$, полученный при предварительном обмере задней стенки заготовки датчиком V по всему поясу карманов. Данный массив $[B_v Z_v V]$ загружается в блок коррекции по возмущению, в результате вычисляется массив корректирующих поправок $[B_v Z_v K_{dist}^v]$ для всех пар значений (B_v, Z_v) . Далее блок коррекции по возмущению вычисляет корректирующую поправку для опорных точек траектории $[B_p Z_p Y_p \dots]$ путем интерполяции рассчитанных ранее корректоров $K_{dist} = f(B_v, Z_v, K_{dist}^v, B_p, Z_p)$.

Вне зависимости от того, осуществляется ли вычисление сигнала коррекции до или во время обработки, такой подход позволяет компенсировать влияние одного фактора из девяти, что является недостаточным для достижения инвариантности управляемой координаты от возмущений.

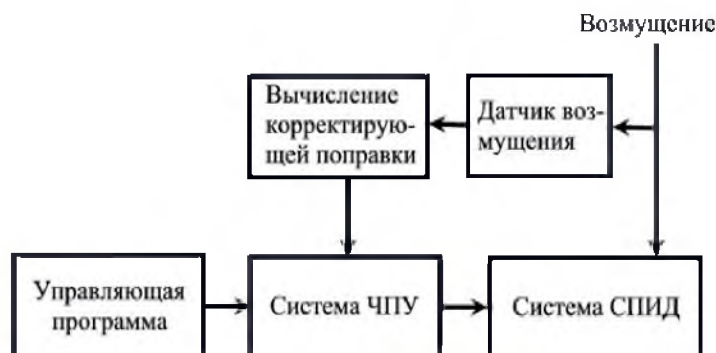


Рис. 10. Обобщенная схема системы с коррекцией по возмущению



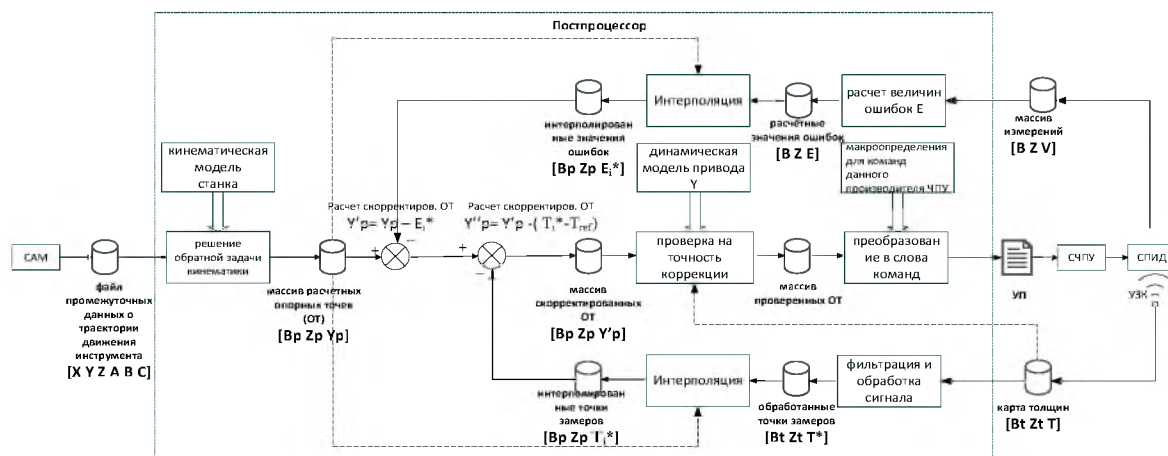


Рис. 11. Блок-схема комбинированной системы коррекции с самонастройкой

Поэтому предлагается усовершенствовать существующую технологию обработки вафельного фона, применив комбинированную систему коррекции (самонастраивающуюся систему).

На рис. 11 представлена блок-схема комбинированной системы коррекции, которая использует как коррекцию по возмущению, так и коррекцию по обратной связи.

В представленной системе используется несколько потоков информации:

- результаты измерения толщины остаточного полотна системой УЗК после чистовой обработки i -ого кармана в виде карты толщин $[B_i^i Z_i^i T_{act}^i]$;
- результаты измерения задней стенки заготовки датчиком слежения за контуром V в виде массива $[Bv Zv V]$;
- массив опорных точек траектории обработки $[Bp Zp Yp \dots]$, рассчитанный в постпроцессоре на основе заданных в САМ-системе траектории движения инструмента и режимов резания с учетом кинематической модели станка.

Чистовая обработка первой ячейки разделяется на два прохода: получистовой с припуском b под чистовую обработку $Y_p^1 = Y_p + b$ и чистовой по скорректированной УП $Y_c^1 = Y_p^1$. После получистового прохода карта толщин $[B_i^1 Z_i^1 T_{act}^1]$ и массив опорных точек траектории нескорректированной УП $[Bp Zp Yp \dots]$ загружаются в блок самонастройки, где происходит первоначальная обработка сигнала толщины (сглаживание, фильтрация), интерполяция сигнала, в результате рассчитывается сигнал коррекции по обратной связи K_{fb}^1 для всех опорных точек траектории УП:

$$K_{fb}^1 = T_{pf}^1 - T_{ref} - b \quad (5)$$

где T_{pf}^1 – результаты измерения толщины остаточного полотна первой ячейки после получистового прохода при $Y_p = Y_p + b$; T_{ref} – заданная толщина остаточного полотна; b – припуск под получистовую обработку.

Скорректированная управляющая программа Y_c^1 перемещения по оси Y , которая обрабатывает сигнал коррекции при чистовой обработке, примет вид:

$$Y_c^1 = Y_p + K_{fb}^1. \quad (6)$$

При чистовой обработке второй, ..., i -ой, $i+1$ -ой ячейки применяется та же самая УП, что и для чистовой обработки первой ячейки:

$$\begin{aligned} Y_c^2 &= Y_p + K_{fb}^2 = Y_p + K_{fb}^1 \\ &\dots \\ Y_c^i &= Y_p + K_{fb}^i = Y_p + K_{fb}^{i-1} \\ Y_c^{i+1} &= Y_p + K_{fb}^{i+1} = Y_p + K_{fb}^i, \end{aligned} \quad (7)$$

где Y_c^i – заданное в кадре перемещение по координате Y при чистовой обработке i -ой ячейки с учетом коррекции по обратной связи; Y_p – заданное в кадре перемещение по Y по нескорректированной УП; K_{fb}^i – сигнал коррекции по обратной связи для i -ой ячейки.

При этом влияние факторов II группы, рассмотренных ранее, будет приводить к увеличению ошибок T_{act}^i при обработке последующих ячеек. Следовательно, необходимо периодически выпол-

нять перерасчет (перенастройку системы) сигнала коррекции по обратной связи K_{fb}^i для обеспечения требуемой точности чистовой обработки. С этой целью во время чистовой обработки i -ой ячейки производится обмер карты толщин $[B_i^i Z_i^i T_{act}^i]$, результаты измерения толщин загружаются в блок самонастройки, где сигнал толщины T_{act}^i оценивается на предмет принадлежности граничному диапазону $(T_{th}^{min} \dots T_{th}^{max})$. Если значение толщины остаточного полотна T_{act}^i после обработки i -ой ячейки выходит за сигнальные границы, сигнал коррекции для последующей ячейки K_{fb}^{i+1} перерасчитывается подобно тому, как это осуществлялось для первой ячейки, то есть выполняется получистовой проход с припуском b на $i+1$ ячейке, расчет корректоров K_{fb}^{i+1} . Далее выполняется чистовая обработка $i+1, i+2$ и т.д. ячеек с рассчитанным корректором K_{fb}^{i+1} . Сказанное выше можно описать соотношением:

$$K_{fb}^{i+1} = K_{fb}^i, \text{ при } \max(T_{act}^i) < T_{th}^{max}, \min(T_{act}^i) > T_{th}^{min}$$

$$K_{fb}^{i+1} = T_{pf}^{i+1} - T_{ref} - b, \text{ при}$$

$$\max(T_{act}^i) \geq T_{th}^{max}, \min(T_{act}^i) \leq T_{th}^{min} \quad (8)$$

где K_{fb}^{i+1} – сигнал коррекции по обратной связи для $i+1$ ячейки; T_{act}^i – результаты измерения толщины

остаточного полотна i -ой ячейки после чистового прохода по программе Y_c^i ; T_{pf}^{i+1} – результаты изменения толщины остаточного полотна $i+1$ ячейки после получистового прохода по программе $Y_p = Y_p + b$; T_{ref} – заданная толщина остаточного полотна; b – припуск под получистовую обработку; $T_{th}^{max}, T_{th}^{min}$ соответственно максимальное и минимальное сигнальное значение толщины остаточного полотна.

Увеличить интервал между операциями перенастройки системы можно компенсируя влияние части факторов II группы путем введения и расчета дополнительной коррекции по возмущению K_{dist}^i . Как уже описано выше, корректор K_{dist}^i можно рассчитать до чистовой обработки по (1) и (2) на основе массива значений $[B_v Z_v V]$, полученного при предварительном обмере задней стенки заготовки, и массива опорных точек траектории обработки i -ой ячейки $[B_p Z_p Y_p \dots]$.

С учетом коррекции по возмущению, вычисляемой перед обработкой и коррекцией по обратной связи, которая рассчитывается при обработке, (6) для чистовой обработки i -ой ячейки примет вид:

$$Y_c^i = Y_p + K_{fb}^i + K_{dist}^i \quad (9)$$

где K_{dist}^i – рассчитанный по (1) и (2) корректор по возмущению.

Выводы

Рассмотрена технология зеркального фрезерования вафельного фона с точки зрения факторов, приводящих к отклонениям по толщине остаточного полотна обечайки.

Проведен анализ различных методов повышения точности обработки по остаточному полотну, осуществляемых программной коррекцией движения по координате Y .

Разработана схема и алгоритм работы комбинированной системы коррекции с самонастройкой

от кармана к карману как наиболее рациональной (число коррекций) с точки зрения уменьшения функциональной составляющей ошибки по толщине остаточного полотна.

Необходимо опробовать предложенный алгоритм повышения точности обработки остаточного полотна методом моделирования на базе имеющихся данных измерений отклонений обработанных обечаек на станке ОСВ.

Библиографический список

1. Зайцев А.М. Разработка направлений повышения эффективности технологической подготовки производства деталей и узлов ракетно-космической техники. – М.: 2016. –166 с.
2. Pas O., Serkov N. Developing an algorithm to control the accuracy of the milling of aerospace parts with cellular structure by using copying machine- tools with CNC of “SVO” type // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2019. – № 489. – P. 351–355.
3. Пась О.В., Серков Н.А. Повышение точности обработки остаточного полотна вафельных оболочек методом самонастройки от прохода к проходу // XXXII Международная инновационная конференция молодых ученых и студентов по проблемам машиноведения. Сборник трудов конференции. – 2021. – С. 498–502.





4. Panczuk, R., Foissac, P.-Y. (2010). Process and device for machining of panels. US Patent 7, 682, 112 B2.
5. Батрутдинов Р., Сысоев С. Технология изготовления вафельного фона в обечайках летательных аппаратов // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2011. – №7. – С. 7–8.
6. Серков Н.А. Основные направления повышения точности металлорежущих станков // Проблемы машиностроения и автоматизации. – 2010. – № 2. – С. 26–35.
7. Pas O.V., Serkov N.A. Influence of the gap and the friction on trajectory reproduction accuracy in a multiaxis machine with cnc // JVE International Ltd. Vibroengineering PROCEDIA. – 2016. – № 8. – P. 483–488.
8. Серков Н.А. Точность многокоординатных машин с ЧПУ: Теоретические и экспериментальные основы – М.: ЛЕНАНД.– 2015. – 304 с.
9. Zhang, Shaokun, Qingzhen Bi, Yulei Ji, Yuhan Wang. Real-Time Thickness Compensation in Mirror Milling Based on Modified Smith Predictor and Disturbance Observer// International Journal of Machine Tools and Manufacture. – 2019. – № 144.

Пась Олег Викторович – начальник отделения
АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева».
Тел.: +7 (495) 689-96-66, доб. 96-66.
E-mail: oleg.pas88@gmail.com
Pas Oleg Viktorovich – Division Head of JSC «NPO
«Technomac» named after S.A. Afanasyev».
Tel.: +7 (495) 689-96-66, ext. 96-66.
E-mail: oleg.pas88@gmail.com

Серков Николай Алексеевич – д-р техн. наук,
ведущий научный сотрудник Института машино-
ведения им. А.А. Благонравова Российской
академии наук.
Тел.: +7 (499) 135-30-68
E-mail: serkov1943@mail.ru
Serkov Nikolai Alekseevich – Doktor Nauk in Engi-
neering, Leading Research Officer of Institute of
Mechanical Engineering named after A.A. Blagon-
ravov, Russian Academy of Sciences.
Tel.: +7 (499) 135-30-68.
E-mail: serkov1943@mail.ru



УДК 629.78:004

*Должанский Ю.М., Илингина А.В., Кочергин С.А., Кузин А.И.
Dolzanskii Yu.M., Ilingina A.V., Kochergin S.A., Kuzin A.I.*

**«Информационный паспорт» – новый уровень исходной информации
для формирования баз данных по технологиям и оборудованию
ракетно-космической промышленности**

**«Information data sheet» - a new level of initial information for the generation
of databases on technologies and equipment of aerospace industry**

В статье приведен перечень специальных технологий и оборудования, разработанных и паспортизованных ФГУП «НПО «Техномаш» в 2006–2021 гг., и информация о проекте стандарта организации, разработанного АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева» в обеспечение формирования баз данных и знаний о передовых технологиях и специальном технологическом оборудовании для машиностроительного и двигательного производств ракетно-космической промышленности.

The article contains a list of special technologies and equipment developed and certified by FSUE «NPO «Technomash» in 2006-2021 and information about the draft standard of the organization developed by JSC «NPO «Tekhnomash» named after S.A. Afanasyev» to ensure the data- and knowledge base creation with of advanced technologies and special technological equipment for machine building and engine manufacturing of aerospace industry.

Ключевые слова: производство, ракетно-космическая промышленность, технология, специальное технологическое оборудование, информационный паспорт, информационная база данных, стандарт организации.

Keywords: manufacturing, aerospace industry, technology, special process equipment, information data sheet, information database, organizational standard.

В соответствии с поручением Федерального космического агентства (Госкорпорация «Роскосмос») по результатам работ, проведенных ФГУП «НПО «Техномаш» в рамках государственных контрактов на опытно-конструкторские работы, с 2006 года ведётся систематическая работа по оформлению «информационных паспортов» на важнейшие вновь разрабатываемые отраслевые технологии и специальное технологическое оборудование машиностроительного и дви-

гательного производств ракетно-космической промышленности (РКП).

На сегодняшний день оформлено более 250 «информационных паспортов» (табл. 1), в числе которых 33 паспорта, разработанных под методическим руководством ФГУП «НПО «Техномаш» предприятиями отрасли: АО «ЦКБ «Геофизика» (четыре паспорта, в таблице выделены голубым) и АО «НИИ «Гермес» (29 паспортов, в таблице выделены розовым).



Таблица 1. Перечень технологий и специального технологического оборудования машиностроительного и двигательного производств РКП, паспортизованных в 2006–2021 гг.

№ п/п	Название технологии (оборудования)	№ паспорта
2006 год		
1	Высокоточный стан ротационной вытяжки тонкостенных осесимметричных бесшовных обечаек	<i>П10</i>
2	Технология нанесения много-плёночных оптически прозрачных токопроводящих покрытий на конструкционные элементы и узлы спутниковых систем	<i>П11</i>
3	Технология нанесения вакуумных многоцелевых защитных покрытий на конструкционные элементы антенных систем из композиционных неметаллических материалов	<i>П12</i>
4	Санок специальный фрезерный с ЧПУ для фрезерования «вафельного фона» на внутренних или наружных поверхностях цилиндрических и конических обечаек	<i>П13</i>
5	Программно-аппаратный комплекс М-10М для контроля механических параметров гироскопов	<i>П18</i>
6	Мало-амперный инверторный источник питания для дуговой сварки неплавящимся электродом тонкостенных конструкций из сталей и алюминиевых сплавов	<i>П19</i>
7	Адаптивное устройство для специальных станков с ЧПУ, обеспечивающее повышение точности геометрии оребрения стенок КС ЖРД	<i>П26</i>
8	Универсальная сварочная головка УСГ-1 с аппаратурой управления для сварки плавящимся и неплавящимся электродом	<i>П27</i>
9	Технологический процесс лазерной сварки тонкостенных оболочек баллонов высокого давления	<i>П31</i>
10	Станок специальный намоточный с ЧПУ для изготовления пространственных криволинейных труб (СНП 23)	<i>П54</i>
11	Автоматизированное рабочее место АРМ УП ВАФОН для разработки, отладки и контроля технологических процессов и управляющих программ механической обработки на специальных фрезерных станках с ЧПУ обечаек и днищ с «вафельным фоном»	<i>П57</i>
12	Автоматизированное рабочее место АРМ КП БКС для комплексной проверки бортовых кабельных сетей изделий РКТ и космических аппаратов	<i>П58</i>
13	Комплекс программно-методических средств конструктивно-технологического обеспечения собираемости и параметров точности изделий РКТ	<i>П59</i>
14	Лечебно-профилактический гипобарический комплекс КГ 6-760/450 «Таганай»	<i>П60</i>

15	ОСТ 134-1036. «Изделия РКТ. Общие требования к технологическим процессам очистки-обезжиривания деталей и сборочных единиц изделий с применением водно-моющих средств серии «Деталан»	<i>П61</i>
16	ОСТ 134-1041. «Изделия РКТ. Применение озоносберегающих хладонов в технологических процессах производства. Общие требования к технологическим процессам»	<i>П62</i>
17	Технология, средства оснащения и оборудование для гибки особо тонкостенных труб	<i>П63</i>
2007 год		
1	Станок специальный фрезерно-раскройный с автопрограммированием по шаблону плаза для раскроя крупногабаритных заготовок из алюминиевых сплавов (мод. СФР-2)	<i>П1</i>
2	Станок специальный намоточный с ЧПУ для изготовления изделий типа тел вращения и прямых труб (мод. СНП 22)	<i>П2</i>
3	Станок специальный фрезерный с ЧПУ для изготовления деталей сложного профиля (мод. ДФ-966Р)	<i>П3</i>
4	Технология высокотемпературной пайки деталей из конструкционной керамики на основе нитрида кремния с жаропрочными сплавами на никелевой основе	<i>П4</i>
5	Технология изготовления паяных узлов систем терморегулирования из многослойных материалов системы «титан-алюминий-припой»	<i>П5</i>
6	Станок специальный фрезерный с ЧПУ для изготовления деталей сложной конфигурации (мод. СФП-13Р)	<i>П6</i>
7	Станок специальный фрезерный с ЧПУ для изготовления деталей сложной конфигурации (мод. СФП-14Р)	<i>П7</i>
8	Автоматизированная система функционального контроля и диагностики состояния ЖРДУ при стендовых технологических испытаниях и эксплуатации	<i>П9</i>
9	Экономичные высоковакуумные пароструйные насосы «Сонет» для обеспечения «чистого вакуума» в технологическом оборудовании	<i>П21</i>
10	Аппаратно-программный комплекс САУ-1 автоматического управления локальной термообработкой сварных швов емкостей высокого давления	<i>П22</i>
11	Технология акустического аппаратного контроля наличия посторонних предметов в замкнутых полостях изделий РКТ	<i>П23</i>
12	Комплекс индукционный технологический плавильный КИТ-25М	<i>П24</i>
13	Технология и оборудование для регламентированной развальцовки трубопроводов летательных аппаратов перед монтажом	<i>П25</i>
14	Комплекс индукционный технологический плавильный КИТ-25П для плавки цветных и драгоценных металлов	<i>П28</i>
15	Технология и оборудование для термообработки с использованием индукционного нагрева поверхностей отверстий малых размеров	<i>П29/</i>



16	Специальное оборудование и технология электрохимической доводки лопаток турбин ТНА ЖРДУ с активным контролем расхода рабочей жидкости	<i>П64</i>
2008 год		
1	Технология сварки термоэмиссионным полым катодом (СТПК) в вакууме узлов из титановых сплавов	<i>П20</i>
2	Установка электротермическая компрессионная (мод. ЭКУ 12.20/12,5)	<i>П30</i>
3	Технология контроля загрязнений твердыми частицами поверхностей деталей и сборочных единиц (ДСЕ) изделий РКТ	<i>П40</i>
4	Электроимпульсная нанотехнология получения высокоточных отливок из алюминиевых сплавов с повышенным качеством поверхности, физико-механическими и технологическими свойствами	<i>П55</i>
5	Устройства воспроизведения и калибровки контрольных потоков пробных газов и паров рабочих и технологических сред при контроле герметичности ДСЕ РКТ	<i>П56</i>
2009 год		
1	Капиллярная нанотехнология прецизионных испытаний на герметичность ДСЕ изделий РКТ	<i>П8</i>
2	Программно-аппаратный комплекс СБИ-05 для динамической балансировки роторов гироскопов на рабочей скорости вращения	<i>П14</i>
3	Программно-аппаратный комплекс М-50М для контроля механических параметров гироскопов	<i>П15</i>
4	Станок специальный фрезерный с ЧПУ для обработки оребрения на стенках КС ЖРД (мод. ГФ214-П)	<i>П16</i>
5	Программно-аппаратный комплекс СБИ-06 для динамической балансировки роторов силовых гироскопов	<i>П17</i>
6	Головки с аппаратурой управления для сварки неповоротных стыков труб диаметром 3–270 мм из сталей и сплавов	<i>П32</i>
7	Малогабаритная головка коллекторного типа ГСК-1 с аппаратурой управления для орбитальной сварки трубопроводов	<i>П33</i>
8	Технология вакуумной пайки алюминиевых теплообменников унифицированной конструкции	<i>П34</i>
9	Программно-аппаратный комплекс математического моделирования и оптимизации параметров пневмогидросистем ЖРДУ	<i>П35</i>
10	Программно-аппаратный комплекс МП-2000 для контроля качества сборки гироплатформ	<i>П36</i>
11	Программно-аппаратный комплекс М-2500 для контроля механических параметров измерительных гироскопов	<i>П37</i>
12	Течеискатель ТП-3 для контроля герметичности	<i>П38</i>
13	Калибратор средств измерения температуры КТ-1	<i>П39</i>
14	Станок специальный намоточно-выкладочный с ЧПУ (мод. СНП 21)	<i>П43</i>
15	Станок специальный намоточно-выкладочный с ЧПУ (мод. СНП 25)	<i>П44</i>



