



Уважаемые коллеги, дорогие друзья!

Поздравляю вас с профессиональным праздником – Днем космонавтики!

Вся история цивилизации отмечена особыми взлетами человеческого гения, которые выводят нас на новые рубежи самосознания, позволяют по-новому взглянуть на научные открытия и технические потенциалы, в которых реализуются дерзания и творческий труд многих поколений.

Таким величайшим событием, несомненно, явился первый полет человека в космос, 60-летие которого мы отмечаем в этом году.

Мы по праву гордимся тем, что этот гигантский научно-технический прорыв осуществлен именно в нашей стране и первым космонавтом планеты Земля стал наш соотечественник Ю.А.Гагарин.

Подвиг Гагарина стал возможен благодаря таланту, огромному труду и мужеству ученых, конструкторов и всех работников ракетно-космической отрасли, всех тех, кто стоял у истоков космонавтики.

Сегодня славные дела заслуженных ветеранов достойно продолжает молодая смена.

Пусть достигнутые успехи и накопленный опыт станут залогом дальнейших открытий и достижений, а также научно-техническим фундаментом для нового вклада в реализацию перспективных космических проектов.

Желаю Вам работать сплоченной командой, уверенно смотреть в будущее, ставить перед собой ответственные задачи и с успехом их решать на благо России – великой космической державы.

Перед вами новый номер научно-технического журнала «Вестник «НПО «Техномаш», который мы посвящаем 60-летию первого полёта человека в космос.

В этом выпуске рассмотрены различные направления деятельности: технологии заготовительного производства и сварки, технологическое развитие предприятий, сертификация систем менеджмента качества, технологическая дисциплина, развитие нормативно-правовой базы метрологического обеспечения отрасли и вопросы развития цифровой корпоративной культуры в условиях цифровой трансформации организаций.

Авторам статей предоставлена возможность проанализировать существующие тенденции, наметить пути дальнейшего развития технологий и оборудования.

Мы приглашаем вас не только присылать свои статьи, но и высказывать мнения о публикациях. Наиболее интересные и содержательные отклики будут опубликованы в журнале.



И.о. генерального директора
ФГУП «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева

Ю.В. Власов



СОДЕРЖАНИЕ

<i>Вступительное слово Ю.В. Власова</i>	
Обращение к читателям	1
ТЕХНОЛОГИИ ЗАГОТОВИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА	
<i>Вайцехович С.М., Кузин А.И., Овечкин Л.М.</i>	
Технологические аспекты углового равноканального прессования со скручиванием	4
<i>Мысливец Е.А., Журавлев А.Ю.</i>	
Формирование структуры материалов в неравновесных физико-химических процессах	11
ТЕХНОЛОГИИ СВАРКИ И ПАЙКИ	
<i>Кулик, В.И., Хмылов Г.И., Степанов В.В., Бажанов А.В., Леонов С.Т.</i>	
Изучение возможности повышения прочности паяных корпусов приборов за счёт применения нового сплава типа 01411	15
<i>Чуклинов С.В.</i>	
Опыт эксплуатации автоматизированного многофункционального комплекса электронно-лучевой сварки ЭЛУР-1АТ	19
СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ РКП	
<i>Пантелеев К.Д., Юрцев Е.С.</i>	
Программно-целевой подход к управлению показателями технического уровня перспективных изделий космической техники	28
<i>Пантелеев К.Д., Юрцев Е.С.</i>	
Структурная декомпозиция, синтез и многокритериальный выбор конструкторско-технологических решений на ранних стадиях разработки изделий космической техники	32
<i>Кондратенко А.Н.</i>	
Особенности реализации и предложения по оптимизации капитальных вложений в ракетно-космической промышленности	36
ЭЛЕКТРОННАЯ ПАСПОРТИЗАЦИЯ	
<i>Должанский Ю.М., Захаров М.А., Илингина А.В., Кузин А.И., Пушкарёв С.А.</i>	
Специальное технологическое оборудование для изготовления стекло – и углепластиковых элементов каркасов солнечных батарей космических аппаратов	42
СТАНДАРТИЗАЦИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ, КАЧЕСТВО И МЕТРОЛОГИЯ	
<i>Устьянцев Е.В., Жуков В.В., Апеллесова М.А.</i>	
Результаты и особенности сертификации систем менеджмента качества организаций ракетно-космической промышленности в 2020 году	48
<i>Дорохов Е.Т., Круглов И.А., Жуков В.В., Тарасов А.В.</i>	
Обеспечение технологической дисциплины на предприятиях ракетно-космической промышленности в 2020 году	51
<i>Поморцев П.М., Киреев Д.Г., Лесниченко Р.И.</i>	
Развитие нормативно-правой базы метрологического обеспечения ракетно-космической промышленности	55
ОБРАЗОВАНИЕ И ОПЕРЕЖАЮЩАЯ ПОДГОТОВКА КАДРОВ	
<i>Зобов Ю.А., Бельх И.Н.</i>	
Задачи развития цифровой корпоративной культуры в рамках цифровой трансформации организаций ракетно-космической промышленности	59
<i>Зобов Ю.А., Омигов Б.И.</i>	
Вопросы формирования целевой модели технических компетенций и развития отраслевой системы подготовки инженерных кадров	68
<i>Мучило Ф.М., Степанов В.В., Колесников И.Н., Зобов Ю.А.</i>	
Перспективы повышения квалификации специалистов сварочного производства в ракетно-космической отрасли	79
ИНФОРМАЦИОННЫЕ СООБЩЕНИЯ	
<i>Больных Е.А., Колесников А.В.</i>	
«CubeSat» как многофункциональные спутники	83



CONTENTS

<i>Opening Remarks by Y.V. Vlasov</i>	1
Message to Readers	1
BLANK PRODUCTION TECHNOLOGIES	
<i>Vaytsekhovich S.M., Kuzin A.I., Ovechkin L.M.</i>	
Process Aspects of Equal Channel Angular Torsion Pressing	4
<i>Myslivets E.A., Zhuravlev A.Y.</i>	
Formation of the Materials Structure in Non-Equilibrium Physical-Chemical Processes	11
WELDING AND BRAZING TECHNOLOGIES	
<i>Kulik V.I., Stepanov V.V., Khmylov G.I., Bazhanov A.V., Leonov S.T.</i>	
A Feasibility Study of Brazed Instrument Casings Strength Enhancement by using a New 01411 Alloy	15
<i>Chuklinov S.V.</i>	
Operating experience of Automated Multifunctional ELUR-1AT Welding Station for Electron Beam Welding	19
CURRENT REQUIREMENTS AND TECHNOLOGY DEVELOPMENT OF AEROSPACE ENTERPRISES	
<i>Panteleev K.D., Yurtsev E.S.</i>	
Program-Oriented and Goal-Oriented Approach to the Technical Level Indicators Management of Advanced Space Hardware	28
<i>Panteleev K.D., Yurtsev E.S.</i>	
Structural Decomposition, Synthesis and Multi-Criteria choice of Design and Engineering Solution at the Early Stages of Space Hardware Development	32
<i>Kondratenko A.N.</i>	
Implementation Features and Proposals for the Capital Investments Optimization in the Aerospace Industry	36
CREATION OF ELECTRONIC DATA SHEETS	
<i>Dolzanskiy Y. M., Zakharov M.A., Ilingina A.V., Kuzin A.I., Pushkarev S.A.</i>	
Special Process Equipment for Space Vehicle's Solar Cell Carriers Manufacturing of Glass and Carbon Fiber Elements	42
STANDARDIZATION, CERTIFICATION, QUALITY AND METROLOGY	
<i>Ustiantsev E.V., Zhukov V.V., Apellesova M.A., Kruglova Y. V.</i>	
Results and Special Aspects of the Quality Management Systems Certification at the Aerospace Industry Enterprises in 2020	48
<i>Dorokhov E. T., Kruglov I.A., Zhukov V.V., Tarasov V.V.</i>	
Process Discipline Assurance at the Aerospace Industry Enterprises in 2020	51
<i>Pomortsev P.M., Kireev D.G., Lesnichenko R.I.</i>	
Development of the Rules and Regulations for Metrological Support of the Aerospace Industry	55
EDUCATION AND ADVANCED TRAINING	
<i>Zobov Y.A., Belykh I.N.</i>	
Objectives of a Digital Corporate Culture Development in the Framework of Digital Transformation at the Aerospace Industry Enterprises	59
<i>Zobov Y.A., Omigov B.I.</i>	
Topics of Technical Competency Target Model Formation and Industrial System Development for Engineering Stuff Training	68
<i>Muchilo F.M., Stepanov V.V., Kolesnikov I.N., Zobov Y.A.</i>	
Prospects for Skill Level Raising for the Welding Production Specialists in the Aerospace Industry	79
INFORMATION MESSAGES	
<i>Bolnykh E.A., Kolesnikov A.V.</i>	
«CubeSats» as Multifunctional Satellites	83