16	Станок специальный фрезерный с ЧПУ (мод. СВО 25)	<i>П45</i>
17	Станок специальный намоточный с ЧПУ для изготовления изделий сложных геометрических форм из новых типов композиционных материалов (мод. СНП 32)	<i>П46</i>
18	Автоматизированная ультразвуковая моечная установка	<i>П48</i>
<i>2010 год</i>		
1	Машина для сварки трением биметаллических конструкций изделий РКТ	<i>П42</i>
2	Технология и оборудование для изготовления крупногабаритных конструкций из высокопрочных листовых материалов методом сверхпластического деформирования и диффузионного сращивания (СДДС)	<i>П47</i>
3	Технология предварительного сферодинамического пластифицирования металла заготовок при многоплоскостной гибке труб проталкиванием	<i>П49</i>
4	Технология предварительного сферодинамического пластифицирования металла заготовок при объемной штамповке деталей	<i>П50</i>
5	Параметрический ряд стандов серии ССБМ для определения массы и статической балансировка изделий РКТ	<i>П51</i>
6	Станок специальный ЭПП-8 для электроэрозионного формообразования отверстий малого диаметра в форсунках КС ЖРД	<i>П52</i>
7	Станок специальный намоточный с ЧПУ для изготовления пространственных криволинейных труб (мод. СНП 23)	<i>П54</i>
8	Типовой технологический процесс неразрушающего оперативного рентгеновского контроля агрегатов и элементов РКТ, совмещенного с прочностными испытаниями	<i>П65</i>
9	Технология электронно-лучевой сварки трехслойных панелей из титановых сплавов для изготовления герметичных корпусов изделий РКТ	<i>П66</i>
10	Параметрический ряд стандов СИМИ для измерения моментов инерции изделий РКТ	<i>П67</i>
11	Универсальный трубогибочный станок модели СТОПН-80 для пространственной гибки трубопроводов пневмогидравлических систем изделий РКТ	<i>П68</i>
12	Технология точной гибки пространственных трубопроводов пневмогидравлических систем изделий РКТ	<i>П69</i>
13	Технология ротационной вытяжки бесшовных крупногабаритных деталей камер сгорания и корпусных деталей ЖРД	<i>П70</i>
14	Технология формообразования осесимметричных бесшовных герметизирующих оболочек (лейнеров) из высокопрочных сталей для металло-композитных баллонов высокого давления	<i>П71</i>
15	Сварочная головка с аппаратурой управления для аргонно-дуговой сварки неплавящимся электродом продольных и кольцевых швов и швов врезных элементов конструкций ракет-носителей	<i>П72</i>



16	Типовой технологический процесс неразрушающего оперативного ультразвукового контроля агрегатов и элементов РКТ, совмещенного с прочностными испытаниями	<i>П73</i>
17	Станок для электрохимического удаления дефектного слоя с лопаток турбин ТНА РКТ (мод. ЭХУДС-1)	<i>П74</i>
18	Станок специальный намоточно-выкладочный с ЧПУ для изготовления пространственных криволинейных труб из ПКМ (мод. СНП 33)	<i>П76</i>
19	Типовой технологический процесс акустико-эмиссионного неразрушающего контроля, совмещенного с прочностными испытаниями	<i>П77</i>
20	Технология изготовления паяных конструкций из высокопрочных и жаропрочных сплавов с сотовым наполнителем	<i>П79</i>
2011 год		
1	Станок специальный фрезерный для обработки продольных пазов на наружных поверхностях тонкостенных деталей сложного профиля (мод. 1250Н)	<i>П41</i>
2	Технология нанесения в вакууме плазмохимических металлокремнийорганических покрытий для терморегулирующих и радиотехнических систем КА	<i>П53</i>
3	Станок специальный фрезерный с ЧПУ для обработки «вафельного фона» на внутренней и внешней поверхностях тонкостенных деталей из алюминиевых сплавов (мод. СВДО 14)	<i>П75</i>
4	Технология и оборудование для автоматической и полуавтоматической импульсно-дуговой сварки плавящимся электродом конструкций из алюминиевых сплавов и сталей	<i>П78/</i>
5	Унифицированный модуль для электронно-лучевой сварки в локальном вакууме	<i>П80</i>
6	Технология формирования дихроичной структуры электропроводящих покрытий на рефлекторах антенных систем КА	<i>П81</i>
7	Технология электроимпульсного наномодифицирования расплавов алюминиевых сплавов	<i>П82</i>
8	Технологический процесс электроэрозионного формообразования отверстий в форсунках КС ЖРД	<i>П83</i>
9	Технологический процесс плазменного нанесения многоцелевых защитных покрытий	<i>П84</i>
10	Малогабаритная установка плазменного напыления термоэрозионностойких покрытий на ДСЕ изделий РКТ из углекомпозиционных материалов (мод. МП-УПН)	<i>П85</i>
11	Технологический процесс плазменного нанесения термоэрозионных покрытий на детали РКТ из композиционных материалов	<i>П86</i>
12	Технология электродуговой разрядной очистки (ЭДРО) деталей, сортового проката, ленты и проволоки	<i>П87</i>

<i>2012 год</i>		
1	Типовой технологический процесс неразрушающего оперативного контроля сварных соединений ДСЕ РКТ методами рентгеновской томографии	<i>П89</i>
2	Типовой технологический процесс неразрушающего оперативного контроля сварных соединений ДСЕ РКТ системами ультразвуковой микропроцессорной дефектоскопии	<i>П90</i>
3	Типовой технологический процесс неразрушающего оперативного контроля сварных соединений ДСЕ РКТ системами акустической томографии	<i>П91</i>
4	Технология изготовления корпусов КС ЖРД МТ из слоистых металлокомпозиатов	<i>П92</i>
<i>2013 год</i>		
1	Технология изготовления ротационной вытяжкой бесшовных сопловых деталей из ниобиевого сплава Н65В2МЦ на токарно-давальном станке типа КЖ9901-М	<i>П88</i>
2	Контрольные газовые течи пробных газов (гелий, аргон, элегаз, азот и др.)	<i>П93</i>
3	Оптоэлектронная система измерения линейных размеров (ОЭСИ)	<i>П94</i>
4	Автоматизированная система калибровки расходомеров газа (АСКР)	<i>П95</i>
5	Специализированный пульт калибровки течеискателей	<i>П96</i>
6	Технология изготовления биметаллических переходников малого диаметра многопереходной штамповкой	<i>П97</i>
7	Установка ректификационной очистки пожаровзрывоопасных органических растворителей (метиленхлорида и др.)	<i>П98</i>
8	Установка гидродинамической очистки ДСЕ теплообменных контуров систем терморегулирования КА	<i>П99</i>
9	Технология и оборудование для сварки термоэмиссионным полым катодом (СТПК) в вакууме	<i>П101</i>
10	Автоматизированный стенд для контроля и установки посадочных поверхностей (СОПП) под приборы систем управления движением КА	<i>П102</i>
11	Технология криогенной углекислотной очистки ДСЕ, в том числе крупногабаритных топливных баков, изделий РКТ	<i>П103</i>
12	Специальный станок для электрохимического удаления дефектного поверхностного слоя и доводки геометрии деталей сложного профиля (типа лопаток агрегатов подачи ЖРДУ)	<i>П104</i>
13	Технология приготовления суспензий с добавлением ультрадисперсных и нано-порошков	<i>П105</i>
14	Специальный алмазный инструмент для механической обработки деталей из конструкционных полимерных композиционных материалов	<i>П109</i>
15	Установка ректификационной очистки фторхлорорганических и других растворителей от трудноотгоняемых примесей, в том числе рабочих и балансируемых жидкостей, в производстве приборов точной механики	<i>П100</i>



16	Технология неразрушающего рентгеновского контроля сварных соединений с использованием аппаратно-программных комплексов получения и обработки цифровых рентгеновских изображений	<i>П111</i>
17	Опытная технология магнитно-импульсного воздействия на кристаллизующиеся в форме отливки из алюминиевых сплавов	<i>П112</i>
18	Головка для автоматической плазменно-дуговой сварки крупногабаритных корпусных конструкций изделий РКТ	<i>П113</i>
19	Установка «Волна-М» для дуговой сварки узлов автоматики и сильфонов	<i>П115</i>
20	Технология и средства технологического оснащения для пайки крыльчаток из алюминиевых сплавов	<i>П116</i>
21	Установка для лазерной и лазерно-дуговой сварки жаропрочных сталей и сплавов и химически активных металлов	<i>П117</i>
22	Головки для автоматической сварки неповоротных стыков трубопроводов из высокопрочных сталей и никелевых сплавов с повышенной зоной защиты металла швов от окисления	<i>П120</i>
2014 год		
1	Технология и оборудование для изготовления алюминиевой проволоки с повышенными физико-механическими свойствами для бортовых кабельных сетей (БКС) изделий РКТ	<i>П106</i>
2	Технология и оборудование для сварки тонкостенных прецизионных деталей и сильфонов	<i>П107</i>
3	Трубогибочный станок модели СГИН-120 с узкозональным индукционным нагревом для изготовления деталей трубопроводов изделий РКТ из малопластичных материалов	<i>П108</i>
4	Технология и специальное технологическое оборудование для снятия альфированного слоя на толстостенных полусферических титановых заготовках после термообработки	<i>П110</i>
5	Навесные головки для автоматической орбитальной сварки алюминиевых трубопроводов диаметром 6–140 мм	<i>П114</i>
6	Установка для испытания шаробаллонов на прочность с последующей очисткой внутренней полости жидким азотом в сверхкритическом состоянии	<i>118</i>
7	Установка для очистки внутренних поверхностей емкостей с применением CO ₂ в сверхкритическом состоянии	<i>119</i>
8	Установка диффузионного силицирования деталей и узлов КС ЖРД МТ из тугоплавких сплавов	<i>129</i>
9	Устройство (обкатной ролик) для адаптивного контроля текущей толщины стенки заготовки в процессе ротационной вытяжки оболочковых деталей	<i>П121</i>
10	Технология пластического формообразования деталей сложной формы методами объемного деформирования с использованием специализированных программ 3D моделирования	<i>П122</i>

11	Технология пластического формообразования деталей сложной формы методами плоского деформирования с использованием специализированных программ 3D моделирования	<i>П123</i>
12	Специальный намоточный станок мод. СНП 35 для изготовления из полимерных композиционных материалов элементов крупногабаритных трансформируемых механических систем космических аппаратов	<i>П124</i>
13	Специальный намоточный станок мод. СНП-36 для изготовления сопловых раструбов твердотопливных ракетных двигателей диаметром до 2500 мм	<i>П125</i>
14	Технология высокоскоростного фрезерования вафельного фона на плоских плитах из алюминиевых сплавов на станках с ЧПУ и режимами адаптации	<i>П126</i>
15	Технология выглаживания внутренних поверхностей КС ЖРД МТ из ниобиевых сплавов	<i>П127</i>
16	Технология абразивной микрообработки внутренних поверхностей КС ЖРД МТ из ниобиевых сплавов	<i>П128</i>
17	Установка плазмо-конденсатного молибденирования деталей и узлов КС ЖРД МТ из тугоплавких сплавов	<i>П130</i>
18	Электроэрозионный станок для прошивки отверстий малого диаметра (мод. ЭПП-8М)	<i>П131</i>
19	Автоматизированный стенд компьютерного контроля массы и положения центра масс изделий РКТ (мод. АСКМ)	<i>П132</i>
20	Автоматизированный стенд компьютерного контроля инерционных характеристик изделий РКТ (мод. АСКИ)	<i>П133</i>
21	Многогазовый мобильный течеискатель для контроля суммарной герметичности ДСЕ и агрегатов изделий РКТ	<i>П135</i>
22	Адаптивная система с пневмодатчиком для оперативного контроля геометрии остаточного полотна при фрезеровании вафельного фона на крупногабаритных обечайках изделий РКТ	<i>П136</i>
23	Установка для высокоскоростной сложно-профильной резки титановых полотен	<i>П137</i>
24	Оборудование для автоматизированных испытаний титановых шаробаллонов на герметичность и прочность	<i>П138</i>
25	Оборудование для пневмовакуумной формовки полусфер титановых шаробаллонов в защитной среде	<i>П139</i>
26	Пульт управления пневмовакуумной формовкой в защитной среде полусфер титановых шаробаллонов	<i>П140</i>
27	Установка для пневмовакуумной формовки полусфер титановых шаробаллонов в защитной среде	<i>П141</i>
28	Оборудование и технология для сварки кольцевых и продольных швов корпусов из алюминиевых сплавов типа АМг6НПП, 01570 толщиной более 22 мм	<i>П142</i>
29	Технология и специальное ионно-плазменное оборудование для нанесения высокоотражающих и терморегулирующих покрытий (ВО ТРП)	<i>П143</i>



30	Оборудование для дуговой сварки в защитной среде в автоматическом, полуавтоматическом и ручном режимах ДСЕ изделий РКТ из титановых сталей и сплавов	<i>П144</i>
31	Стенд СБК14 для статической балансировки гироскопов	<i>П145</i>
32	Эталонный измерительный комплекс контроля статических моментов эталонов массы и центров масс изделий РКТ (ЭИКСМ)	<i>П146</i>
33	Автоматизированный комплекс для измерения толщины стенок и контура крупногабаритных сопел камер сгорания ЖРД	<i>П148</i>
34	Технология и оборудование для акустической обработки («озвучивания») расплавов высоколегированных и жаропрочных сталей	<i>П149</i>
35	Оборудование и технология контроля предварительной осевой нагрузки на шарикоподшипниковые узлы силовых гироскопов массой до 40 кг и двигателей-маховиков массой до 10 кг	<i>П151</i>
37	Стенд измерения моментов сопротивления вращению со стабилизацией величины напряжения питания непосредственно на выводах испытываемого прибора	<i>П153</i>
38	Технологические модули вакуумной установки типа УВМ-1200У для нанесения в вакууме специальных плазмохимических металлокремнийорганических покрытий (ПМК ВП)	<i>П154</i>
39	Технология и специальные технологические модули для нанесения в вакууме кислородосодержащих модифицирующих (КСМ) покрытий на элементы систем пассивного терморегулирования изделий РКТ	<i>П156</i>
40	Специальный станок (многокоординатный портальный обрабатывающий центр) для обработки слоистых пластиков и алюминиевых сплавов (мод. ОЦП 3000)	<i>П157</i>
41	Автоматизированный стенд контроля массовых и инерционных характеристик изделий РКТ (АМИК)	<i>П158</i>
42	Установка контроля герметичности тепловых контуров СТР по регистрации проникающих паров теплоносителей (ЛЗ ТК-2, аммиак и др.)	<i>П159</i>
2015 год		
1	Универсальный прибор «ЭКРАН» для экспресс-анализа масляных загрязнений в сжатых технологических газах	<i>П147</i>
2	Стенд контроля моментных характеристик гироскопов (мод. М-50МТ)	<i>П150</i>
3	Установка УПТТ-1 для пайки тонкостенных трубопроводов	<i>П152</i>
4	Комплексная технология изготовления КС ЖРД МТ из керамических и композиционных материалов с использованием армирующей намотки и вакуумной пайки	<i>П155</i>
5	Установка иммерсионного ультразвукового контроля сварных соединений трубопроводов	<i>П160</i>
6	Установка (рабочий эталон) для воспроизведения и измерения микропотоков газов в вакууме и калибровки контрольных течей и течеискательной аппаратуры	<i>П161</i>

7	Установка измерения объемов топливных баков ракет-носителей и специальных емкостей РКТ газом методом прямого и обратного перепуска	<i>П163</i>
8	Специальный намоточный станок мод. СНП 34 для изготовления из ПКМ трубопроводов высокого давления диаметром 20-45 мм для топливных систем ракет-носителей	<i>П164</i>
9	Установка контроля герметичности ампулизованных систем изделий РКТ, управляемых компонентами ракетного топлива «амил» и «гептил»	<i>П165</i>
10	Технология высокочастотного акустического воздействия на кристаллизующиеся расплавы металлов	<i>П166</i>
11	Технологический стенд вибрационного воздействия на расплавы металлов	<i>П167</i>
12	Технология ЭЛС из жаропрочных сталей и сплавов узлов малых, средних и крупных габаритов изделий РКТ с использованием высокоточных кинематических механизмов	<i>П168</i>
13	Технология высокотемпературной пайки узлов ЖРД из конструкционной керамики с металлами	<i>П169</i>
14	Технология аргонно-дуговой сварки корпусных конструкций из перспективных высокопрочных алюминиевых сплавов, легированных литием и скандием	<i>П170</i>
15	Система (устройство) подачи присадочной проволоки при электронно-лучевой сварке	<i>П171</i>
16	Оборудование и технология лазерной сварки бипереходников титановых шаробаллонов	<i>П172</i>
17	Установка для ручной и автоматической сварки в контролируемой среде химически активных металлов и сплавов	<i>П174</i>
18	Автоматизированный комплекс сварки баков	<i>П175</i>
19	Установка СТЫК-ТМ для стыковой сварки трубных переходников электрической дугой в инертной атмосфере низкого давления	<i>П176</i>
20	Установка для ультразвуковой размерной обработки хрупких и композиционных материалов	<i>П177</i>
21	Оборудование и технология электрохимического осаждения метало-алмазных кристаллических покрытий на упрочненных лазерным излучением поверхностях	<i>П179</i>
22	Оборудование и технология плазменно-вакуумного осаждения метало-алмазных кристаллических покрытий на упрочненных лазерным излучением поверхностях	<i>П181</i>
23	Специальная электротермическая компрессионная установка мод. ЭКУ-1П для автоматизированной высокотемпературной пайки и термообработки КС ЖРД	<i>П182</i>
24	Специальная электротермическая компрессионная установка мод. ЭКУ-2П для автоматизированной высокотемпературной пайки и термообработки КС ЖРД	<i>П183</i>



25	АСКРТП (автоматическая система контроля и регулирования технологических параметров намотки) для изготовления из ПКМ конструкций сложной геометрической формы	<i>П184</i>
26	Технология изготовления конструкций из ПКМ методом анизотропной «мокрой» намотки на специальном оборудовании с автоматической системой контроля и регулирования технологических параметров процесса (АСКРТП)	<i>П185</i>
27	Комплекс оборудования для испытаний топливных баков ракет-носителей и специальных емкостей изделий РКТ на прочность и герметичность	<i>П186</i>
28	Установка АЭЛТК-135-455 для автоматизированной электронно-лучевой сварки в общем вакууме крупногабаритных корпусных конструкций изделий РКТ из перспективных алюминиевых сплавов	<i>П187</i>
29	Технология электронно-лучевой сварки корпусных конструкций из перспективных высокопрочных алюминиевых сплавов, легированных литием и скандием	<i>П188</i>
30	ОСТ 134-1060-2013 «Контроль герметичности ампулизованных агрегатов и систем. Общие требования к методам контроля герметичности регистрацией утечек рабочих и технологических сред»	<i>П189</i>
31	Установка для контроля герметичности ампулизованных систем КА по регистрации проникающих паров растворителей хладон 113, хладон 114b и испытаний агрегатов КА на прочность	<i>П190</i>
2016 год		
1	Автоматизированный стенд СБК-14 статической балансировки гироскопов	<i>П145</i>
2	Автоматизированный комплекс для измерения толщины и контроля контура крупногабаритных сопел КС ЖРД	<i>П148</i>
3	Автоматизированная установка очистки ДСЕ арматуры и автоматики изделий РКТ растворителями хладон 141b, хладон 122, хладис ДВХ	<i>П162</i>
4	Инструментальный комплекс автоматизированного мониторинга средств управления, контроля и диагностики станков	<i>П173</i>
5	Стенд контроля шарикоподшипниковых опор гироскопов массой до 1 кг	<i>П180</i>
6	Стенд контроля шарикоподшипниковых опор двигателей-маховиков массой до 10 кг	<i>П191</i>
7	Установка для контроля виброактивности двигателей-маховиков массой до 10 кг	<i>П192</i>
8	Универсальный малогабаритный электродинамический вибратор ВЭДМ-2ТМ1	<i>П193</i>
9	Штамповая оснастка для изготовления заготовок турбин ТНА ЖРД (предварительные переходы, окончательная формовка)	<i>П194</i>
10	Специализированный магнитный толщиномер функциональных покрытий «никель на бронзе» КС ЖРД (мод. МТНП-1М)	<i>П195</i>

11	Специализированный магнитный толщиномер функциональных покрытий «хром на никеле» КС ЖРД (мод. МТП-ХН1)	<i>П196</i>
12	Специализированная установка для автоматизированного рентгенофлуоресцентного контроля толщин серебряных покрытий на оребренных поверхностях бронзовых цилиндрических деталей ЖРД (мод. РТВК-1КР)	<i>П197</i>
13	Комплекс оборудования для автоматизированного ультразвукового контроля качества материала стенок сопел после ротационной вытяжки и качества пайки сопел ЖРД типа 14Д23	<i>П198</i>
14	Вакуумная индукционная плавильно-заливочная установка с управляемым вводом лигатур и модифицирующих наноразмерных частиц непосредственно в струю разливаемого в формы металла	<i>П200</i>
15	Бароаквариум для контроля герметичности ДСЕ РКТ с использованием в качестве индикаторной среды растворителей хладон 122, хладон 141b	<i>П201</i>
16	Автоматизированный выкладочный комплекс с выкладочными головками 6-50, 6-100 и 6-150 мм	<i>П203</i>
17	Автоматизированный комплекс измерения толщины остаточного полотна вафельного фона на крупногабаритных обечайках и плоских панелях из алюминиевых сплавов	<i>П204</i>
18	Установка для автоматизированной лазерной и комбинированной лазерно-дуговой сварки жаропрочных сталей и сплавов и химически активных металлов	<i>П210</i>
19	Технология комбинированной лазерно-дуговой сварки жаропрочных сталей и сплавов и химически активных металлов толщиной до 15 мм	<i>П211</i>
20	Установка для пайки в глубоком вакууме блоков форсунок КС ЖРД	<i>П212</i>
21	Головки нового поколения для автоматической сварки неповоротных стыков трубопроводов из алюминиевых сплавов	<i>П216</i>
22	Специализированный станок мод. ЭПП-310П для совмещенной электроэрозионной и электрохимической прошивки отверстий малого диаметра в деталях изделий РКТ	<i>П223</i>
2017 год		
1	Станок балансировочный СБЛ14 для динамической лазерной балансировки роторов гироскопов с автоматическим устранением дисбаланса лазерным лучом	<i>П178</i>
2	Установка для электронно-лучевой сварки в общем вакууме ДСЕ изделий РКТ	<i>П187</i>
3	Комплекс оборудования для автоматизированного оптического контроля толщины стенок сопел после ротационной вытяжки и фрезерования ребер ЖРД типа 14Д23	<i>П199</i>
4	Стенд СКОН для контроля осевой нагрузки на главные опоры силовых гироскопов и двигателей-маховиков массой до 3 кг по собственной частоте колебаний ротора	<i>П201</i>
5	Оборудование для контроля качества сварных соединений ДСЕ ЖРД	<i>П205</i>