УДК 621.77

*Вайцехович С.М., Кузин А.И., Овечкин Л.М.
Vaytsekhovich S.M., Kuzin A.I., Ovechkin L.M.*

Технологические аспекты углового равноканального прессования со скручиванием

Process Aspects of Equal Channel Angular Torsion Pressing

Рассмотрено влияние сложения деформации от простого сдвига (угловое прессование) и деформации чистого сдвига (скручивание) на механические свойства конечного продукта и повышение производительности прессового оборудования. Предложено опытное устройство и технология для многоэтапного пластического деформирования металлов и сплавов.

The effect of the addition of simple shear strain (angular pressing) and pure shear strain (torsion) on the mechanical properties of the final product and the throughput increasing of pressing equipment is considered. An experimental device and technology for multistage plastic straining of metals and alloys is proposed.

Ключевые слова: обработка металлов давлением, пластическая деформация, сдвиг, течение металла, штамповая оснастка, матрица, пуансон, РК-прессование.

Keywords: metal forming, plastic strain, shear, metal flow, die tooling, die, punch, equal channel pressing.

Введение

Совершенствование технологических процессов обработки металлов давлением (ОМД) исторически идёт по пути сочетания различных методов формообразования заготовки: обжатия с волочением через вращающиеся валки (поперечно-винтовая прокатка), обжатия на вращающемся цилиндре (ротационная вытяжка), вытеснения металла в глухую или сквозную полость ручья штампа с «плавающими» стенками (обратное выдавливание с активными силами трения), экструзии металла через наклонные каналы с одинаковой площадью поперечного сечения с наложением противодействия.

Известно, что интенсивная пластическая деформация (ИПД) направлена на изменение

дислокационных структур [1, 2]. В случае сохранения целостности конечного продукта существенно повышается качество, кроме того, происходит уменьшение количества переходов силовой нагрузки, что повышает производительность оборудования.

Одним из способов улучшения кристаллического строения металлов в ОМД является равноканальное угловое прессование (РКУП), в основе которого лежит простой сдвиг, обеспечивающий модифицирование структуры металла [3]. Например, после четырех проходов РКУП зерно измельчается до средней величины от 20 мкм до 0,5 мкм.

Разработка технологии немонотонного деформирования

Для больших пластических деформаций режим деформации зависит от распределения скоростей деформации между линиями скольжения континуума и может варьироваться от чистого до простого сдвига. В качестве нормализованной скорости жесткого вращения вводится ска-

лярный инвариантный и безразмерный коэффициент деформации. На этой основе простой сдвиг обеспечивает оптимальный режим для модификации структуры и измельчения зерна, в то время как чистый сдвиг является «идеальным» для операций формования.