6	Автоматизированный механообрабатывающий комплекс для фрезерования каналов охлаждения на крупногабаритных криволинейных деталях диаметром до 2500 мм	<i>П206</i>
7	Автоматизированный стенд МЦМ 6000 для высокоточной статической балансировки КА и другой полезной нагрузки массой до 6000 кг перспективных изделий РКТ	<i>П207</i>
8	Автоматизированный стенд СМИ 1000 для определения моментов инерции КА и другой полезной нагрузки массой до 1000 кг перспективных изделий РКТ	<i>П208</i>
9	Установка УПТТ-8 для пайки тонкостенных трубопроводов	<i>П209</i>
10	Технология гальванического нанесения толстослойных никельхромовых покрытий на ДСЕ ЖРД сложного профиля	<i>П214</i>
11	Технологии гальванического нанесения теплозащитных никелевых покрытий на ДСЕ ЖРД	<i>П215</i>
12	Оборудование для радиометрического контроля толщины специальных покрытий ДСЕ ЖРД	<i>П217</i>
13	Оборудование для автоматизированного рентгенофлуоресцентного контроля толщины серебряных покрытий на оребренных поверхностях ДСЕ ЖРД	<i>П218</i>
14	Оборудование для контроля качества конструкционных покрытий, в том числе в труднодоступных местах КС ЖРД	<i>П221</i>
15	Автоматизированный измерительный комплекс АСБЖРД для высокоточной статической балансировки ЖРД и контроля геометрических параметров сопел	<i>П222</i>
16	Оборудование для неразрушающего контроля паяных соединений ДСЕ ЖРД	<i>П224</i>
17	Аппаратура нового поколения для неразрушающего мехатронного контроля ДСЕ РКТ	<i>П225</i>
18	Аппаратура нового поколения для неразрушающего контроля ДСЕ РКТ методами интеллектуального машинного зрения	<i>П226</i>
19	Балансировочный станок ВДСИГП с системой измерения геометрии наружного обвода для выходного контроля головных частей изделий РКТ	<i>П227</i>
20	Специальное технологическое оборудование для гибки тонкостенных труб прямоугольного сечения	<i>П228</i>
2018 год		
1	Специальное технологическое оборудование для лазерной сварки в защитной среде деталей и узлов ЖРД МТ из тугоплавких металлов	<i>П219</i>
2	Специальный технологический модуль для изготовления заготовок ДСЕ ЖРД послойным лазерным спеканием металлических порошков	<i>П229</i>
3	Технология изготовления ротационной вытяжкой на стане СРВ-1200 крупногабаритных цилиндрических обечаек с переменной толщиной стенки	<i>П230</i>
4	Специальное технологическое оборудование для электронно-лучевой сварки тепловых труб	<i>П231</i>

5	Специальное технологическое оборудование для автоматического входного контроля материалов заготовок, применяемых при изготовлении РКТ	<i>П233</i>
6	Специальное технологическое оборудование для пневмогидравлический испытаний агрегатов ЖРД	<i>П234</i>
7	Специальный станок для формирования винтового оребрения на стенках камер сгорания ЖРД	<i>П235</i>
8	Специальный технологический комплекс для формирования вафельного фона на внутренних и наружных поверхностях крупногабаритных обечаек	<i>П236</i>
9	Комплекс оборудования для ректификационной доочистки, хранения и подачи растворителей в моечные камеры	<i>П241</i>
10	Установка для совмещённой очистки, обезжиривания и испытаний на прочность и герметичность ёмкостей изделий РКТ	<i>П242</i>
11	Установка для финишной очистки и обезжиривания органическими растворителями в пожаровзрывобезопасном исполнении	<i>П243</i>
12	Установка для очистки длинномерных трудно промываемых элементов (трубопроводов, топливных магистралей и т.п.) ЖРД и ракет-носителей	<i>П244</i>
13	Установка для очистки и обезжиривания крупногабаритных ДСЕ ЖРД растворителями хладон 141b, Forane 141b, хладон 122, хладис ДВХ	<i>П245</i>
14	3D принтер для изготовления ДСЕ методом прямого аддитивного лазерного выращивания	<i>П246</i>
15	Автоматизированный стенд для контроля геометрических параметров блоков ракет-носителей (мод. «Стенд ГП»)	<i>П247</i>
16	Станок электрохимический мод. СЭХО-172М для снятия заусенцев и скругления кромок пересекающихся отверстий ДСЕ изделий РКТ	<i>П248</i>
2019 год		
1	Механообрабатывающий комплекс с адаптивной системой управления и контроля для формирования внутреннего и наружного вафельного фона на цилиндрических и конических обечайках из алюминиевых сплавов	<i>П204</i>
2	Специальное технологическое оборудование для неповоротной кольцевой приварки автоматической дуговой сваркой в среде инертных газов концевых элементов к трубопроводам сложной конфигурации из нержавеющей сталей и алюминиевых сплавов	<i>П213</i>
3	Специальное технологическое оборудование для электроннолучевой сварки тепловых труб	<i>П231</i>
4	Специальное технологическое оборудование для дуговой сварки в инертных газах конструкций из сталей и алюминиевых сплавов с импульсным газодинамическим воздействием на сварочную ванну	<i>П232</i>
5	Стенд ускоренных ресурсных испытаний силовых гироскопических комплексов КА со сроком эксплуатации до 15 лет	<i>П237</i>
6	Стенд автоматизированного контроля качества изготовления бескорпусных двигателей для гироплатформ КА	<i>П238</i>



7	Программно-математическое обеспечение аппаратно-программного комплекса информационного сопровождения производственных испытаний пневмогидравлических систем ЖРДУ	<i>П239</i>
8	Специальное технологическое оборудование для нанесения покрытий с высокой электропроводностью на внутренние поверхности волноводных элементов сложной пространственной конфигурации	<i>П240</i>
9	Инструмент типа «BOBBIN-TOOL» для фрикционной сварки листовых заготовок	<i>П249</i>
10	Установка УПТТ-1-19 для пайки тонкостенных трубопроводов из нержавеющей сталей	<i>П250</i>
11	Специальное технологическое оборудование для фрикционной сварки малогабаритных ёмкостей, узлов и агрегатов изделий РКТ	<i>П252</i>
12	Установка межоперационной и финишной очистки ДСЕ РКТ водно-моющими средствами группы «Деталан»	<i>П253</i>
13	Установка очистки ДСЕ арматуры и автоматики водно-моющими средствами группы «Деталан»	<i>П254</i>
<i>2020 год</i>		
1	Оборудование для изготовления углепластиковых профилей для каркасов солнечных батарей космических аппаратов	<i>П251</i>
2	Установка для электронно-лучевой сварки в локальном вакууме заготовок шпангоутов и продольных швов обечаек ракет-носителей	<i>П254</i>
3	Технология изготовления деталей и сборочных единиц РКТ из отечественных металлических порошков методом аддитивных технологий	<i>П255</i>
4	Установка для электронно-лучевой сварки в общем вакууме крупногабаритных корпусных конструкций изделий РКТ	<i>П256</i>
5	Полуавтомат электроэрозионный электрохимический вырезной мод. ЭПЗ10ПВ	<i>П257</i>
6	Установка для электронно-лучевой сварки в локальном вакууме кольцевых швов обечаек диаметром до 3500 мм	<i>П258</i>
7	Намоточный станок для автоматизированного изготовления стекло- и углепластиковых профилей для каркасов солнечных батарей космических аппаратов	<i>П260</i>
<i>2021 год</i>		
1	Инструмент для сварки трением в перемешиванием <i>(техническое предложение)</i>	<i>П261</i>

Информация о наиболее значимых для отрасли паспортизированных разработках АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева» периодически публикуется в журнале «Вестник «НПО «Техномаш», а также в ведущих российских профильных журналах – «Технология машиностроения» и «Сварочное производство».

С учётом современных тенденций широкого внедрения информационных технологий и актуальных задач грядущей тотальной цифровизации производства накопленный АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева» опыт разработки информационных паспортов настоятельно требует определенного регламентирования структуры и порядка оформления подобных документов, в связи с чем разработан специальный стандарт организации СТО 7.5-10-2021 «Система менеджмента. Информационный паспорт технологии, специального оборудования. Основные положения».

Стандарт соответствует требованиям и положениям основных действующих нормативных документов: [1], [2], Положение РК-11, ГОСТ РВ 0015-002, ГОСТ РВ 15.105, ГОСТ РВ 15.203, ОСТ 134-1028; и регламентирует структуру исходной информации для формирования электронных баз данных и знаний по передовым технологиям машиностроительного и двигательного производств ракетно-космической отрасли и порядок оформления информационных паспортов.

Содержание информационных паспортов призвано стать одним из базовых элементов комплексных цифровых систем управления перспективными научными исследованиями и разработками, реализации программ технического перевооружения и оптимизации производственно-технического потенциала отдельных предприятий и отрасли в целом.

В проекте стандарта использованы общепринятые термины и определения согласно [1], а также определено содержание следующих специальных терминов:

- базовая технология;
- критическая технология;
- перспективная технология;
- прорывная технология;
- информационный паспорт (технологии, оборудования).

В информационном паспорте отражается основная техническая и производственная информация о разработке, в том числе:

- название технологии (специального технологического оборудования);
- заказчик разработки (название организации (предприятия) и его юридический адрес);
- головной исполнитель (название организации (предприятия) и его юридический адрес);
- непосредственный разработчик (подразделение головного исполнителя);
- годы начала и завершения работ;
- номер заключенного на выполнение работы контракта;
- номер государственной регистрации НИОКР;
- соисполнители работы (названия организаций с их юридическими адресами);
- изготовитель оборудования (название организации с его юридическим адресом);
- официальный поставщик оборудования (название организации с его юридическим адресом);
- названия предприятий (организаций), на которых планируется внедрение разработки (с указанием планируемых сроков внедрения);
- краткое описание разрабатываемой производственной технологии (специального оборудования);
- уровень готовности технологии (оборудования) согласно [2];
- наличие аналогов разработанной продукции (в России и за рубежом);
- основные технические характеристики разработанной продукции;
- документация, характеризующая технический уровень разработки (включая полученные в результате выполнения работ патенты, лицензии и т.п.);
- сведения о фактическом внедрении разработок на предприятиях отрасли;
- изделия, для производства которых рекомендуется применение разработанных технологических процессов (специального технологического оборудования).

Утвержденные паспорта хранятся в архивном фонде АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева» и могут использоваться для ввода



в соответствующие интерактивные информационно-поисковые базы данных. Сданные в архив паспорта могут редактироваться и дополняться исполнителем (разработчиком) с официальным оформлением соответствующих листов изменений и дополнений к паспорту, являющихся в даль-

нейшем его неотъемлемыми частями. Выдача информации из архивного фонда АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева» осуществляется по официальным запросам в установленном порядке.

Библиографический список

1. ГОСТ Р ИСО 9000-2015 Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. – М.: Стандартиформ. – 2015. – 49 с.
2. ГОСТ Р ИСО 9001 Система менеджмента качества. Требования – М.: Стандартиформ. – 2015. – 28 с.

Должанский Юрий Михайлович – д-р техн. наук, главный научный сотрудник АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева».
Тел.: 8 (495) 689-97-04, доб. 24-27.
E-mail: Dolzhansky.Yu@tmnpo.ru
Dolzhanskii Iurii Mikhailovich – Doktor Nauk in Engineering, Principal Research Officer of JSC «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasev».
Tel.: 8 (495) 689-97-04, ext. 24-27.
E-mail: Dolzhansky.Yu@tmnpo.ru

Илингина Алла Валерьевна – директор центра АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева».
Тел.: 8 (495) 689-96-90.
E-mail: a.ilingina@tmnpo.ru
Ilingina Alla Valerevna – Center Director of JSC «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasev».
Tel.: 8 (495) 689-96-90.
E-mail: a.ilingina@tmnpo.ru

Кочергин Сергей Александрович – директор центра АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева».
Тел.: 8 (495) 689-95-45.
E-mail: S.Kochergin@tmnpo.ru
Kochergin Sergei Aleksandrovich – Center Director of JSC «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasev».
Tel.: 8 (495) 689-95-45.
E-mail: S.Kochergin@tmnpo.ru

Кузин Анатолий Иванович – д-р техн. наук, проф.
Kuzin Anatolii Ivanovich – Doktor Nauk in Engineering, Professor.

УДК 621.78: 658.562

*Рябчиков П.В., Тарасов В.В., Жуков В.В.
Riabchikov P.V., Tarasov V.V., Zhukov V.V.*

Вопросы качества и надёжности, реализуемые в рамках Программы стандартизации ракетно-космической техники

Quality and reliability issues implemented within the framework of the Aerospace equipment Standardization Program

Работы по стандартизации являются одними из важных составляющих в обеспечении требуемого качества и надёжности изделий ракетно-космической техники. Системный подход и своевременная актуализация фонда документов по стандартизации поддерживает всю систему обеспечения качества продукции ракетно-космической промышленности.

Standardization works are one of the important components in providing the required quality and reliability of aerospace products. Systematic approach and timely actualization of the standardization documents fund supports the whole system of quality assurance in aerospace products.

Ключевые слова: стандартизация, документы по стандартизации, программа стандартизации.

Keywords: standardization, standardization documents, standardization program.

Стандартизация – одна из ключевых составляющих обеспечения качества и надёжности продукции. Наличие фонда нормативных документов по стандартизации и их своевременная актуализация являются одними из составляющих наиболее полноценного функционирования систем менеджмента качества в организациях и в ракетно-космической промышленности в целом.

В настоящее время за АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева» как головной научно-исследовательской организацией (ГНИО) по технологиям создания ракетно-космической техники (РКТ) и метрологическому обеспечению ее производственно-технологической базы закреплено ведение более 1400 документов по стандартизации

ракетно-космической техники (ДС РКТ) в области технологии машиностроения, что составляет около 40% всего фонда ДС РКТ Госкорпорации «Роскосмос».

Фонд стандартов АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева» является самым большим в отрасли. По количеству документов на втором месте находится АО «ЦНИИмаш» – чуть более 300 документов, и на третьем – АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева» – более 250 документов.

В состав ДС РКТ в области технологии машиностроения входят общетехнические и организационно-методические стандарты, нормативы, правила, стандарты типовых технологических процессов, средств технологического оснащения и другие.

Состав документов по стандартизации, разработанных АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева»

По тематическим направлениям ДС РКТ в области технологии машиностроения распределяются:

1. Заготовительное производство (литье, листовая и объёмная штамповка, термообработка, производство трубопроводов).
2. Механообрабатывающее производство

(обработка резанием, электрофизическая и электрохимическая обработка, алмазная и лазерная обработка).

3. Сварочное производство, пайка.
4. Сборочное производство (общая, агрегатная и узловая сборка, промышленная чистота, производство гироскопов, покрытия).



5. Методы и средства контроля и испытаний, неразрушающие методы контроля.

6. Технологическое обеспечение производства.

7. Метрологическое обеспечение производственно-технологической базы РКТ.

8. Организационно-методическое обеспечение.

Ресурсы для актуализации и совершенствования фонда

Единственным контрактом, финансирующим проведение работ по стандартизации в отрасли, является составная часть научно-исследовательской работы (СЧ НИР) «Прикладные исследования и инновационное проектирование ключевых элементов и технологий обеспечения качества и стандартизации ракетно-космической техники в области технологии машиностроения». Головной исполнитель – головная организация по стандартизации (ГОС РКТ) – АО «ЦНИИмаш».

В рамках выделенных лимитов финанси-

рования АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева» в соответствии с техническим заданием на СЧ НИР решены следующие задачи:

- проверка действующих ДС РКТ на соответствие современному уровню развития науки и техники (в том числе международному);
- актуализация действующих ДС РКТ;
- разработка ДС в обеспечение повышения качества и надежности РКТ и совершенствования технического регулирования РКТ в соответствии с Программой работ по стандартизации РКТ.

Итоги выполнения Программы по стандартизации РКТ на 2021 год

В 2021 году проведена проверка 365 ДС РКТ на соответствие современным требованиям и научно-техническому уровню в области технологии машиностроения. В результате проведенных исследований по оценке научно-технического уровня (НТУ) ДС РКТ установлено, что 355 ДС РКТ в целом соответствуют современным требованиям и подлежат дальнейшему применению с последующим изменением отдельных положений, корректировкой ссылочных документов и с внесением изменений редакционного характера.

Проведены работы по актуализации 160 ДС РКТ с выпуском изменений.

В 2021 году разработаны проекты отраслевых и национальных стандартов:

– окончательная редакция ГОСТ Р «Ракетно-космическая техника. Система технологического обеспечения создания изделий. Основные положения»;

– окончательная редакция ГОСТ Р «Ракетно-космическая техника. Аттестация специальных, особо ответственных технологических процессов создания изделий»;

– окончательная редакция СТО ГК Роскосмос «Ракетно-космическая техника. Статистические методы контроля стабильности и управления производством изделий. Порядок внедрения»;

– окончательная редакция СТО ГК Роскосмос «Контроль неразрушающий. Радиография компьютерная. Порядок применения».

Проблемные вопросы, выявленные в рамках работ по стандартизации

Разработка и переиздание ДС РКТ сдерживаются существующими в настоящее время нормативами трудоёмкости и лимитами финансирования.

В соответствии с действующими нормативами разработка национального стандарта ГОСТ Р или стандарта Госкорпорации «Роскосмос» объёмом 40 листов составляет около 900 н/ч, что критически недостаточно, учитывая необходимый объём работ. Примером тому могут служить отраслевые стандарты, пересмотр которых жизненно необходим:

– ОСТ 92-0300-92 «Промышленная чистота. Общие требования»;

– ОСТ 92-0215-85 «Организация работ по выявлению и устранению несоответствий, дефектов, отказов изделий»;

– ОСТ 92-1527-89 «Изделия отрасли. Методы испытаний на герметичность с применением масс-спектрометрических течеискателей».

Выполнение требований, указанных в данных стандартах, непосредственно влияет на качество и надёжность РКТ.

В связи с утверждением и введением в действие с 01.12.2018 на территории Российской Федерации ГОСТ Р ИСО 14644-1-2017 «Чистые

помещения и связанные с ними контролируемые среды. Часть 1. Классификация чистоты воздуха по концентрации частиц» целесообразно переиздание ОСТ 92-0300-92 в СТО ГК Роскосмос в целях гармонизации, что потребует сбора большого объема данных от организаций РКП в части параметров и контроля промышленной частоты в процессе производства РКТ, его систематизации, проведения лабораторных исследований с последующим анализом полученной информации, поскольку ОСТ 92-0300-92 устанавливает требования к разработке конструкторской и технологической документации. Указанный объем работ требует значительных финансовых затрат и большого количества времени, которые в существующих нормативах не предусмотрены.

Похожая ситуация с переработкой ОСТ 92-1527-89 в СТО ГК Роскосмос. После появления современных цифровых течеискателей стандарт требует переиздания. Необходима апробация нового оборудования, что подразумевает его приобретение или аренду с последующими лабораторными изысканиями.

Отдельный пласт выявленных проблем – это маршрутно-сопроводительная документация.

Практика разработки маршрутно-сопроводительной документации, в том числе и в виде технологического паспорта, обусловлена требованиями по наличию записей, документированию и прослеживаемости, установленными в руководящих документах, внесенных в Сводный перечень документов по стандартизации оборонной продукции (Положения РК-11, РК-11-КТ, РК-98, РК-98-КТ (РК-88, РК-75), ГОСТ Р ИСО 9001-2015, ГОСТ РВ 0015-002-2012, ОСТ 134-1028-2012 с изм. 1).

Практически на всех предприятиях отрасли ведется сопроводительная документация. В соответствии с требованиями ГОСТ серии ЕСКД «Термины и определения основных понятий», как например ГОСТ 3.1109-82 [1], ГОСТ 3.1102-2011 [2], технологический паспорт как вид технологического документа отсутствует. И данное положение является правильным, так, по своей сути, технологический паспорт является сопроводительным или контрольным документом. Существует только одно исключение – паспорт-техпроцесс, по которому допускается производить изготовление в единичных случаях.

Но на практике многие не понимают различий в технологической (документы технологического процесса) и сопроводительной документациях. Имеют место случаи, когда требования на внесение изменений в сопроводительную документацию накладываются на требования для технологической документации. Например, проведение типовых испытаний.

Еще одна существенная проблема: неоднозначность понимания требований национальных и государственных стандартов участниками процессов создания РКТ в связи со спецификой производства. Зачастую серьезные вопросы задают военные представители. К сожалению, во многих случаях предприятия-изготовители и военные представители имеют совершенно разную философию понимания процесса. Военные представительства считают, что если в нормативных документах нет разрешения, то действие автоматически становится запрещенным. Предприятия промышленности считают, что если в стандарте нет прямого запрета, значит действие является разрешенным.

К сожалению, зачастую из-за упорства в отстаивании позиции и тех, и других, страдает общее дело создания РКТ. Затягиваются сроки, замедляется внедрение новых технологий и т.д.