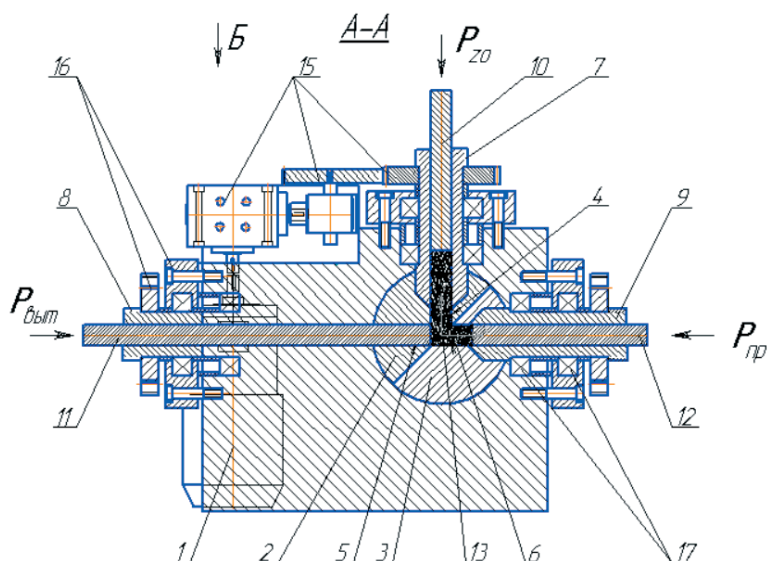


Рис. 1. Схема пресс-формы для РКУП со скручиванием

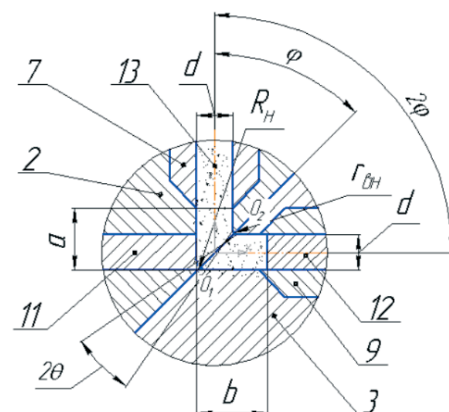


Рис. 2. Схема рабочей зоны пресс-формы

Сочетание технологического процесса РКУП с противодавлением со скручиванием характеризуется складыванием деформации сдвига от скручивания (чистый сдвиг) с деформацией сдвига от углового равноканального прессования (простой сдвиг) и приводит к полной перекристаллизации структуры материала [4, 5], и, в свою очередь, – к повышению физико-механических свойств конечного продукта [6, 7].

На рис. 1 представлена пресс-форма для РКУП со скручиванием, на рис. 2 – схема рабочей зоны пресс-формы. Обозначения: 2φ – угол между каналами; 2θ – угол разворота центрального веера; d – диаметр каналов; a – высота активной зоны очага деформации; b – ширина активной зоны очага деформации; O_1O_2 – линия пересечения каналов, лежащая в плоскости сдвига.

Пресс-форма для РКУП со скручиванием содержит корпус 1, в котором размещена составная матрица 2–3, состоящая из двух полуматриц – верхней 2 и нижней 3. Верхняя полуматрица 2 имеет вертикальный 4 и горизонтальный 5 каналы, нижняя полуматрица 3 – горизонтальный боковой канал 6, при этом боковые каналы 5 и 6 имеют общую геометрическую ось. В корпусе 1, осесимметрично ка-

налам 4, 5 и 6, выполнены полости, в которые вмонтированы вертикальная втулка 7 и боковые втулки 8, 9. Во втулках 7, 8 и 9 внутренние отверстия выполнены осесимметричными и являются продолжением осей вертикального 4 и бокового 5 каналов верхней полуматрицы 2, а также оси горизонтального канала 6 нижней полуматрицы 3.

В осецентрированных отверстиях втулок 7, 8 и 9 размещены пуансоны 10, 11 и 12 с возможностью поворота вокруг их продольных осей.

Верхний пуансон 10 под действием осевой нагрузки P_{z0} , перемещаясь вниз, имеет возможность проталкивать заготовку 13 из вертикального канала 4 в горизонтальный боковой канал 6, при этом на боковой горизонтальный пуансон 12 прикладывают усилие противодействия $P_{пр}$ посредством силового гидроцилиндра, работающего от гидростанции и управляемого системой ЧПУ. Наличие противодействия предохраняет деформирующуюся заготовку 13 от разрушения как в процессе прессования, так и на выходе из бокового канала полуматрицы 3.

Пуансон 11 бокового канала 5 предназначен для передачи отформованной заготовке 14 давления выталкивания $P_{выт}$ (рис. 1) в целях пере-



мещения последней в горизонтальный канал 6, а затем – на выход из пресс-формы в приёмный лоток.

На внешних образующих вертикальной втулки 7 и боковых втулок 8, 9 закреплены зубчатые колёса для передачи им вращательного момента ($M_{кр}$) от мотор-редукторов посредством приводов 15, 16 и 17.

Наружные торцы боковых, горизонтальных пуансонов 11 и 12 соединяют со штоками плунжеров исполнительных элементов 15, 16 и 17 пневмоцилиндров, управляемых системой числового программного управления (ЧПУ).