В службу стандартизации АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева» регулярно приходят запросы от организаций промышленности с просьбой прокомментировать требования ГОСТ, ГОСТ Р, ГОСТ РВ и ОСТ.

Например, запрос одной из организаций по вопросу внедрения требований ГОСТ В 9.003-80. Стандарт затрагивает вопросы хранения военной продукции и, в частности, требует осуществлять защиту от оружия массового поражения материальных ценностей, хранящихся на складах цеха. Учитывая, что РКП выполняет работы по контрактам в обеспечение государственного оборонного заказа, где заказчиком выступает Минобороны России, в ряде случаев значительная часть требований является мало выполнимой.

Ещё один пример, организация сообщает, что военное представительство отказывается согласовывать изменения в технологических процессах на механическую обработку деталей, связанные с заменой оборудования на современное. Естественно, что при внедрении нового оборудования



появляется возможность внедрить более прогрессивные режимы резания.

При этом согласно ГОСТ 16504 [3]: типовые испытания – контрольные испытания выпускаемой продукции, проводимые в целях оценки эффективности и целесообразности вносимых изменений

в конструкцию, рецептуру или технологический процесс. И в соответствии с требованиями ГОСТ РВ 15.307 военное представительство предъявляет требования о проведении типовых испытаний как для деталей, чьи технологические процессы изготовления изменяются, так и для изделий РКТ в целом.

Проблемные вопросы при корректировке документов по стандартизации

Отдельно стоит обратить внимание на качество подготовки организациями РКП замечаний и предложений по редакциям стандартов и изменений к ним.

В документах по стандартизации РКП четко установлены сроки рассмотрения организациями РКП предлагаемых изменений, а также требования об обосновании замечаний и предложений.

К сожалению, большинство организаций не представляют обоснования своих замечаний и предложений.

Очень часто замечания имеют «вкусовой» или лингвистический характер, а также ориентацию на «подстройку» требований отраслевого документа под существующий в той или иной организации порядок.

Сроки рассмотрения изменений не выдерживают большинство предприятий.

Указанные выше причины приводят к необходимости многократной рассылки проектов изменений и, как следствие, «затягиванию» сроков их выпуска.

Назрел вопрос: если организации РКП не выдерживают дисциплину в вопросах стандартизации, то следует ли считать изменение согласованным в случае непоступления ответа с обоснованными замечаниями и предложениями в установленные сроки?

«Дамокловым мечом» висит над отраслью постановление Правительства Российской Федерации от 30.12.2016 № 1567 «О порядке стандартизации в отношении оборонной продукции». В соответствии с этим нормативным актом в 2025 году перестают действовать отраслевые стандарты, невнесенные в Сводный Перечень документов по стандартизации оборонной продукции. Таких стандартов не очень много, но можно прогнозировать «переходный» период, когда организации выяснят, что стандарты, которые они применяли, стали нелегитимными. В значительной мере это относится к стандартам областей промышленности, которые не внесены в Сводный Перечень, но используются в РКП.

Возможные направления для парирования поставленных вопросов

В целях сокращения сроков решения производственных вопросов, связанных с несовершенством документов по стандартизации, целесообразно наделить ГНИО РКП в соответствии с матрицами задач, установленными в Положениях РК-98, РК-98-КТ (РК-11, РК-11-КТ), правом принятия решений в качестве ГНИИИ (головной научно-исследовательский институт по направлению работ в соответствии с требованиями ГОСТ РО 1410-002-2010). Официальные разъяснения по вопросам стандартизации ГНИО РКП считать локальными документами, действующим до корректировки нормативной документации.

Организациям РКП при планировании научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) обязательно закладывать в технические задания (раздел «Требования по стандар-

тизации и унификации») работы по пересмотру и разработке новых документов по стандартизации (в рамках тематики НИОКР). Госкорпорации «Роскосмос» при согласовании технических заданий взять данный вопрос на особый контроль.

В рамках программы стандартизации запланировать разработку стандарта Госкорпорации «Роскосмос» СТО ГК Роскосмос «Маршрутно-сопроводительная документация».

В случаях нарушения исполнительской дисциплины организациями-участниками работ по стандартизации по срокам и обоснованности выдачи замечаний к изменениям и стандартам наделить организацию-разработчика стандарта правом принятия решения о согласовании изменения или нового стандарта, оставляя замечания и предложения без рассмотрения.

Библиографический список

1. ГОСТ 3.1109-82 Единая система технологической документации. Термины и определения основных понятий. – М.: Стандартинформ.– 2012. – 19с.
2. ГОСТ 3.1102-2011 Единая система технологической документации. Стадии разработки и виды документов. Общие положения. – М.: Стандартинформ.– 2020. – 11с.
3. ГОСТ 16504-81 «Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения». – М.: Стандартинформ.– 2011. – 24 с.

Рябчиков Павел Вячеславович – директор центра АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева».

Тел.: 8 (495) 689-95-94, доб. 23-09.

E-mail: P.Ryabchikov@tmnpo.ru

Riabchikov Pavel Viacheslavovich – Center Director of JSC «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasev».

Tel.: 8 (495) 689-95-94, ext. 23-09.

E-mail: P.Ryabchikov@tmnpo.ru

Жуков Владимир Владимирович – руководитель направления АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева».

Тел. 8 (495) 689-95-94, доб. 23-93.

E-mail: V.Zhukov@tmnpo.ru

Zhukov Vladimir Vladimirovich – Area Head of JSC «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasev».

Tel.: 8 (495) 689-95-94, ext. 23-93.

E-mail: V.Zhukov@tmnpo.ru

Тарасов Вадим Вячеславович – руководитель направления АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева».

Тел. 8 (495) 689-96-22, доб. 96-22.

E-mail: VV.Tarasov@tmnpo.ru

Tarasov Vadim Viacheslavovich – Area Head of JSC «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasev».

Tel.: 8 (495) 689-96-22, ext. 96-22.

E-mail: VV.Tarasov@tmnpo.ru



УДК 620.18

Рябчиков П.В., Лобастов М.М., Шмелёва А.Н., Жуков В.В.
Riabchikov P.V., Lobastov M.M., Shmeleva A.N., Zhukov V.V.

Надежность материалов в теории надежности

Material Reliability in Reliability Theory

Статья посвящена вопросу обоснования применения материалов в производстве технически сложных изделий с учетом показателей надежности материалов и обеспечения надежности изделия в целом.

The article is concerned with the justification of the material application in the manufacture of technically complex products, taking into account the material reliability indicators and ensuring the product reliability as a whole.

Ключевые слова: надежность материалов, требования к надежности материалов.

Keywords: material reliability, requirements for the material reliability.

Государственные военные и национальные стандарты устанавливают различные стадии жизненного цикла. В [1, 2] предлагается следующая терминология стадий: «1. Концепция и определение»; «2. Проектирование и разработка»; «3. Производство и изготовление»; «4. Эксплуатация/техническое обслуживание» и «5. Улучшение-списание и снятие с эксплуатации». В стандартах по созданию военной техники предлагается несколько иная терминология определения стадий жизненного цикла: «1. Исследование и обоснование разработки»; «2. Разработка»; «3. Производство»; «4. Эксплуатация» и «5. Капитальный ремонт». Требования к надежности изделия должны быть установлены на стадии разработки.

Требования к надежности новых материалов, разрабатываемых для использования в технически сложных изделиях, должны быть заложены на этапе научно-исследовательской работы (НИР) по созданию материалов или опытно-конструкторской работы (ОКР) по созданию изделия (опытного образца изделия). Для работ по созданию материалов возможен еще один этап – опытно-технологические работы (ОТР) [3]. Требования ГОСТ РВ 52006 предусматривают ОТР, но только по созданию материалов военного назначения. При этом ОТР по созданию материалов военного назначения входят в состав НИР по созданию материала военной техники. Работа

по выбору материалов является одним из методов обеспечения надежности при проектировании (конструкционная составляющая надежности). По требованию заказчика могут задаваться параметры оценки и методы контроля надежности материалов на всех стадиях их жизненного цикла.

Следует дать определение, что такое «надежность материала». В современных нормативных документах термин «надежность материала» отсутствует. Наиболее логичным представляется ввести такое определение, соответствующее терминологии межгосударственного стандарта ГОСТ 27.002-2015 [4] – это свойство материала сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих его качество в заданных режимах и условиях использования (хранения) в составе изделия. При этом надо учитывать, что надежность материала является комплексным свойством и включает долговечность и сохраняемость.

Долговечность материала – свойство материала, заключающееся в его способности сохранять во времени, в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих его качество, в заданных режимах и условиях использования в составе изделия.

Сохраняемость материала – свойство материала сохранять во времени, в установленных пределах значения всех параметров, характеризи-



ющих его качество, в течение и после хранения, при заданных сроках и условиях хранения.

К показателям надежности материалов относятся: средний срок сохраняемости (показатель сохраняемости) $T_{сох}$ и средний срок службы (показатель долговечности) $T_{сл}$. Средний срок сохраняемости определяется как математическое ожидание срока сохраняемости материала. Средний срок службы определяется как математическое ожидание срока службы материала.

Установление требований к надежности материалов – достаточно серьезная инженерная задача. Причем установление таких требований ко всем материалам будет излишним требованием. Безотказность как свойство объекта, применяемое в теории надежности, малоприменимо для материалов. А вот долговечность и сохраняемость для материалов очень важны. Особенно для неметаллических материалов (в том числе клеи, краски, смазки, топлива и т.д.).

Формирование требований к надежности материала осуществляется при разработке проекта тактико-технического (технического задания) (ТТЗ (ТЗ)) на выполнение НИР или ОКР (НИОКР). ТТЗ (ТЗ) на выполнение НИР для оборонной продукции разрабатывается на стадии жизненного цикла изделия «Исследование и обоснование разработки» согласно требованиям ГОСТ РВ 0015-101-2010. ТТЗ (ТЗ) на ОКР – уже по-другому ГОСТ РВ 15.201-2003. При этом приводится обоснование значений показателей надежности материала в соответствии с требованиями к конечному изделию, в составе которого будет применяться материал, а также значениями показателей долговечности и сохраняемости изделия в целом. Результатом формирования требований к надежности материала является отдельный раздел ТТЗ (ТЗ) на выполнение НИР по разработке материала «Требования к материалам».

В рамках проведения НИОКР исследуются способы обеспечения заданных показателей надежности материала в условиях производства и эксплуатации изделия, для которого создается материал, уточняются (при необходимости, по согласованию с разработчиком и заказчиком изделия) значения показателей надежности материала, определяются и обосновываются организационно-технические мероприятия по обе-

спечению заданных показателей надежности материала, к которым относятся:

- анализ режимов работы конечного изделия;
- определение внешних воздействующих факторов при функционировании изделия;
- обоснование возможных критериев отказов материала;
- анализ критичности последствий отказов материала;
- научное обоснование и экспериментальное подтверждение способов защиты материалов от воздействующих факторов (как внешних, так и внутренних);
- обоснование условий и продолжительности хранения материала до его применения в составе изделия (или составных частей изделий).

При выполнении НИР по разработке материала разрабатываются технические условия (ТУ) на опытную партию материала, по результатам испытаний которой оценивают показатели надежности материала.

Целью оценки надежности материала является получение оценок показателей по результатам испытаний образцов, изготовленных из опытной партии нового материала, и определение точности этих показателей.

Количество n образцов для испытаний должно быть достаточным для получения оценок показателей надежности с заданной точностью. Как правило, количество испытываемых образцов n должно составлять не менее 30 для подтверждения выборки.

Для оценки точности полученных показателей надежности материала используют среднее квадратическое отклонение (СКО) оценки среднего срока службы (среднего срока сохраняемости) материала.

Оценка показателей надежности материала может осуществляться различными методами в зависимости от способа получения исходных данных и назначения материала. На выходе, как правило, получают оценки $T_{сл}^*$ и $T_{сох}^*$ среднего срока службы материала $T_{сл}$ и среднего срока сохраняемости $T_{сох}$ соответственно, а также оценки $D_{сл}^*$ и $D_{сох}^*$ дисперсий этих значений.

Определение СКО оценки среднего срока службы (среднего срока сохраняемости) материала проводят по формуле:



$$\sigma_{T_{ср}}^* = \sqrt{\frac{D_{T_{ср}}^*}{n}}. \quad (1)$$

В целях формулирования критериев принятия решения о соответствии опытной партии мате-

риала определенным требованиям в Программе и методиках испытаний материала устанавливаются допустимые (максимально возможные) значения СКО оценки среднего срока службы (среднего срока сохраняемости) материала.

Библиографический список

- ГОСТ Р 57193-2016 Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла систем. – М.: Стандартинформ.– 2016. – 98 с.
- ГОСТ Р 51901.3-2007 Менеджмент риска. Руководство по менеджменту надежности. – М.: Стандартинформ.– 2020. – 57 с.
- Необходимость выделения опытно-технологических работ в отдельный вид работ / П.В. Рябчиков, И.А. Круглов, Ю.В. Круглова, М.М. Лобастов // Труды ФГУП НПЦАП. Системы и приборы управления. – М: НПЦАП.– 2021. – №2. – С. 70–73.
- ГОСТ 27.002-2015 Надежность в технике. Термины и определения. – М.: Стандартинформ.– 2016. – 23 с.

Рябчиков Павел Вячеславович – директор центра АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева». Тел. 8 (495) 689-95-94, доб. 23-09. E-mail: p.ryabchikov@tmnp.ru
Riabchikov Pavel Viacheslavovich – Center Director of JSC «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasev». Tel.: 8 (495) 689-95-94, ext. 23-09. E-mail: p.ryabchikov@tmnp.ru

Лобастов Максим Михайлович – заместитель главного конструктора АО «НПО Энергомаш им. академика В.П. Глушко». Тел.: 8(495) 286-90-99. E-mail: Maksim.Lobastov@npoem.ru
Lobastov Maksim Mikhailovich – Deputy Chief Designer of JSC «NPO Energomash» named after academic V.P. Glushko». Tel.: 8(495) 286-90-99. E-mail: Maksim.Lobastov@npoem.ru

Шмелёва Алина Николаевна – специалист центра АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева». Тел.: 8 (999) 976-75-19. E-mail: shmeleva9696@mail.ru
Shmeleva Alina Nikolaevna – Center Specialist of JSC «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasev». Tel.: 8 (999) 976-75-19. E-mail: shmeleva9696@mail.ru

Жуков Владимир Владимирович – руководитель направления Центра качества и технологической надежности АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева». Тел.: 8 (495) 689-95-94, доб. 23-93. E-mail: V.Zhukov@tmnp.ru
Zhukov Vladimir Vladimirovich – Area Head of Center for Quality and Technological Reliability of JSC «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasev». Tel.: 8 (495) 689-95-94, ext. 23-93. E-mail: V.Zhukov@tmnp.ru

УДК 658.5

*Круглов И.А., Круглова Ю.В., Шмелева А.Н.
Kruglov I.A., Kruglova Yu. V., Shmeleva A.N.*

Концепция TQM (всеобщее управление на основе качества) – научный подход к процессам сертификации системы менеджмента качества

TQM (Total Quality Management) concept – a scientific approach to quality management system certification processes

Статья посвящена вопросу гармонизации принципов сертификации и принципов концепции всеобщего управления на основе качества. Раскрыты взаимосвязи принципов применительно к федеральной системе сертификации космической техники. Сделан вывод о достаточности требований нормативной документации в области сертификации для реализации основных принципов всеобщего управления на основе качества.

The article presents the harmonization of the certification principles and total quality-based management concept principles. The authors disclose the interrelationship of the principles as applied to the Federal Certification System for aerospace equipment. It is concluded that the normative documentation requirements in the certification area are sufficient to implement the basic principles of total quality-based management.

Ключевые слова: система менеджмента качества, сертификация, всеобщее управление на основе качества.

Keywords: quality management system, certification, total quality-based management.

В современном мире идет постоянное воздействие на производство со стороны геополитической обстановки и технологической революции, при этом потребителем предъявляются повышенные требования к качеству продукции. Эту эпоху принято называть «эпоха промышленности 4.0». Интересная задача – узнать о достижениях в области качества и их последствиях с точки зрения экономики, моделей принятия решений, бизнес-моделей, человеческих и технологических перспектив. Доказать, что современные тенденции оценки соответствия остались актуальными и коррелируются с установившимися постулатами концепции управления качеством. Важность проблемы «человека» в управлении качеством и соответствие между технологической революцией с течением времени имеет существенное значение. В настоящее время в ракетно-космической промышленности продолжает действовать система сертификации космической техники. Устанавливается обязательная оценка соответствия в виде сертификации систем менеджмента качества (СМК) и изделий ракетно-космической

техники. Нормативно-технической основой этой системы является «Сборник руководящих общесистемных документов «Федеральная система сертификации космической техники» [1].

Система сертификации космической техники имеет многоуровневую иерархическую структуру. Построение Федеральной системы сертификации космической техники повторяет и соответствует требованиям основополагающих стандартов, являющихся нормативной базой сертификации:

- ГОСТ Р ИСО 9001 «Системы менеджмента качества. Требования»;
- ГОСТ Р ИСО 19011 «Руководящие указания по аудиту систем менеджмента»;
- ГОСТ Р ИСО/МЭК 17021-2012 (17021-2017) «Оценка соответствия. Требования к органам, проводящим аудит и сертификацию систем менеджмента»;
- ГОСТ Р 55568-2013 «Оценка соответствия. Порядок сертификации систем менеджмента качества и систем экологического менеджмента» [2].

Требования к проведению оценки соответствия в виде сертификации и формулировку



принципов сертификации для всех участников процесса задает [2]:

- добровольность – работы проводятся исключительно по собственной инициативе организации-производителя;

- бездискриминационность – разрешение на инициацию процедуры сертификации может получить любая организация, которая в установленном порядке оформила заявку и продекларировала, что признаёт правила и требования системы сертификации, в которой выражает желание получить сертификат;

- беспристрастность – орган по сертификации, а также привлекаемые эксперты не должны быть аффилированы с заказчиком услуги, а также иных сторон, включая частных лиц которые могут быть заинтересованы в результате сертификации;

- воспроизводимость результатов – при проведении оценки соответствия СМК должны применяться только единые правила и требования, основанные на фактических (подтвержденных, в том числе документально) данных, единый подход к оформлению результатов, прозрачная система учета и хранения документации в органе по сертификации;

- конфиденциальность – недопустимо неразглашение информации, полученной в результате сертификации всеми членами сертификационного процесса, третьим сторонам;

- информативность или открытость – допуск участников сертификации к полной информации, включая выявленные замечания;

- специализация органов по сертификации СМК – орган по сертификации не может быть универсальным. Специалисты органа по сертификации и привлекаемые эксперты должны иметь специализацию в своей области (системе сертификации);

- обязательная проверка выполнения возможности заказчика в полном объеме обеспечить соблюдение установленных требований, в том числе требований, установленных в технических регламентах, национальных и государственных стандартах, документов по стандартизации оборудования и других документах;

- ответственность – орган по сертификации, его руководитель, работники и привлекаемые эксперты несут полную ответственность, включая финансовую и репутационную, за проведенную

оценку достоверности информации, определяют уровень достаточности доказательств. В свою очередь заказчик несет полную ответственность за соответствие требованиям, предъявляемым к СМК.

В Федеральной системе сертификации космической техники сертификационный процесс СМК включает в себя организацию работ по проведению сертификации. Затем приступают к двухэтапному первичному аудиту по сертификации СМК. При положительном результате организация-заказчик получает сертификат. В течение срока действия сертификата проводятся инспекционный контроль и ресертификационный аудит, которые необходимо провести до окончания срока действия сертификата. Сертификат в системе Центра сертификации ракетно-космической техники выдается на три года. Трехлетний цикл сертификации начинается с принятия органом по сертификации решения о сертификации.

Концепция TQM (всеобщее управление на основе качества) – концепция, получившая признание и развитие во всем мире в конце XX века и являющаяся общепроцессным методом непрерывного повышения качества процессов. Центральная идея концепции, которая «пронизывает» все документы по стандартизации, разработанные для ее фактической реализации, состоит в необходимости постоянной работы не только над качеством продукции, но и качеством труда. Идея концепции позволила применить основные принципы как фундамент для построения нормативных документов по СМК. В ГОСТ Р ИСО 9000 «Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь» вошли следующие принципы (с адаптацией формулировок):

- ориентация на потребителей: выполнение требований потребителей, с задачей превзойти их ожидания, является целью номер один менеджмента качества организации;

- лидерство (руководителей): лидерам необходимо создать условия, обеспечивающие взаимодействие всех работников для обеспечения качества продукции и качества труда;

- вовлечение работников: необходимо организовать взаимодействие всех работников в целях непрерывного повышения уровня компетенции в области качества;

- процессный и системный подходы: необходимо, чтобы все действия носили взаимо-

увязанный подход (чем больше степень согласованности системы, тем выше результативность процессов);

- постоянное улучшение: позволяет нивелировать влияние внешних условий, обеспечивать сохранность достигнутых уровней и закладывать создание новых возможностей;

- принятие решений, основанное на свидетельствах (фактах): те решения, которые подтверждены фактами, эффективны;

- взаимовыгодные отношения с поставщиками (менеджмент взаимоотношений): обеспечивают качественные изменения как внутренней, так и внешней среды организации.

Отдельно стоит обратить внимание, как тесно переплетаются принципы сертификации СМК и принципы концепции TQM. Воспроизводимость – это использование фактических данных или свидетельств. Лидерство без ответственности невозможно. Специализация, компетентность и вовлечение – основные направления деятель-

ности сертификационного процесса. Ориентацию на потребителя в данном контексте возможно считать бездискриминационностью.

Отдельным направлением сертификации должно стать направление сертификации производств [3, 4]. Постоянное улучшение и менеджмент взаимоотношений должны быть организованы именно на этапе производства. Современное производство, а именно, производство эпохи 4.0 – многофакторная система. Современная наука устанавливает необходимость изучения процедур взаимодействия «человек–система». Развитие СМК, и, процедур оценки соответствия СМК должно вестись постоянно.

Действующие системы сертификации СМК гармонизированы с основными принципами концепции TQM и создают предпосылки для создания технически сложной продукции высокого качества. Постоянное улучшение возможно реализовать только при развитии систем сертификации в части производства.

Библиографический список

1. Андрианов Л.С. Отраслевая система сертификации изготовителей ракетно-космической техники / Л.С. Андрианов, П. В. Рябчиков // Вестник НПО Техномаш. – 2018. – № 1(5). – С. 53–54.
2. ГОСТ Р 55568-2013 Оценка соответствия. Порядок сертификации систем менеджмента качества и систем экологического менеджмента. – М.: Стандартинформ. – 2013. – 53 с.
3. Рябчиков П.В. Научное обоснование принципов системы оценки результатов сертификации производств организаций-поставщиков изделий РКТ / П.В. Рябчиков, А.А. Зуева // Труды ФГУП НПО ЦАП. Системы и приборы управления. – 2018. – № 2. – С. 81–82.
4. Рябчиков, П.В. Разработка системы сертификации производства организаций-изготовителей РКТ / П.В. Рябчиков, Е.В. Устьянцев, А.А. Зуева // Вестник НПО Техномаш. – 2019. – № 1(9). – С. 90.

Круглов Игорь Александрович – заместитель директора центра АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева».

Тел.: 8 (495) 689-95-94, доб. 23-09.

E-mail: I.Kruglov@tmnpo.ru

Kruglov Igor Aleksandrovich – Deputy Center Director of JSC «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasev».

Tel.: 8 (495) 689-95-94, ext. 23-09.

E-mail: I.Kruglov@tmnpo.ru

Шмелёва Алина Николаевна – специалист центра АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева».

Тел.: 8 (999) 976-75-19.

E-mail: shmeleva9696@mail.ru

Круглова Юлия Васильевна – заместитель главного технолога АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева».

Тел.: 8 (495) 749-91-63.

E-mail: yuliya-frolova-1987@mail.ru

Kruglova Iulia Vasilevna – Deputy Chief Technologist of Khrunichev State Research and Production Space Center

Tel.: 8 (495) 749-91-63.

E-mail: yuliya-frolova-1987@mail.ru

Shmeleva Alina Nikolaevna – Center Specialist of JSC «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasev».

Tel.: 8 (999) 976-75-19.

E-mail: shmeleva9696@mail.ru



УДК 658.5

Е.М. Баранова, В.В. Коровин, С.А. Сумбуров
E.M. Baranova, V.V. Korovin, S.A. Sumburov

Аспекты проведения внутреннего аудита системы менеджмента качества АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева»

Aspects of carrying out an internal audit of the quality management system of JSC «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasev»

Рассмотрены основные принципы аудита, управление программой аудита и проведение аудита системы менеджмента качества с учетом основных положений ГОСТ Р ИСО 19011-2021 «Оценка соответствия. Руководящие указания по проведению аудита систем менеджмента». Внутренние аудиты системы менеджмента качества должны быть одним из самых важных инструментов для оценивания функционирования системы управления качеством. Свидетельством важности внутренних аудитов является то, что процедура их проведения входит в число обязательных документированных процедур и требует анализа результатов внутренних аудитов руководством организации.

The basic principles of the audit, audit program management and carrying out an audit of the quality management system in accordance with the basic provisions of GOST R ISO 19011-2021 «Conformity assessment. Guidelines on carrying out an audit of management system». Internal audits of the quality management system should be considered as the most important tool for evaluating the quality management system functioning. Evidence of the internal audits importance is the fact that their procedure is among the mandatory documented procedures and requires an output analysis of the internal audit by the enterprise leadership.

Ключевые слова: внутренний аудит, система менеджмента качества.

Keywords: internal audit, quality management system.

Внутренний аудит системы менеджмента качества (СМК) является одним из методов мониторинга и измерения результативности СМК. Целями внутреннего аудита СМК являются:

- определение соответствия требованиям ГОСТ Р ИСО 9001 [1] и другим документам по стандартизации (ДС) в области СМК;
- определение соответствия научно-производственной деятельности и предоставления услуг организации требованиям законодательства, регламентирующей документации и контрактов;
- оценка достигнутых и недостигнутых целей СМК;

– определение пути улучшения СМК.

Основные этапы внутреннего аудита заключаются в планировании (разработка графика, планов аудитов и назначения аудиторских групп), организации, координации, проведении внутренних аудитов, документировании результатов аудита, контроле аудитов (соблюдение сроков и планов аудиторских проверок, правильность их проведения, своевременное выполнение корректирующих действий) и анализе результатов аудитов. Внутренний аудит как процесс приведён на рис. 1.



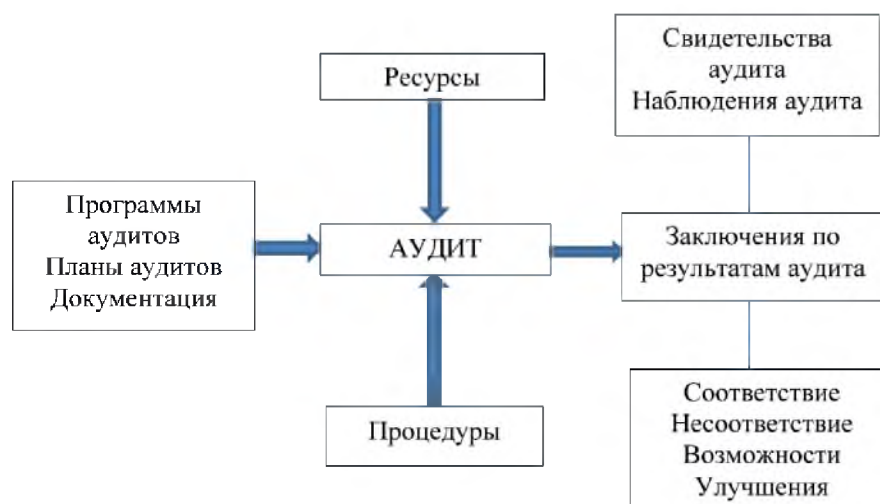


Рис 1. Процесс внутреннего аудита

Организация и проведение внутренних аудитов СМК АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева» в 2021 году осуществлялась, исходя из принципа – каждое подразделение, задействованное в организационной структуре СМК, должно одновременно проходить ежегодный аудит по всем вопросам, связанным с его деятельностью в области качества. В целях практической реализации принципа уделено большое внимание вопросам планирования внутреннего аудита, которое проводится на предварительном этапе аудита (заочной оценки) СМК на основе анализа информации, представленной подразделениями. В плане внутреннего аудита определяются разделы (элементы) и подразделы (подэлементы) документов по стандартизации, на соответствие требованиям которых проводится внутренний аудит в каждом подразделении.

В соответствии с графиком внутренних аудитов СМК АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева» в 2021 году комиссией проверено 24 подразделения по направлениям: планирование и организация работ по обеспечению установленного уровня качества выпускаемой научно-технической продукции (НТП), предоставляемых услуг с учётом требований, установленных ГОСТ Р ИСО 9001 [1], в государственных стандартах СРПП ВТ, включая ГОСТ РВ 0015-002-2012, Положений РК-98, РК-98-КТ, РК-11, РК-11-КТ и требованиям ОСТ 134-1028-2012 с изм. 1.

Внутренний аудит в подразделениях включал в себя проверку функционирования следующих основных элементов СМК:

- анализ внешних и внутренних факторов (мониторинг изменений во внутренней и внешней среде);
- организация работ по управлению документированной информацией;
- организация договорной работы;
- организация работ по управлению рисками;
- результаты выполнения НИР и ОКР, оформление отчётной научно-технической документации;
- метрологическое обеспечение создания НТП;
- организация работ по разработке и согласованию технических заданий в соответствии с требованиями ДС;
- ведение записей по результатам проведённых работ;
- управление персоналом, подготовка и переподготовка персонала, аттестация специалистов.

Основные виды несоответствий, выявленных в процессе внутренних аудитов СМК в 2021 году в подразделениях АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева», приведены на рис. 2.

Следует отметить, что в 2021 году в два раза по сравнению с 2020 годом увеличилось количество проверяемых подразделений. В связи с чем возросло количество несоответствий в сравнении с общим количеством несоответствий, выявленных в 2020 году (часть запланированных аудитов не проведены по причине эпидемиологической обстановки и режима дистанционной работы в 2020 году). Основные виды несоответствий,



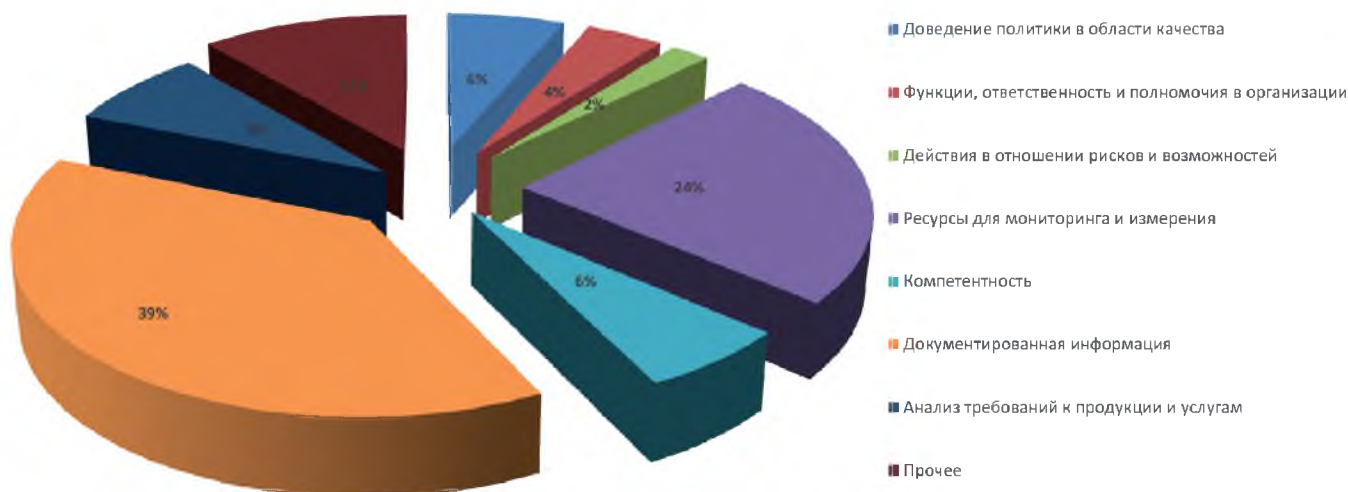


Рис. 2. Основные виды несоответствий, выявленных в процессе внутренних аудитов СМК в 2021 году

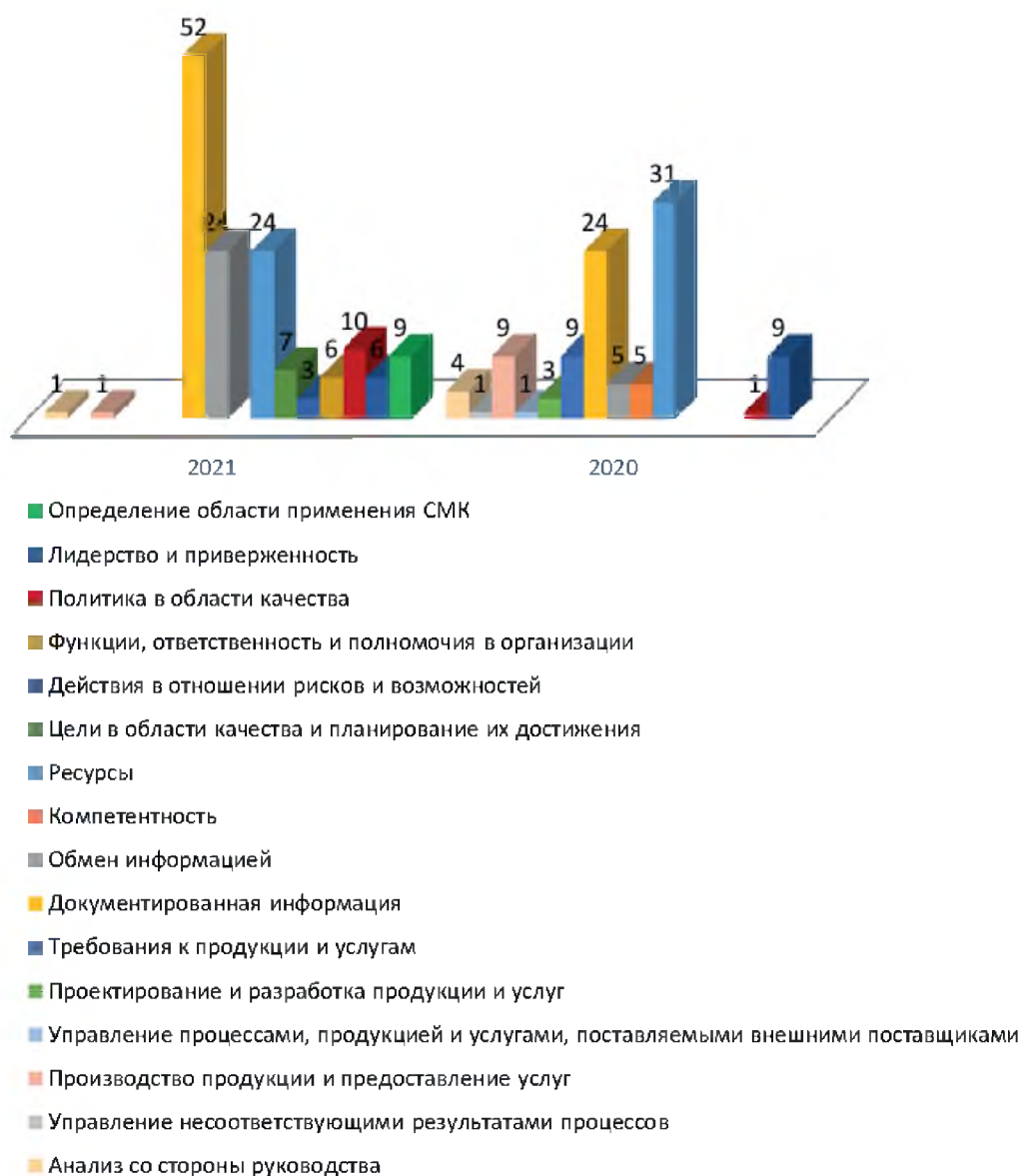


Рис. 3. Основные виды несоответствий, выявленных в процессе внутренних проверок СМК в 2020 и 2021 годах

выявленных в процессе внутренних проверок СМК в 2020 и 2021 годах, приведены на рис. 3.

При проведении внутренних аудитов выявлены основные замечания и несоответствия по процессам СМК:

- документированная информация;
- действия в отношении рисков и возможностей;
- компетентность;
- человеческие ресурсы;
- ресурсы для мониторинга и измерения;
- осведомлённость;
- мониторинг, измерение, анализ и оценка.
- основные причины несоответствий:
- недостаточные знания персоналом нормативной документации СМК;
- невыполнения плановых документов;
- халатное отношение персонала к своим обязанностям;
- недостатки в организации научно-производственной деятельности.

По результатам проведенных внутренних аудитов СМК оформляются отчёты, которые отражают состояние и результаты деятельности подразделений. Отчёты представляются во все проверенные подразделения для разработки планов мероприятий по устранению выявленных несоответствий. Выявленные проблемы обсуждаются на «Днях качества» в подразделениях, анализируются причины их возникновения с дальнейшим выполнением необходимых корректирующих действий и действий по управлению рисками.

Следует обратить внимание, что важнейшим условием обеспечения результативности проведения внутреннего аудита является доведение результатов аудита до руководства АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева» и его заинтересованность в результатах этого аудита. На основании отчетов о внутренних аудитах руководство проводит общую оценку результативности функционирования СМК.

Библиографический список

1. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Системы менеджмента качества. Требования. – М.: Стандартинформ.– 2020. – 32 с.

Баранова Елена Михайловна – начальник бюро СМК АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева».

Тел. 8-495-689-95-34, доб. 97-74.

E-mail: E.Baranova@tmnpo.ru

Baranova Elena Mikhailovna – QMS bureau chief of JSC «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasyev».

Tel.: 8-495-689-95-34, ext. 97-74.

E-mail: E.Baranova@tmnpo.ru

Сумбуров Сергей Алексеевич – главный специалист АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева».

Тел.: 8 (495) 689-96-88, доб. 22-37.

E-mail: S.Sumburov@tmnpo.ru

Sumburov Sergei Alekseevich – Principal Specialist of JSC «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasev».

Tel.: 8 (495) 689-96-88, ext. 22-37.

E-mail: S.Sumburov@tmnpo.ru

Коровин Вячеслав Викторович – главный специалист АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева».

Тел. 8-495-689-95-55 доб. 24-39.

E-mail: V.Korovin@tmnpo.ru

Korovin Viacheslav Viktorovich – Principal Specialist of JSC «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasev».

Tel.: 8-495-689-95-55 ext. 24-39.

E-mail: V.Korovin@tmnpo.ru



УДК 629.7:331.101.6

Кондратенко А.Н.
Kondratenko A.N.

Исследования вопросов выработки и производительности труда
(продолжение)¹

The study on the production output and labor productivity
(continuation)^[1]

Рассмотрим вопросы определения уровня производительности труда L_p для космических средств выведения – ракет-носителей (РН) и разгонных блоков (РБ). В рассмотрение примем низкую околоземную орбиту (НОО), на которой вращается подавляющее большинство спутников (от 220 км до 1200 км над Землей), и геопереходную орбиту (ГПО), используемую для телекоммуникационных спутников, организации передачи мультимедиа данных, исследовательских спутников типа «Спектр-Р». Уровень производительности труда L_p предлагается измерять в размерности:

$$L_p = \frac{\text{продукция в натуре/}}{\text{денежная оценка затрат.}} \quad (28)$$

Конечным итогом производства и пусков космических средств выведения является вывод полезной нагрузки на заданную космическую орбиту. Поэтому для космических средств выведения в качестве производимого объема продукции в натуральном выражении предлагается

принять вес $P_{ПН}$ выводимой на космическую орбиту полезной нагрузки (ПН). Основные затраты E при производстве и пусках космических средств выведения:

$$E = E_{РН} + E_{РБ} + E_{ГО} + E_{Пуск} + E_{Тр РН\GO} + E_{Тр РБ} + E_{In} + E_P \quad (29)$$

где: $E_{РН}$ – затраты на производство и поставку РН, $E_{РБ}$ – затраты на производство и поставку РБ, $E_{ГО}$ – затраты на производство и поставку головного обтекателя (ГО), $E_{Тр РН\GO}$ – затраты на транспортировку РН и ГО, $E_{Тр РБ}$ – затраты на транспортировку РБ, E_{In} – затраты на страхование пусков, в том числе на РН, РБ, стартовый комплекс, E_P – коммерческая прибыль и затраты организации, продающей космические пуски.

В дальнейшем рассмотрении все цены и стоимости в Р приведены к ценам на начало 2021 года в соответствии с индексами-дефляторами Минэкономразвития России – курс $\text{\$}$ на 01.01.2021 – 73,9 $\text{Р/\$}$ (табл. 1, 2).

Таблица 1. Технико-экономические характеристики пусков РН на НОО

РН (страна)	Стоимость (тыс. $\text{\$}$ за 1 кг ПН)	Цена запуска млн $\text{\$}$	Грузоподъёмность (т)	Источник информации. Примечание
Рокот (Россия)	12,67	24,7	1,95	[12-15] Стоимость и цена рассчитаны на основе [13–15]
Союз 2.1а (Россия)	6,16	45,6	7,4	[12, 16-18] Стоимость и цена рассчитаны на основе [16, 17]

¹ Начало см. в №4(17) 2021



Союз 2.1б (Россия)	5,79	47,8	8,25	[12, 16, 18, 19] Стоимость и цена рассчитаны на основе [16, 19]
Ангара А1.2 (Россия)	14,58	51,04	3,5	[12, 20, 21] Стоимость и цена рассчитаны на основе [20, 21]
Протон-М (Россия)	2,8	65,36	23	[12, 22, 23] Стоимость и цена рассчитаны на основе [22, 23]
Falcon 9FT (США)	2,72	62	22,8	[12, 24]
Falcon Heavy (США)	2,35	150	63,8	[12, 24]
Atlas 5 (США)	6,36	187	29,42	[12, 25, 26]
Delta IV (США)	13,9	164	9,4	[12]
Antares (США)	12,88	85	6,6	[12]
Vega (ЕС)	18,85	37	1,96	[12]
PSLV (Индия)	6,46	21	3,25	[12]
Long March-2С (Китай)	7,79	30	3,85	[12]
Long March-2D (Китай)	8,57	30	3,5	[12]
Long March-3В (Китай)	5,8	70	12	[12]
Long March-7 (Китай)	5,9	80	13,5	[12]

Таблица 2. Технико-экономические характеристики пусков РН на ГПО

РН (страна)	Стоимость (тыс. \$ за 1 кг ПН)	Цена запуска млн \$	Грузоподъ- ёмность (т)	Источник информации. Примечание
Союз 2.1б (Россия)	26,56	47,8	1,8	[12, 16, 18, 19] Стоимость и цена рассчитаны на основе [16, 18, 19]
Протон-М (Россия)	10,37	65,36	6,3	[12, 22, 23] Стоимость и цена рассчитаны на основе [22, 23]
Falcon 9FT (США)	11,27	62	5,5	[12, 24]
Falcon Heavy (США)	11,25	90	8	[12, 24]
Atlas 5 (США)	14,38	187	13	[12, 25, 26]
Ariane 5 (ЕС)	14,29	150	10,5	[12]
Long March-2С (Китай)	24	30	1,25	[12]



На основе анализа технико-экономических характеристик различных космических ракетных комплексов (КРК) и пусков различных типов РН [12, 13, 15, 16, 18, 20–22, 24–27], анализа данных Единой информационной системы в сфере закупок (сайт <https://zakupki.gov.ru/>) по ценам государственных закупок изготовления и поставки, транспортировки, страховки различных составных элементов КРК, подготовки и пуска РН с различной ПН [14, 17, 19, 23] получено:

$$1,3 < K_{\text{Пуск}} < 1,41,$$

$$\text{где } K_{\text{Пуск}} = (E_{\text{РН}} + E_{\text{РБ}} + E_{\text{ГО}} + E_{\text{Пуск}}) / (E_{\text{РН}} + E_{\text{РБ}} + E_{\text{ГО}}) \quad (30)$$

С учетом [17, 19, 23] получено для РН «Союз-2.1а» – $K_{\text{Пуск}} = 1,32$; для РН «Союз-2.1б» – $K_{\text{Пуск}} = 1,3$; для РН «Протон-М» – $K_{\text{Пуск}} = 1,327$.

Доля стоимости транспортировки в соответствии с исходными данными [14, 17, 19, 23], соответствует оценке:

$$K_{\text{Тр}} = (E_{\text{Тр РН и ГО}} + E_{\text{Тр РБ}}) / (E_{\text{РН}} + E_{\text{РБ}} + E_{\text{ГО}} + E_{\text{Пуск}}) < 0,015. \quad (31)$$

При дальнейшем рассмотрении затратами на транспортировку можно пренебречь с точностью $\approx 1,5\%$.

Анализ коммерческого рынка страховых премий [27–29] показывает, что для текущего периода времени и в ближайшие годы для российских компаний страховые затраты составят $\approx 10\text{--}12\%$ от стоимости средств выведения и пусковых услуг – $K_{\text{Ин}} = 1,1 \div 1,12$ [19, 28, 29], для зарубежных космических компаний – $K_{\text{Ин}} \approx 1,03$:

$$E_{\text{Ин}} = (K_{\text{Ин}} - 1) \times (E_{\text{РН}} + E_{\text{РБ}} + E_{\text{ГО}} + E_{\text{Пуск}}). \quad (32)$$

В частности, согласно обнародованной статистике стоимость страхования пусков РН «Протон-М», «Ариан 5-ЕСА» и «Фалькон-9» в 2017–2019 годы составляла 12%, 3–4% и 4–5% соответственно [27].

На основе данных [14, 15, 17, 19, 20, 23] государственных закупок в ценах на начало 2021 года

для российских средств выведения определены затраты на прибыль – доля затрат и прибыли K_p космических операторов пусковых услуг, как правило, соответствует $\approx 10\%$ от стоимости общих затрат:

$$E_p = (K_p - 1) \times (E_{\text{РН}} + E_{\text{РБ}} + E_{\text{ГО}} + E_{\text{Пуск}} + E_{\text{Тр РН и ГО}} + E_{\text{Тр РБ}} + E_{\text{Ин}}). \quad (33)$$

Т.е. $K_p \approx 0,1$. Для зарубежных компаний также $K_p \approx 0,1$ [27].

Следует отметить, что предприятия, осуществляющие изготовление космических средств выведения и предоставляющие пусковые услуги, как российские, так и зарубежные получают поддержку со стороны государственных заказчиков, которые заинтересованы в наличии гарантированного независимого доступа в космическое пространство. В то же время многие из предприятий, основным направлением деятельности которых является предоставление пусковых услуг, обнародовали данные, что это направление коммерческой деятельности носит малорентабельный характер, а зачастую является убыточным [27].

Исходя из технико-экономических характеристик пусков РН (табл. 1 и 2, данные [14, 15, 17, 19, 20, 23]), определены затраты ($E_{\text{РН}} + E_{\text{РБ}} + E_{\text{ГО}}$) на изготовление средств выведения при вышеуказанных значениях $K_{\text{Ин}}$ и K_p , приходящиеся на 1 кг ПН (рис. 1, 2). Видно (рис. 1), что минимальные затраты производства средств выведения, приходящиеся на 1 кг ПН на НОО, соответствующие мировому уровню, находятся в интервале величин $1,6(\text{тыс.}\$/\text{кг ПН}) < (E_{\text{РН}} + E_{\text{РБ}} + E_{\text{ГО}}) < 1,85(\text{тыс.}\$/\text{кг ПН})$ и реализуются для ракет космического назначения (РКН) с РН «Falcon 9FT», РН «Falcon Heavy», РН «Протон-М». Затраты на производство РН «Союз-2», приходящиеся на 1 кг ПН на НОО, определяют средний мировой уровень и составляют $\approx 3,7(\text{тыс.}\$/\text{кг ПН})$ (рис. 1). Затраты изготовления средств выведения с РН «Протон-М», приходящиеся на 1 кг ПН на ГПО, определяют мировой уровень и равны $(E_{\text{РН}} + E_{\text{РБ}} + E_{\text{ГО}}) \approx 6,4(\text{тыс.}\$/\text{кг ПН})$ (рис. 2), что на 20% ниже затрат при изготовлении РКН с РН «Falcon 9FT», РН «Falcon Heavy».

(тыс. \$)/(1 кг ПН), НОО

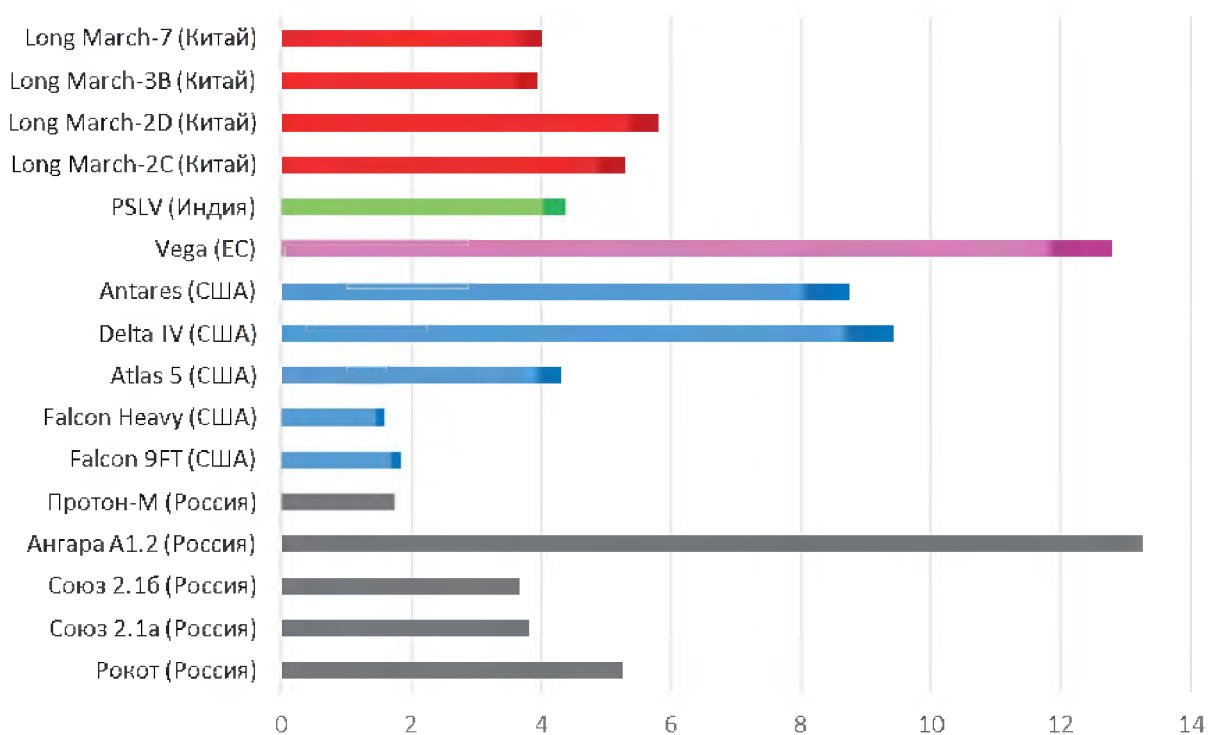


Рис. 1. Затраты производства, тыс. \$ за 1 кг ПН, НОО

(тыс. \$)/(1 кг ПН), ГПО

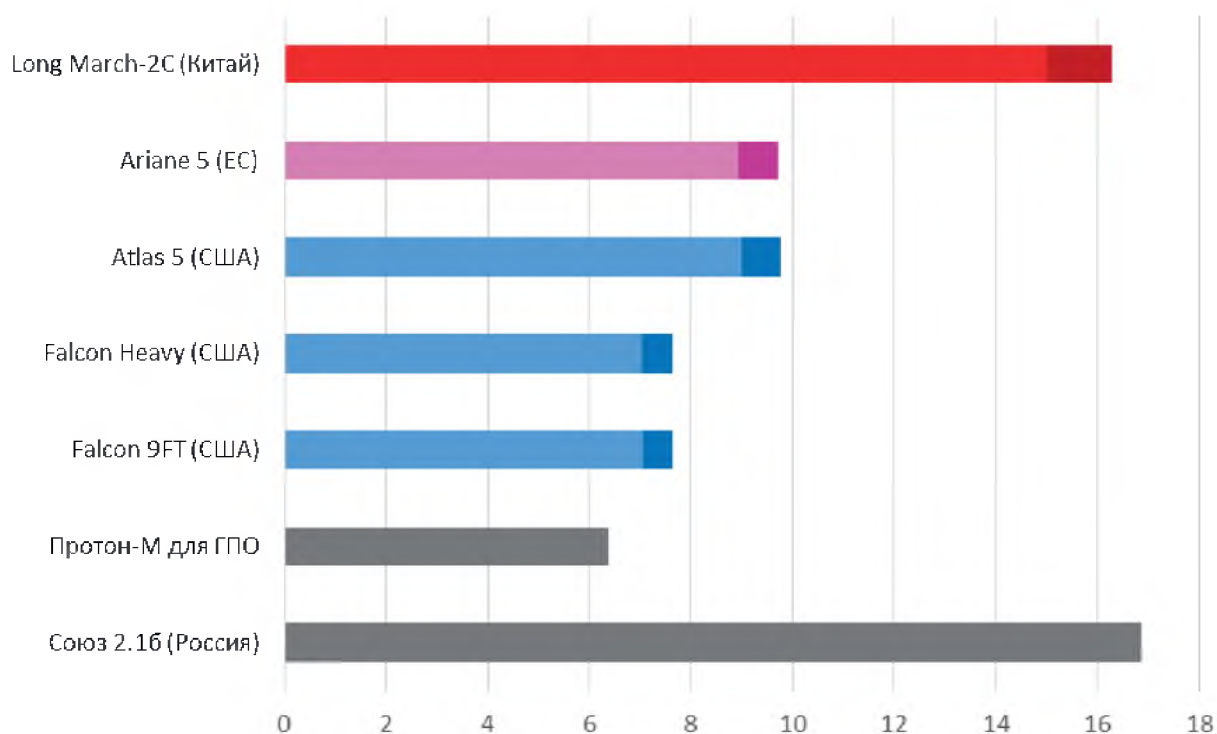


Рис. 2. Затраты производства, тыс. \$ за 1 кг ПН, ГПО



В стоимость затрат при определении производительности труда входят затраты на страхование – E_{in} , затраты на услуги и прибыль компаний операторов космических пусков – E_p . Затраты на страхование лишь частично отражают надежность и качество изготавливаемых средств выведения. На затраты и прибыль компаний операторов пусковых услуг E_p большое влияние оказывает жесткая конкуренция, что обусловлено общим превышением предложения пусковых услуг над спросом, а также наличием семи стран, промышленность которых участвует в этом сегменте космического рынка.

В условиях жесткой конкуренции западноевропейские космические державы и США пытаются реализовать политику недобросовестной конкуренции и протекционизма в отношении защиты своей ракетно-космической промышленности:

- ограничение прав запуска ПН, содержащей компоненты космических систем, произведенных западными странами,

- для компаний производителей РН, РБ, ГО, в учредителях которых участвует государство, занижение нормативной прибыли по сравнению с компаниями конкурентами,

- оплата государством услуг выведения национальными средствами выведения по завышенным тарифам по сравнению с коммерческими потребителями – например, в США в период 2016-2021 годов стоимости пусков для коммерческих потребителей, военно-воздушных сил США и НАСА находятся в приблизительной пропорции 6:8:10 соответственно [29].

Учитывая изложенное, целесообразно определение производительности труда при изготовлении и поставке средств выведения, их подготовке и пуске проводить с элиминацией затрат на страхование и прибыль операторов космических пусков:

$$L_p = \frac{P_{ПН}}{E_{РН} + E_{РБ} + E_{ГО} + E_{ГО} + E_{Пуск}} \quad (34)$$

(кг ПН)/ (млн. \$) НОО

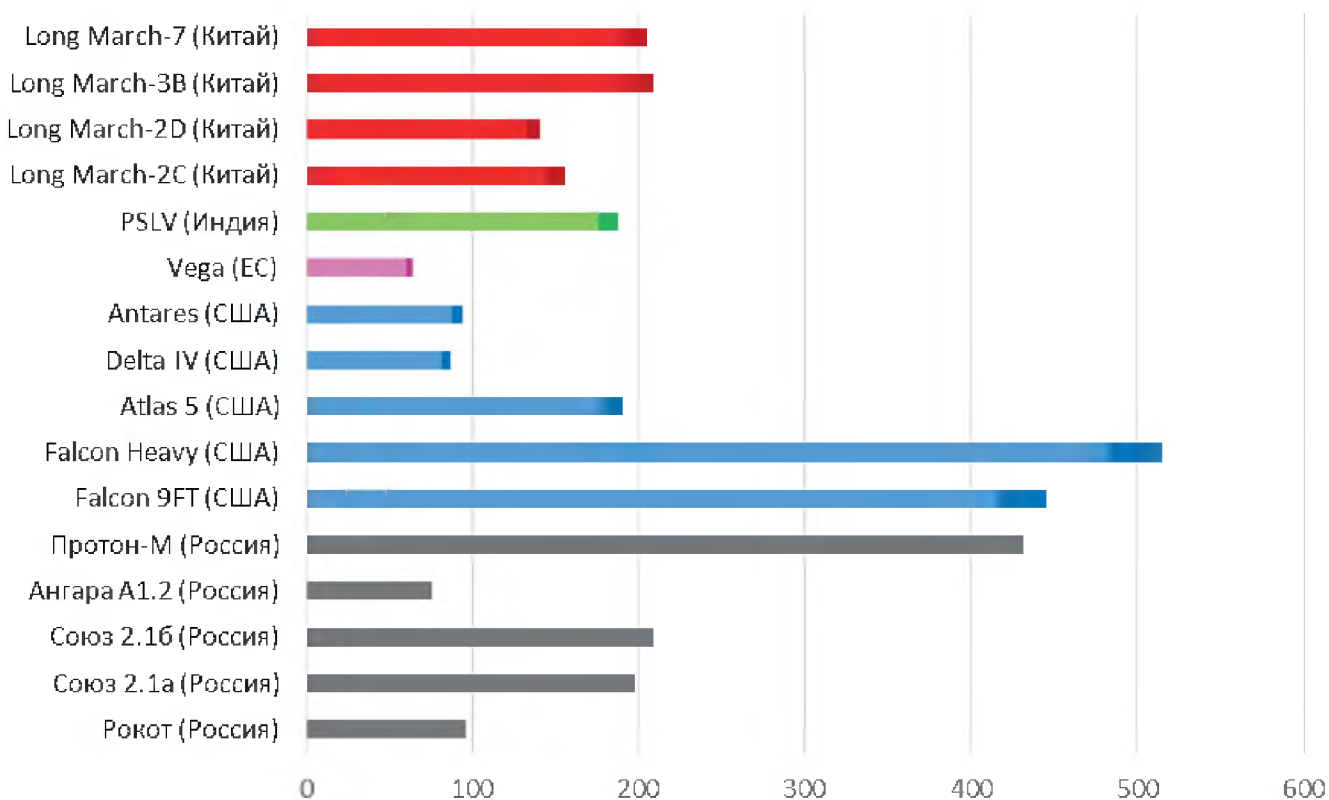


Рис. 3. Производительность труда, ПН кг / млн \$, НОО

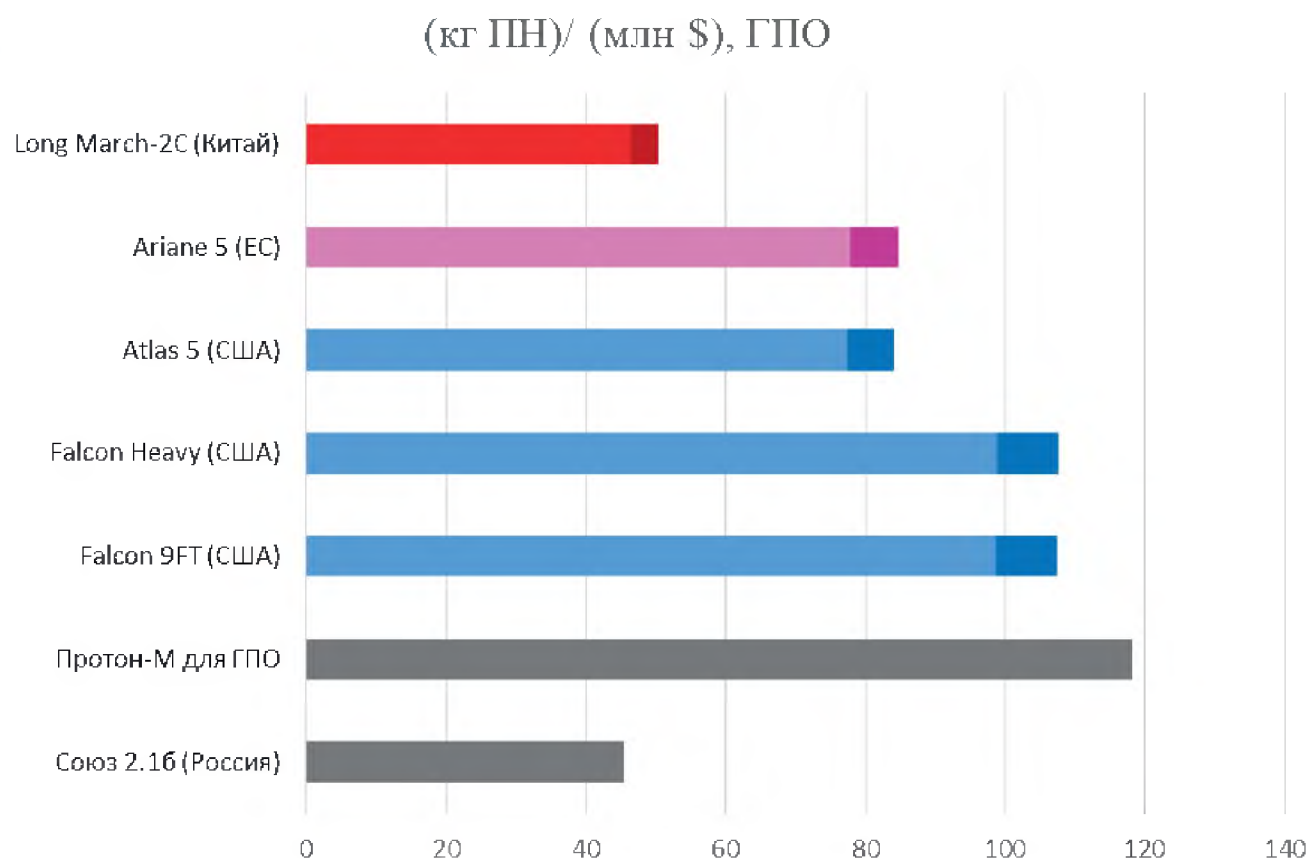


Рис. 4. Производительность труда, ПН кг / млн \$, ГПО

Проведенные оценки значений $K_{\text{пуск}}$ по (30), $K_{\text{тр}}$ по (31), $K_{\text{ин}}$ по (32) для зарубежных и российских страховых компаний в период 2015–2021 годов, $K_p \approx 0,1$ для зарубежных и российских операторов космических пусков в период 2016–2021 годов обуславливают возможность проведения с точностью не хуже 8÷10% расчетов по (34) уровню производительности труда при изготовлении и поставке, подготовке и пусках РКН.

Проведенные расчеты уровня производительности труда для российских и зарубежных предприятий представлены на рис.3 и 4.

Видно, что достаточно напряженная ситуация реализуется на рынке доставки ПН на НОО (реализуется высокий уровень конкуренции) – производительность труда для РКН с РН «Протон-М» находится на передовом мировом уровне ≈ 431 кг/ млн \$, что соответствует РКН с РН «Falcon 9FT» (США) и на 10÷15% ниже РКН с РН «Falcon Heavy» (США). Средний мировой уровень производительности труда при доставке ПН на НОО реализуется для РН «Long March-3В»

(Китай), РН «Atlas 5» (США), РН «PSLV» (Индия), РН семейства «Союз-2». Для РКН с РН «Союз-2.1б» уровень производительности труда при доставке ПН на НОО составляет ≈ 209 кг/млн \$ и превышает среднемировой уровень.

Актуальными остаются вопросы повышения производительности труда для РН «Ангара». Для обеспечения конкурентоспособности на мировом космическом рынке требуется повышение уровня производительности труда более чем в 3÷6 раз.

В случае доставки ПН на ГПО максимальный уровень производительности труда находится в интервале величин $100 \text{ кг/млн } \$ < Lp < 118 \text{ кг/млн } \$$ и реализуется для РКН с РН «Falcon 9FT», РН «Falcon Heavy», РН «Протон-М». При этом производительность труда РКН с РН «Протон-М» на $\approx 10\%$ выше производительности труда для РКН с РН «Falcon 9FT», РН «Falcon Heavy».

Общий методологический подход и проблемы измерения уровня производительности труда по (28) в ракетно-космической промышленности (РКП) определяются правильным выбором конеч-



ного натурального продукта. Для РКП это количество номенклатуры конечной целевой продукции:

- для изготовления и пусков средств выведения для доставки ПН на требуемую орбиту (в частности для околоземных орбит, НОО, ГПО, солнечно-синхронная орбита) – вес полезной нагрузки (кг);
- для информационных космических средств – количество предоставляемой целевой

информации (байт) за активный срок существования космического аппарата, космического комплекса или космической системы и т.д.

Вопросы выбора конечной номенклатуры целевой продукции РКП и определения единиц ее измерения для целей определения уровня производительности труда в настоящее время полностью не исследованы и в дальнейшем требуют специального рассмотрения.

Вопросы определения трудоемкости создания изделий РКТ и их составных частей

Как обосновывалось в первой части статьи, актуально изучение вопросов определения уровня и динамики изменения выработки и производительности труда как двух взаимодополняющих параметров. В соответствии с (1) и II концепцией величина, обратно пропорциональная выработке при изготовлении изделия или совокупности однотипных изделий – есть трудоемкость их изготовления.

Методики расчета трудоемкости в машиностроении подробно изложены в литературе, где исследованы методы нормирования затрат, основные нормативные данные, организация нормативных работ на предприятиях машиностроения. Наиболее полно эти вопросы представлены в работах А.К. Гастева [30], Б.М. Генкина [31, 32], И.Е. Нелидова [33], С.С. Новожилова [34], Г.А. Пруденского [35]. Вместе с тем существующие в машиностроительной отрасли методы прогнозирования трудоемкости изготовления высокотехнологичных изделий, в том числе РКТ и ее составных частей, основанные на методах нормирования труда, не могут быть использованы на ранних стадиях проектирования, оценках трудоемкости работ при обоснованиях федеральных целевых и государственных программ, так как математические модели не отражают многовариантность технологических решений, построены для среднеотраслевого уровня технологий и включают параметры, известные лишь на последних этапах создания изделий. Кроме того, динамика ограничивающих факторов (себестоимость ДСЕ РКТ, прочие элементы структуры затрат, стоимость нормо-часа) и их состав подвергаются изменениям. Поэтому вопрос прогнозирования трудоемкости является нетривиальным.

В связи с этим необходима разработка методик, позволяющих по ограниченной конструкторской и технологической информации об изделиях РКТ своевременно и оперативно определять их трудоемкость, а в ряде случаев и себестоимость до начала производства РКТ, то есть на ранних этапах проектирования, с достаточной для практики точностью. Такие работы проводились НПО «Техномаш» (Г.Б.Чмелев, В.Ф. Чичварин, О.Н. Тумаркин, А.Н. Михайлов и др.) в период 1965–1995 годов. Для ракетной техники основными параметрами определения трудоемкости ракет T_r являлись масса ракеты и ее боковая поверхность. Аналогичные исследования активно продолжались с 2010 года [36–39]. Получаемые зависимости получены методами аппроксимации [40].

В [41, 42] на основе проведенных исследований получены прогнозные зависимости трудоемкости для РН и космических аппаратов (КА). Функциональные зависимости (35) трудоемкости T от определяющих функциональных параметров d_{pi}

$$T = f(d_{p1}, d_{p2}, \dots, d_{pm}), \quad (35)$$

где $1 \leq i \leq m$, m – число определяющих функциональных параметров, в [41, 42] получены на основе использования метода минимизации риска при выборках ограниченного объема для задачи восстановления регрессии, развитого В.Н. Вапником [43]. В отличие от РН [41], космических аппаратов [42], маршевых жидкостных ракетных двигателей (ЖРД) [36] для ЖРД малой тяги и некоторых видов ракетных двигателей исследование зависимостей (35) вообще не проводилось.

Отметим, что исследования методических вопросов и разработка нормативных документов определения (оценки) трудоемкости создания и производства деталей сборочных единиц летательных аппаратов активно и на постоянной основе проводятся в авиационной промышленности [44, 45], в том числе на основе методов регрессионного и факторного анализа [43, 45, 46].

Таким образом, актуальной является задача разработки методик, позволяющих по ограниченной конструкторской и технологической информации о составных частях РКТ и РКТ своевременно и оперативно с приемлемой для практики точностью прогнозировать их трудоемкость и себестоимость [41, 42] до начала выпуска технологической документации, то есть на ранних этапах проектирования (этапе технического предложения – аванпроекта). Это позволит правильно:

- планировать подготовку и численность основного-производственно-технического персонала для организации производства новой и модернизируемой РКТ на организациях производителей ДСЕ РКТ и РКТ, а также обеспечение выполнения производственных программ;
- планировать обоснованные и реализуемые программы создания, производства и закупки РКТ по федеральным целевым и государственным программам;
- проводить оценку цены поставок изделий РКТ с учетом себестоимости их производства; проводить оценки технико-экономической эффективности мероприятий по созданию и производству РКТ по федеральным целевым и государственным программам;
- оценивать своевременность и необходимость реализации капитальных вложений в обеспечение создания и производства РКТ.

Разработанный математический аппарат наиболее эффективен для установления количественных функциональных зависимостей (35) трудоемкости T от определяющих конструктивно-технологических параметров РКТ и ее составных частей, а также от параметров, характеризующих производственно-технологическое и организационное состояние создания РКТ и ее составных частей – методы теории корреляционного анализа [40, 46]. Для установ-

ления зависимостей (35) необходимо решение нескольких задач:

- требуются исследования и установление начальной необходимой номенклатуры влияющих факторов на трудоемкость T ;
- для обеспечения необходимой математической точности проводимых исследований требуется достаточно большой объем статистической информации по трудоемкости T создания N различных образцов РКТ или ее составных частей одного вида, при котором N на тридцать единиц превосходит число m взятых для исследований факторов [40, 46]:

$$m+30 < N. \quad (36)$$

Например, для случая жидкостных ракетных блоков [41] – $m = 8$ (для проведения исследований требуются данные по конструктивно-технологическим параметрам не менее чем по 39 различным ракетным блокам и маршевым ЖРД).

Для ракетных блоков, разгонных блоков, РН, маршевых ЖРД, КА актуальной является задача установления методами корреляционного анализа зависимостей (35):

требуется проведение сбора и анализа достаточного объема N наборов исходных данных, удовлетворяющего условию (36), по трудоемкости изделий T_i и соответствующим ей значениям величины определяющих конструктивно-технологических параметров $\{d_{ip1}, d_{ip2}, \dots, d_{ipm}\}, 1 \leq i \leq N$;

установление регрессионных функциональных зависимостей (35), в том числе [40, 46]:

- расчеты коэффициентов парных корреляций между определяющими конструктивно-технологическими параметрами;
- установление корреляционной парной зависимости трудоемкости T от каждой пары дублирующих факторов и исключение из рассмотрения тех параметров (факторов), у которых установлена более низкая корреляционная связь;
- в случае необходимости проведение факторного анализа по группам факторов;
- установление коэффициента аппроксимации, характеризующего среднее отклонение статистической кривой от зависимости (35),



то есть установление точности совпадения статистической зависимости с установленной функциональной зависимостью (35);

– установление множественного коэффициента корреляции и множественного коэффициента детерминации, по которым оценивается доля учетных определяющих факторов $\{d_{ip1}, d_{ip2}, \dots, d_{ipm}\}$, $1 \leq i \leq N$ во влиянии на трудоемкость T ;

– установление частных коэффициентов детерминации с соответствующим выделением (определением) доли каждого фактора в совокупном влиянии факторов на величину трудоемкости T ;

– на основе t-критерия Стьюдента для четырех степеней свободы [40, 46] количественная оценка существенности каждого определяющего фактора на функцию $T(35)$ – установление факта действительности влияния конкретного определяющего конструктивно-технологического параметра на анализируемую функцию $T(35)$ или определения влияния указанного определяющего параметра, установленного на основе коэффициента частной корреляции, как действия случайности, связанной со статистической выборкой;

исследование влияния на величину трудоемкости T , определяемой по (35):

– коэффициента преемственности конструкции, являющегося функцией отношения количества заимствованных конструктивно-технологических параметров к общему количеству конструктивно-технологических параметров

нового изделия, на величину трудоемкости T , определяемой по (35);

– технического уровня [47, 48] производственной базы (в том числе проектно-конструкторской и испытательной базы), зависящего от внедрения передовых технологий, механизации и автоматизации производства, внедрения информационных технологий и вычислительной техники, освоения новых видов промышленной продукции и модернизации оборудования [6];

– основных технико-экономических показателей производственной базы, таких как износ основных производственных фондов, доля оборудования с возрастом до 10 лет.

исследование и анализ вопросов отличия функциональных зависимостей трудоемкости $T(35)$ для ракетных блоков и разгонных блоков; разработка инженерных методик определения функциональных зависимостей $T(35)$, разработанных на основе методов корреляционного анализа.

Для ЖРД малой тяги и некоторых видов ракетных двигателей также актуально решение задачи установления методами корреляционного анализа зависимостей (35). Однако, в дополнение к вышеуказанным направлениям исследований для ракетных блоков, разгонных блоков, РН, маршевых ЖРД, КА здесь требуется решение задач по классификации ЖРД малой тяги и некоторых видов ракетных двигателей, аналогично [36, 41, 42], определение основных конструктивно-технологических параметров, влияющих на трудоемкость их создания.

Выводы

1. Обоснована необходимость и актуальность разработки общей методики измерения производительности труда в РКП.

2. Предложен эффективный метод измерения производительности труда для организаций, выполняющих работы по изготовлению и пускам ракет космического назначения (РКН) для доставки полезной нагрузки (ПН) в космос: производительность труда – количество веса ПН (кг), приходящегося на единицу затрат на изготовление и пуск РКН, выраженную в денежном эквиваленте.

3. На современном этапе производственно-технологического развития мировой космиче-

ской промышленности производительность труда российских организаций РКП, выполняющих работы по изготовлению и поставке, подготовке к пускам и пускам РКН для обеспечения доставки ПН на НОО и ГПО, соответствует выше достигнутого мирового уровня.

4. Существующие в машиностроительной отрасли методы прогнозирования трудоемкости изготовления высокотехнологичных изделий, основанные на методах нормирования труда, не могут быть использованы на ранних стадиях проектирования изделий, так как не отражают многовариантность технологических решений

и основаны на оценке параметров, известных лишь на последних этапах создания изделий.

5. Обоснована необходимость разработки методик, позволяющих с достаточной для практики точностью по ограниченной конструкторской и технологической информации об изделиях РКТ и их составных частях, своевременно и оперативно определять их трудоемкость, а в ряде случаев и себестоимость до начала производства РКТ, то есть на ранних этапах ее проектирования.

6. Дана постановка задачи и сформулированы основные направления и этапы исследований установления методами теории корреляционного анализа количественных функциональных зависимостей трудоемкости T от определяющих конструктивно-технологических параметров РКТ и ее составных частей, а также от параметров, характеризующих производственно-технологическое и организационное состояние создания РКТ и ее составных частей.

Библиографический список

12. Сравнительная стоимость запуска полезного груза в космос на разных РН // ж. Все о космосе. – 07.03.2016. – URL: <http://www.aboutspacejournal.net> (дата обращения: 20.11.2021). – Текст: электронный.

13. Ракета-носитель «Рокот» – Госкорпорация «Роскосмос», 2021. – URL: <https://www.roscosmos.ru/469/> (дата обращения: 26.11.2021). – Текст: электронный.

14. Номера закупок для работ с РКН «Рокот» // № 0173100007013000021, 09.02.2013; № 0995000000219000033, 13.05.2019. – URL: <https://zakupki.gov.ru/epz/main/public/home.html> (дата обращения: 20.10.2021). – Текст: электронный.

15. Названа стоимость создания ракеты «Рокот-2» без украинских комплектующих, 2021. – URL: <https://ria.ru/20190525/1554903849.html> (дата обращения: 10.10.2021). – Текст: электронный.

16. Ракеты-носители «Союз-2» – Госкорпорация Роскосмос», 2021. – URL: <https://www.roscosmos.ru/468/> (дата обращения: 26.11.2021). – Текст: электронный.

17. Номера закупок для работ с РН «Союз-2.1а» // № 0995000000218000031, 10.04.2018; № 0995000000219000080, 19.08.2019; № 0995000000219000078, 19.08.2019; № 0995000000218000032, 10.04.2018; № 0173100007015000032, 31.03.2015; № 0173100007015000137, 27.11.2015; № 0173100007013000118, 18.10.2013; № 0995000000218000015, 27.02.2018; № 0173100007012000265, 29.12.2012. – URL: <https://zakupki.gov.ru/epz/main/public/home.html> (дата обращения: 20.10.2021). – Текст: электронный.

18. Ракеты-носители – Госкорпорация «Роскосмос», 2021. – URL: <https://www.roscosmos.ru/33/> (дата обращения: 20.11.2021). – Текст: электронный.

19. Номера закупок для работ с РН «Союз-2.1б» // № 0173100007015000140, 09.12.2015; № 0995000000217000006, 17.02.2017; № 0995000000219000020, 25.03.2019; № 31907820510, 24.04.2019; № 32009425327, 02.09.2020; № 32008837333, 13.02.2020; № 31908076304, 8.07.2019; № 31807048340, 30.10.2018; № 0995000000219000150, 31.10.2019; № 0173100007013000106, 03.10.2013; № 0995000000219000168, 27.12.2019; № 0995000000219000019, 22.03.2019. – URL: <https://zakupki.gov.ru/epz/main/public/home.html> (дата обращения: 20.10.2021). – Текст: электронный.

20. Номер закупки для работ с РН «Ангара-1.2» // № 0995000000219000053, 10.06.2019. – URL: <https://zakupki.gov.ru/epz/main/public/home.html> (дата обращения: 20.10.2021). – Текст: электронный.

21. Афанасьев И. Локомотивы нового поколения. Российские средства выведения завтрашнего дня // ж. Русский космос. – Изд.: ЦНИИмаш. – май 2020. – С. 34–39.

22. Ракеты-носители «Протон-М» – Госкорпорация «Роскосмос», 2021. – URL: <https://www.roscosmos.ru/465/> (дата обращения: 26.11.2021). – Текст: электронный.

23. Номера закупок для работ с РН «Протон-М» // № 0995000000216000116, 26.09.2016; № 4770238802717000014, 28.02.2017; № 0173100007015000116, 30.10.2015; № 0995000000217000011, 17.02.2017; № 0173100007015000035, 31.03.2015; № 0173100007015000048, 13.04.2015. – URL: <https://zakupki.gov.ru/epz/main/public/home.html> (дата обращения: 20.10.2021). – Текст: электронный.



24. Capabilities&Services.SpaceX. – URL: <https://www.spacex.com/media/Capabilities&Services.pdf> (дата обращения: 20.11.2021). – Текст: электронный.
25. United Launch Alliance. РН Атлас V, 25.12.2021. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Атлас-5> (дата обращения: 26.12.2021). – Текст: электронный.
26. U.S. Air Force To Request \$1.8 Billion for EELV Program as Costs Skyrocket // SpaceNews, 14.12.2011. – URL: <https://spacenews.com/us-air-force-eelv-budget-expected-skyrocket/> (дата обращения: 10.11.2021). – Текст: электронный.
27. Рынок пусковых услуг: 2017.– С. 1–36. – URL: ecoruspace.me. (дата обращения: 10.10.2021). – Текст: электронный.
28. Совокупная стоимость запусков ракет в 2019-2021 годах составит 259,4 млрд рублей. // Москва, ТАСС, 28.05.2019. – URL: <https://tass.ru/ekonomika/6478675> (дата обращения: 10.10.2021). – Текст: электронный.
29. Космическое страхование: взгляд на непростую индустрию, 22.09.2019. – URL: <https://thealphacentauri.net/28794-kosmicheskoe-strahovanie-vzglyad-na-neprostopuyu-industriyu/> (дата обращения: 10.10.2021). – Текст: электронный.
30. Гастев А.К. Как надо работать. Практическое введение в науку организации труда. Изд. 2-е. – М.: Экономика, 1972. – 478 с.
31. Генкин Б.М. Введение в метаэкономику и основания экономических наук. – М.: НОРМА: ИНФРА-М.– 2002. – 367 с.
32. Генкин Б.М. Организация, нормирование и оплата труда на промышленных предприятиях: Учебник для вузов. – 5-е изд., изм. и доп. – М.: НОРМА.– 2008. – 448 с.
33. Нелидов И.Е. Организация, планирование и управление энергомашиностроительным предприятием – М.: Высшая школа.– 1977. – 318 с.
34. Научная организация труда в промышленности: Учебно-метод. пособие/ Под общ. ред. С.С. Новожилова и др. – МВ Экономика, 1978. – 359 с. – (ВНМЦентр и НИИ труда Госкомтруда СССР).
35. Пруденский Г.А. Проблемы рабочего и вне рабочего времени. – М.: Наука.– 1972. – 335 с.
36. Чмелев Г.Б., Михайлов А.Н., Галкин Н.А., Пожидаев С.С. Расчетные зависимости оценки трудоемкости изготовления жидкостных ракетных двигателей средств выведения на основе существующего научно-технического задела. Под общей редакцией В.И. Петрова. ФГУП «НПО «Техномаш». – 2013. – 72 с.
37. Галкин Н.А., Гаврин Д.С., Фомин Е.Ю., Пожидаев С.С., Утешев С.И., Семенов И.А., Серов Е.В., Дергачева Е.С. Укрупненный расчет трудоемкости изготовления ракет-носителей с последовательным и смешанным расположением ступеней // Вестник «НПО «Техномаш». М.:. – 2017. – С. 54–56.
38. Вейко А.В., Кохно П.А. Функционально-стоимостные модели разработки и изготовления ракет-носителей / Методы и инструменты экономики успеха: монография / Коллектив авторов. – М.: Юр-ВАК. – 2016. – 216 с.
39. Вейко А.В., Кохно П.А. Экономика ракетно-космической отрасли. Монография. Москва. – 2017. – 232 с.
40. Румшинский Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента. – М.: Наука.–1971. – 192с.
41. Галкин Н.А., Кондратенко А.Н., Швед В.В., Швед Е.В. Методика укрупнённого расчёта трудоемкости изготовления ракет-носителей// Двойные технологии. –2019, №4(89). –С. 10–14.
42. Галкин Н.А., Кондратенко А.Н., Гапоненко О.В., Чирюкин Е.В. Свиридова Е.С. Методический подход к укрупненному расчету трудоемкости изготовления космических аппаратов // ж. Вестник МАИ.– 2019, том 26.– №2. –С. 20–33.
43. Вапник. В.Н. Восстановление зависимостей по эмпирическим данным / В.Н. Вапник. – М.: Наука. – 1979. – 448 с.



44. Михайлова Н.А. Механизм прогнозирования трудоемкости серийного изготовления ГТД на этапе аванпроекта. Диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук, Рыбинск, – 2010. – 217 с.

45. Михайлова. Н.А. Методика определения трудоемкости изготовления изделия на этапе формирования портфеля заказов предприятия // Вестник ИНЖЕКОНА.– с. Экономика. – СПб: СПбГИЭУ, – 2008.– Вып. 6 (25). – С. 308–312.

46. Магнус Я.Р., Катышев П.К., Пересецкий А.А. Эконометрика. Начальный курс: Учебник – 6-е издание, переработанное и дополненное – М.: Дело. – 2004. – 576 с.

47. Жемердеев О.В., Кондратенко А.Н. Определение состояния технического потенциала предприятий на основе модифицированной модели факторов производства // 17-я Международная конференция Авиация и космонавтика – 2018 (19–23.11.2018, Москва). Тезисы. – М.: Люксор. – 2018. –С. 608–609.

48. Жемердеев О.В., Кондратенко А.Н. Метод определения состояния технического потенциала предприятий на основе модифицированной модели факторов производства // Вестник Московского авиационного института. – 2019. – т. 26.– №1. – С. 230–235.

Кондратенко Александр Николаевич – канд. техн. наук, эксперт АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева».

Тел.: 8(495) 689-96-90.

E-mail: A.Kondratenko@tmnpo.ru

Kondratenko Aleksandr Nikolaevich - Ph.D. in Engineering Sciences, Expert of JSC «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasev».

Tel.: 8(495) 689-96-90.

E-mail: A.Kondratenko@tmnpo.ru



УДК 629.784

Лукьянчик В.В., Николаев В.Д.
Lukianchik V.V., Nikolaev V.D.

Концептуально-технические предложения по созданию автоматизированной информационной системы управления капитальным строительством

Conceptual and technical proposals for an automated information system for capital construction management

Перечислены задачи в сфере капитального строительства, для решения которых целесообразно использовать процессы автоматизации алгоритмов принятия управленческих решений, например для контроля основных параметров инвестиционного проекта на всех стадиях его реализации, начиная от обоснования экономической целесообразности и до ввода его в эксплуатацию. Выполнен анализ текущего состояния объектов автоматизации в Российской Федерации и сформулированы требования к процессам функционирования и структурно-функциональным элементам автоматизированной информационной системы управления капитальным строительством Госкорпорации «Роскосмос».

There are listed tasks in the sphere of capital construction, to solve which it is reasonable to use processes of automating algorithms for making managerial decisions, for example, to control main parameters of investment project at all its realization stages, starting from justification of economic feasibility and up to putting it into operation. The analysis of the current state of automation objects in the Russian Federation was performed and the requirements to the functioning processes and structural and functional elements of the automated information system for capital construction management of the State Space Corporation Roscosmos were formulated.

Ключевые слова: база данных, инвестиционный проект, алгоритм принятия решения, автоматизированная информационная система, программное средство, операционная система.

Keywords: database, investment project, decision algorithm, automated information system, software tool, operating system.

В настоящее время можно выделить ряд основных причин, негативно влияющих на производственно-технологическое развитие организаций ракетно-космической промышленности (РКП):

– планирование инвестиций в модернизацию и развитие производственной базы предприятий осуществляется без учета оперативной информации о количественном и качественном состоянии объектов капитального строительства, рабочих мест, которые предназначены для изготовления серийных изделий ракетно-космической техники (РКТ);

– инвестиционные и технологические разделы государственных программ (подпрограмм, целевых программ) в части РКП формируются фактически по параметрам, исходным

данным и материалам предприятий (методом «запроса»);

– не решены задачи по повышению технико-экономической эффективности использования потенциала предприятий. У многих предприятий отсутствуют планы технического перевооружения производств, программы комплексной модернизации испытательных станций (стендов), в том числе технического переоснащения рабочих мест, применительно к задачам по созданию и серийному производству перспективных изделий РКТ;

– низкий уровень внедрения результатов разрабатываемых базовых и критических промышленных технологий в технологические процессы для обеспечения выполнения заданий государственного оборонного заказа (ГОЗ) на текущий и плановый период.

Необходимо отметить, что в последние годы в деятельность государственных корпораций и учреждений повсеместно внедряются процессы автоматизации алгоритмов принятия управленческих решений, в том числе в сфере капитального строительства наблюдается развитие корпоративной системы автоматизации управления процессами оптимизации производственной и испытательной базы РКП за счет решения автоматизированной информационной системой (АИС) следующих задач:

- повышения оперативности управления инвестиционной деятельностью в капитальном строительстве;

- создания инструментов контроля сроками исполнения программных мероприятий государственных и федеральных целевых программ (ГП и ФЦП), подготовки обосновывающих материалов, отчетной документации;

- создания инструментов контроля использования финансовых средств, вовлекаемых в инвестиционную деятельность в форме капитальных вложений;

- повышения эффективности инвестиций в форме капитальных вложений;

- повышения обоснованности предложений по включению объектов в инвестиционную программу, предложений по корректировке ГП и ФЦП, предложений по возможности софинансирования инвестиций в капитальное строительство согласно требованиям действующих нормативно-правовых актов в сфере капитального строительства [1];

- создания инструментов контроля основных параметров инвестиционного проекта на всех стадиях его реализации, начиная от обоснования экономической целесообразности и до ввода его в эксплуатацию;

- обеспечения методической и статистической информацией, в том числе формирование исходных данных для принятия управляющих воздействий в АИС.

Для комплексного анализа вопросов создания АИС сопровождения инвестиционных проектов предприятий РКП, в том числе формирования концептуально-технических предложений, рассмотрены следующие направления исследований:

- аналитический обзор существующих автоматизированных систем управления (АСУ) инвестиционными проектами;

- анализ и сравнительная оценка функциональных возможностей существующих программных средств применительно к управлению инвестиционными проектами;

- разработка структуры информационной системы сопровождения инвестиционных проектов, интегрирующая его качественные и количественные характеристики.

- разработка структуры базы данных, позволяющая решить задачи, связанные с ведением структурированного учета информации о расходе средств на выполнение проектов, контроля, мониторинга и анализа выполнения проектов;

- разработка алгоритма формирования отчетов и подсистема, реализующая его и построенная на основе формирования конфигураций отчетов, обеспечения использования внешних обработчиков для формирования отчетных и аналитических документов мониторинга при выполнении инвестиционных проектов;

- разработка концептуально-технических предложений по созданию автоматизированной информационной системы сопровождения инвестиционных проектов для повышения обоснованности управленческих решений структурных подразделений Госкорпорации «Роскосмос» [2, 3].

Проведенное обследование более пяти организаций РКП показало, что на этапах предпроектной подготовки и реализации инвестиционных проектов используются стандартные офисные программы «MSOffice», средства обеспечения нормативно-справочной информацией «Консультант» и «Гарант», средства автоматизированного проектирования «AutoCAD» и средства автоматизированной подготовки сметной документации «Смета.ру», «Грандсмета», «РИЦ», «Госстройсмета». Документооборот общепромышленной не применяется, отдельные организации РКП используют стандартные решения «1С: Предприятие».

На основе систематизации целей и задач, решаемых АСУ, отдельных организаций и корпораций в табл. 1 приведены основные требования пользователей к АИС (базам данных) управления капитальным строительством.



Таблица 1. Анализ требований, предъявляемых пользователем к АИС

№	Требования пользователя	Возможные критерии выбора решения
Общие требования		
1	Российская разработка	Целесообразно при выборе платформы в качестве критерия использовать наличие/отсутствие в реестре отечественного программного обеспечения (ПО)
2	Наличие подтвержденных проектов в госструктурах (идет опытная или промышленная эксплуатация)	Целесообразно использовать решения, проходящие опытную или введенные в промышленную эксплуатацию, в органах государственной власти и управления
Поддержка и обучение пользователей		
3	Наличие собственного центра обучения	Обучающие курсы под заказ клиента
4	Временная схема технической поддержки пользователей (время работы третьей линии технической поддержки)	Обеспечить гибкие условия, заложить возможность регулирования времени работы технической поддержки через SLA
5	Наличие документации на русском языке (Руководство пользователя, Руководство администратора)	Обязательное условие при выборе решения
6	Наличие интерактивных обучающих курсов / наличие профильных интернет-ресурсов (ссылки)	Заложить в критерии выбора решения
Информационная безопасность		
7	Сертификация ФСТЭК (класс защищенности)	В силу возможности возникновения в АИС информации и документов ограниченного распространения необходимо заложить в критерии выбора решения наличие/возможность получения сертификата категории не ниже «Конфиденциально»
Архитектура и функционал		
9	Визуальные конструкторы внутри функциональных компонент, не требующие участия программистов для построения форм ввода, отчетов, аналитики, ведения справочников и т.д.	Рекомендуется включить в качестве критерия оценки функционала системы
10	С какими продуктами управления проектами поддерживается импорт/экспорт данных	Необходима поддержка форматов обмена по интеграционной шине. Любыми открытыми системами, Spider, MS Project
11	Выгрузка в форматы MS Office	Рекомендуется добавить в критерии выбора решения

13	Возможность ведения «локальных справочников» (при отсутствии в организации НСИ/MDM)	Добавить в качестве обязательного условия
14	Поддержка браузеров	Обязательное условие – поддержка основных браузеров
15	Локальная выгрузка на мобильные устройства	Включить в критерии выбора решения
16	Общесистемное ПО (операционная система)	Добавить в качестве обязательного условия – Windows, Linux
17	Интеграция с LDAP (MS AD), поддержка SSO (single sign on) в домене Microsoft	Добавить в качестве обязательного условия при выборе решения
19	Взаимодействие с MS Exchange (уведомление пользователей по e-mail)	Добавить в качестве обязательного условия
20	Персонализированные личные кабинеты пользователей	Добавить в качестве обязательного условия
21	Наличие/отсутствие толстого клиента, какие задачи решает толстый клиент (не решенные в тонком клиенте)	Требуется проанализировать и декомпозировать требования на этапе разработки технического задания (ТЗ)
22	При работе в системе пользователя и администратора используется только тонкий клиент (да/нет)	Добавить как обязательное условие при работе пользователя и как желательное условие при работе администратора
25	Поддерживаемые системы управления базами данных (СУБД) (перечислить)	Включить в требования к решению обязательную поддержку СУБД PostgreSQL
26	Масштабирование	Включить в качестве обязательного требования при выборе решения
27	Сервис-ориентированная архитектура (модульность)	Включить в качестве обязательного требования при выборе решения
30	Кумулятивное обновление без участия Вендора	Включить возможность кумулятивного обновления в качестве обязательного требования при выборе решения
34	Мобильные платформы (мобильное приложение)	Включить требование по поддержке мобильных платформ (платформы уточнить на этапе создания/ уточнения ТЗ)



Качественные и количественные требования к качеству и функциональным показателям качества АИС определены потенциальными пользователями АСУ, знающими условия эксплуатации оцениваемой системы. Обработка мнений различных пользователей должна происходить аналогично обработке мнений экспертов-специалистов по оценке качества программного продукта. Формирование и обработка мнений пользователей о качестве программного обеспечения показаны на примере задания требований к качеству общесистемной операционной системы.

Пусть, например, надежность операционной системы характеризуется следующими показателями надежности программного продукта:

- корректность (безопасность) – P_k ;
- устойчивость к сбоям техники – P_t ;
- устойчивость к информационным ошибкам – P_i ;
- устойчивость к ошибкам персонала (эргатическая устойчивость) – P_h .

Каждый из этих показателей измеряется как вероятность верного однократного прогона программного продукта, причем оценка его надежности вычисляется следующим образом:

$$P_n = 1 - [(1 - P_k) + (1 - P_t) + (1 - P_i) + (1 - P_h)]. \quad (1)$$

Испытания и оценка ряда программных средств показали, что плохие с точки зрения надежности программные средства имеют следующие оценки:

- $P_k \geq 0,999$,
- $P_t \geq 0,9999999$ (IBM PC),
- $P_i = P_h \geq 0,99$.

Для формирования требований к показателям надежности экспертам необходимо ответить на вопросы, характеризующие следующие условия эксплуатации программного обеспечения:

- насколько критична вычислительная система в целом к вопросам безопасности;
- насколько хороша надежность аппаратуры;
- каково качество исходной информации;
- какова квалификация и подготовка персонала?

При этом ответ на первый вопрос связан с надежностью программного обеспечения

и с корректностью работы, второй – с устойчивостью к сбоям техники, третий – с устойчивостью к информационным ошибкам, четвертый – с эргатической устойчивостью операционной системы.

Анализ текущего состояния объекта автоматизации в Российской Федерации показал, что в составе порядка 200 включенных в реестр автоматизированных информационных систем не представлены средства, позволяющие достигнуть целей разрабатываемой автоматизированной информационной системы управления капитальным строительством (АИС УКС) Госкорпорации «Роскосмос». Для формирования требований к процессам функционирования и структурно-функциональным элементам АИС УКС Госкорпорации «Роскосмос» определены следующие направления подготовки технических предложений:

- разработка предложений по созданию технических и программных средств проведения мониторинга хода капитального строительства и технического перевооружения организаций РКП;
- разработка технических и программных средств автоматизации процессов оценки реализуемости и нормативно-методическое обеспечение выполнения заданий ГОЗ в части объектов капитального строительства;
- разработка технических и программных средств автоматизации подготовки проектов заданий на проектирование объектов капитального строительства и учет утвержденных заданий;
- разработка технических и программных средств интеграции с действующими системами управления Аппарата Правительства Российской Федерации, Военно-промышленной комиссии при Правительстве Российской Федерации и федеральными органами исполнительной власти по вопросам передачи и получения информации в части инвестиционных проектов в установленной для Госкорпорации «Роскосмос» сфере деятельности и взаимодействия с субъектами Российской Федерации при расширении действующих производств и создании новых строительных объектов с присоединением к действующим мощностям и инженерным коммуникациям;

- разработка технических и программных средств интеграции с действующими системами управления Госкорпорации «Роскосмос»;
- разработка технических и программных средств мониторинга сбора, обобщения и представления отчетности по объектам капитального строительства и реконструкции в статистические органы и ее учет;
- разработка технических и программных средств автоматизации подготовки проектов решений о реализации программных мероприятий ГП и ФЦП;
- разработка технических и программных средств учета проектной документации по объектам организаций Госкорпорации «Роскосмос» и предприятий РКП, финансирование которых осуществляется за счет средств бюджета, интеграция АИС УКС с системами проектирования;
- разработка технических и программных средств учета материалов обоснования необходимости инвестирования и целевого финансирования в рамках федеральной адресной инвестиционной программы (ФАИП) объектов капитального строительства организаций Госкорпорации «Роскосмос» и предприятий РКП и учет документации;
- разработка технических и программных средств автоматизации процесса подготовки проекта перечней строек, обеспечивающих создание производственных мощностей в Госкорпорации «Роскосмос» для реализации заданий ГОЗ, финансируемых из бюджета;
- разработка технических и программных средств учета и сопровождения нормативно-правовых, нормативно-справочных и программно-методических документов, применяемых при планировании, реализации и обеспечении координации работ в рамках ФАИП, в части бюджетных инвестиций в объекты капитального строительства;
- разработка технических и программных средств учета объектов капитального строительства, объемов капитальных вложений и других параметров на всех стадиях инвестиционного проекта от обоснования экономической целесообразности (ОЭЦ) до ввода в эксплуатацию, включая учет договорных, разрешительных, отчетных и приемо-сдаточных документов по инвестиционным проектам, включенным в ГП и ФЦП;
- разработка технических и программных средств учета обосновывающих материалов, разрабатываемых предприятиями РКП для включения объектов в ФАИП;
- разработка технических и программных средств учета заключений Минэкономразвития России и Минпромторга России о результатах проверки инвестиционных проектов на предмет эффективности использования средств федерального бюджета, направляемых на капитальные вложения;
- разработка технических и программных средств мониторинга проведения публичного технологического и ценового аудита по объектам капитального строительства, реконструкции и технического перевооружения РКП, для которых обязательность проведения указанного аудита определена законом;
- разработка технических и программных средств учета правоустанавливающих и разрешительных документов для строительства, реконструкции и перевооружения объектов наземной инфраструктуры РКП;
- разработка технических и программных средств автоматизации процессов формирования титульных списков вновь начинаемых строек;
- разработка технических и программных средств учета параметров инвестиционных проектов, указанных в выписках из ФАИП, доводимых Министерством экономического развития Российской Федерации;
- разработка технических и программных средств мониторинга проведения торгов по выбору проектной организации;
- разработка технических и программных средств учета заключений государственной экспертизы и заключений о проверке достоверности сметной стоимости;
- разработка технических и программных средств учета материалов инженерных изысканий и проектной документации;
- разработка технических и программных средств контроля параметров инвестиционного проекта;



- разработка технических и программных средств учета рабочей документации;
- разработка технических и программных средств контроля сроков выполнения этапов строительно-монтажных работ (СМР), поставок оборудования, его монтажа, пуско-наладки и испытаний. Мониторинг объемов выполненных работ и величины понесенных финансовых потерь и затрат;
- разработка технических и программных средств учета отчетной и приемо-сдаточной документации по строительству;
- разработка технических и программных средств автоматизации процесса формирования сводной, консолидированной и отчетной документации о ходе исполнения ФАИП и ГОЗ;
- разработка технических и программных средств учета и автоматизированного ведения каталогов типовых проектов в РКП;
- разработка технических и программных средств интеграции с «внешними» информационными и аналитическими системами федеральных органов исполнительной власти и управления. Перечень систем, форматы данных, организационные аспекты обмена определяются на этапе разработки концепции при проведении научно-исследовательской работы;
- разработка технических и программных средств интеграции с наследуемыми автоматизированными системами в контуре Госкорпорации «Роскосмос». Перечень систем, форматы данных, организационные аспекты обмена определяются на этапе разработки концепции;
- ведение классификаторов и справочников АИС УКС без ИТ-специалистов (средства ведения и конструктор справочников).

Анализ действующих автоматизированных систем показал, что процесс формирования, контроля, анализа и регулирования программных мероприятий по реконструкции и техническому перевооружению организаций и предприятий РКП, проблемно ориентированный на развитие испытательной и производственной базы для создания и серийного производства перспективных изделий РКТ, следует рассматривать в формальном и практическом аспекте как единую сложную систему, которой свойственны следующие характерные черты:

- создание и применение общепромышленного стандартизированного, иерархически упорядоченного каталога форм описания для всех инвестиционных проектов;
- мониторинг и анализ информации о планировании и реализации инвестиционных проектов;
- верификация каталогизированных данных об инвестиционных проектах;
- обеспечение интерфейсов передачи данных в системы каталога и внешние системы (системы органов управления корпорации, предприятий РКП, планирующих и реализующих инвестиционные проекты);
- разработка и практическое применение регламентов процессов информационного взаимодействия органов управления корпорации, предприятий РКП, планирующих и реализующих инвестиционные проекты.

Реализация процессов подобной сложности должна быть обеспечена за счет разработки единой, территориально распределенной автоматизированной информационной системы управления капитальным строительством на основе единого хранилища данных.

Автоматизированная система должна решать следующие задачи:

1. Формализованный сбор, актуализация и хранение информации об инвестиционных проектах организаций и предприятий РКП.
2. Интеграция прикладных автоматизированных систем органов управления Госкорпорации «Роскосмос», предприятий РКП, головных подрядных организаций, поставщиков и производителей оборудования в единое информационное пространство на основе стандартизированных протоколов обмена.
3. Представление органам управления Госкорпорации «Роскосмос», предприятиям РКП и иным субъектам управления жизненного цикла изделий РКП актуальной информации в стандартизированных форматах, пригодных для автоматизированного решения задач управления опережающим развитием мероприятий по строительству, реконструкции и техническому перевооружению производственной и испытательной базы РКП.
4. Защита информации в автоматизированной интегрированной информационной среде

от потери, искажения несанкционированного доступа и использования.

На практике к таким системам должны предъявляться следующие технологические требования:

- настраиваемые регламенты и протоколы передачи данных;
- единый стандартизированный каталог классификаторов;
- единая типовая и адаптивная модель данных;
- гибкая система построения аналитики.

Архитектура системы должна включать типовые программно-технические комплексы администратора автоматизированной информационной системы, субъектов управления жизненным циклом изделий РКТ (органов управления Госкорпорации «Роскосмос», предприятий РКП) и терминального доступа, в первую очередь для подрядчиков СМР и поставщиков специального технологического оборудования (СТО).

Программно-технический комплекс назначенного Госкорпорацией «Роскосмос» администратора АИС УКС должен решать следующие задачи:

- управление узлами отраслевого хранилища данных (ОХД) для организационного взаимодействия субъектов управления жизненным циклом изделий РКТ, подрядчиков СМР и поставщиков СТО на основе сервис-ориентированного принципа работы;
- управление доступом к ресурсам АИС, санкционирование представления субъектам управления жизненным циклом изделий РКТ данных, содержащихся в ОХД на основе единой модели данных и иерархической ролевой модели доступа к ОХД;
- контроль состояния узлов ОХД на предмет доступности и исправности;
- объектно-ориентированное описание актуальной модели данных ОХД;
- ведение каталога информационных ресурсов ОХД на основе актуальной модели данных;
- обеспечение глобальной идентификации данных и поддержки отслеживания версионности данных;
- тиражирование изменения данных, идентификация источника изменения данных;

– формирование на языке запросов обращений к ОХД в целях извлечения, пополнения, отображения и модификации данных.

Программно-технический комплекс субъекта управления жизненным циклом изделий РКТ должен решать следующие основные задачи:

- представление по запросам субъектов управления жизненным циклом изделий РКТ технической и иной аналитической информации об инвестиционном проекте;
- обеспечение информационного взаимодействия с другими программно-техническими комплексами системы посредством протокола информационного сопряжения, определенного в разрабатываемых нормативно-технических документах;
- регламентированное предоставление доступа другим участникам АИС к сформированным специальным образом витринам данных на основе информации, которой обладает конкретный узел ОХД;
- интеграция прикладных автоматизированных систем субъектов управления жизненным циклом изделий РКТ в единое информационное пространство на основе сервис-ориентированных технологий;
- защита информации от потери, искажения, несанкционированного доступа и использования.

Модель АИС должна быть адаптивной и позволять гибко подстраиваться под меняющиеся запросы потребителей. На рис. 1 представлена матричная модель инвестиционного процесса для формализации с помощью программного обеспечения в АСУ УКС.

Построение и функционирование АИС УКС должно осуществляться с учетом следующих принципов:

- соблюдения действующих законодательных и нормативных актов;
- многоуровневой иерархической структуры АИС УКС:
- первый уровень – операционный – уровень первичных оперативных данных (атомарных показателей), сводных информационных ресурсов (базы данных, фонды, реестры) представляемых организациями-участниками строительства;





Рис. 1. Матричная модель инвестиционного процесса

– второй уровень – тактический, аналитический уровень, содержащий обобщенные данные и оценки, необходимые для мониторинга, контроля и осуществления планирования;

– третий уровень – стратегический, информационно и аналитически обеспечивающий принятие управленческих решений руководством Госкорпорации «Роскосмос»;

– совместного использования информационных ресурсов, в том числе накопленных (наследуемых) в рамках различных ИАС организаций Госкорпорации «Роскосмос»;

– стандартизации и унификации информационных потоков, отчетных форм, систем классификации и кодирования, сегментации информационных ресурсов, дифференциации и регламентации доступа к различным сегментам информационных ресурсов. При этом информационную основу АИС УКП должны составлять данные, представляемые организациями-участниками в установленном порядке в соответствии с разработанным регламентом. Доступ к информационным ресурсам

должен осуществляться по специальным правилам и процедурам (электронным регламентам) путем формирования единой системы классификации и кодирования информации;

– полноты и достоверности данных, работоспособности, масштабируемости, совершенствования, дружеского интерфейса при выводе информации, современных технологий при формировании отчетов;

– комплексного обеспечения гарантированной безопасности информации и программно-технических средств;

– обеспечения юридической защищенности системы.

Получение данных в АИС УКС из информационных систем предприятий или систем организаций-подрядчиков, участвующих в капитальном строительстве (первый уровень):

– данные по всем текущим объектам строительства введены в АИС УКС;

– на этапе инициации и согласования вновь формируемых объектов строительства обяза-

тельным условием в Госкорпорации «Роскосмос» является обязанность организации-заказчика совместно с организацией-генеральным подрядчиком представлять данные в систему.

Мониторинг и анализ полученных данных. По результатам анализа полученных данных средствами АИС УКС (второй уровень):

– прозрачность бюджетов и объемов инвестиций на объектах капитального строительства;

– прозрачность состава и текущего статуса работ на объектах капитального строительства в контуре Госкорпорации «Роскосмос»;

– поступление данных и результатов анализа из АИС УКС на интеграционную шину в информационном контуре Госкорпорации «Роскосмос».

Инкапсуляция результатов оценки инвестиций в информационную систему оценки инвестиций стратегического уровня (третий уровень).

Заключение

Приведенный авторами методический подход по формированию концептуально-технических предложений в обеспечение создания автоматизированной информационной системы управления капитальным строительством Госкорпорации «Роскосмос» позволит уже сейчас определить

облик будущей системы, который должен быть учтен в техническом задании по созданию АСУ УКС Госкорпорации «Роскосмос», направленной на принятие управленческих решений по развитию производственного потенциала РКП для создания перспективных изделий РКТ.

Библиографический список

1. О порядке проведения проверки инвестиционного проекта на предмет эффективности использования средств федерального бюджета, направленных на капитальные вложения: постановление Правительства Российской Федерации от 12.08.2008 № 590: утвержд. постановлением Правительства Российской Федерации 12.08.2008.

2. ГОСТ 34.602-89 Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Техническое задание на создание автоматизированной системы. – М.: Стандартинформ.– 2009. – 12 с.

3. ГОСТ 34.601-90 Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Стадии создания. – М.: Стандартинформ.– 2009. – 6 с.

Лукьянчик Владимир Владимирович – канд. техн. наук, доцент, начальник отдела АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева».

Тел.: +7(495) 689-95-07.

E-mail: lvv@tmnpo.ru

Lukianchik Vladimir Vladimirovich – Ph.D. in Engineering Sciences, Associate Professor, Department Head of JSC «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasev».

Tel.: +7(495) 689-95-07. E-mail: lvv@tmnpo.ru

Николаев Владимир Дмитриевич – канд. техн. наук, главный специалист АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева».

Тел. +7(495) 689-96-05 доб. 23-27.

E-mail: nvd@tmnpo.ru

Nikolaev Vladimir Dmitrievich – Ph.D. in Engineering Sciences, Principal Specialist of JSC «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasev».

Tel.: +7(495) 689-96-05 ext. 23-27.

E-mail: nvd@tmnpo.ru