Приводы вращения валов выполнены известным образом, оснащены мотор-редукторами, управляемыми системой ЧПУ. Связь между втулками и пуансонами реализуется, например, путём использования направляющих шлицевых пазов и шпонок.

Конструктивное оформление радиусов пересечения каналов 4, 5 и 6 выбирается, исходя из компьютерного моделирования с расчётом неравномерности износа рабочих кромок каналов и формирования заданной траектории течения металла в каналах составной матрицы 2–3. Здесь значительную роль играют величина радиусов сопряжения вертикального и бокового каналов 4, 5 и 6 матрицы 2–3 и условия перехода от одного радиуса к другому $r_{BH} \rightarrow R_H$ [8].

Оптимальными отношениями радиусов $\frac{R_H}{r_{BH}}$, сглаживающих перегиб кромок сквозных отверстий каналов 4, 5 и 6 сборной матрицы 2–3 при угле разворота 90° , приняты следующие: внутренний радиус пересечения каналов сборной матрицы составляет $r_{BH} = 0,25d$, внешний – $R_H = 0,3d$, где d – диаметр сквозных каналов сборной матрицы (рис. 2).

Из условия равновесия сил, действующих на материал заготовки во входном и выходном каналах, получены выражения, определяющие осевое давление P_{z0} и усилие противодействия P_{np} (рис. 1).

$$\left. \begin{aligned} P_{np} &= \rho \cdot (1 - \mu \cdot ctg \varphi) - k \cdot (\mu + ctg \varphi) \\ P_{z0} &= \frac{P_{np} + k \cdot (\mu + ctg \varphi)}{1 - \mu \cdot ctg \varphi} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где μ – коэффициент трения; ρ – гидростатическое давление на линии O_1O_2 .

Относительный угол скручивания β в границах упругих деформаций для заданного сечения заготовки зависит от крутящего момента $M_{кр}$ и расстояния l до плоскости приложения нагрузки:

$$\beta = \frac{\omega}{l} = \frac{M_{кр}}{j_0 \cdot G'} \quad (2)$$

где j_0 – геометрический полярный момент инерции; l – длина скручиваемого участка; G' – модуль сдвига; ω – угловая скорость поворота направляющей втулки. Линейная и угловая скорости связаны между собой соотношением:

$$v = \omega \cdot R^* \quad (3)$$

Для построения кривых упрочнения используют образцы с цилиндрической рабочей частью. При испытаниях регистрируют угол поворота направляющей втулки и соответствующий ему крутящий момент $M_{кр}$.

Искомая функция – касательное напряжение:

$$\tau = f \cdot (\gamma) \quad (4)$$

где τ – максимальное касательное напряжение; γ – максимальный сдвиг.

Предел прочности при кручении находят по формуле П. Людвики:

$$\sigma_s = \sigma_{s0} + n \cdot \ln \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} \quad (5)$$

где σ_s, σ_{s0} – сопротивление деформации при скоростях деформации ε и ε_0 соответственно; n – константа, определяемая экспериментально.

Интенсивность деформаций в произвольной точке образца ε_i связана с координатой этой точки r соотношением:

$$\varepsilon_i = \varepsilon_0 \cdot \frac{r}{R_r} \quad (6)$$

где ε_0 – интенсивность деформаций на поверхности образца; $\varepsilon_0 = \frac{tg \omega}{\sqrt{3}}$.

Предельное число n_p циклов равноканального деформирования заготовки определяется уравнением:

$$n_p = \frac{3}{2 \cdot C} \cdot \left(\frac{\varepsilon_*}{\pi - \theta} \right)^2 \quad (7)$$

где ε_* – предельная деформация материала заготовки на сдвиг; C – варьируемый параметр, $0 \leq C \leq 1$.

В результате ИПД металлов размеры их структурных элементов (кристаллитов, фраг-



ментов, границ раздела и др.) уменьшаются и достигают значений, характерных для субмикроматериалов (1,0–0,1) мкм и нано (0,1–0,01) мкм. Вследствие этого сильно деформированные металлы приобретают качественно новые свойства, которые представляют практический интерес: они обладают аномально высокой пластичностью в сочетании с большой прочностью. Управление процессом РКУП в автоматическом режиме реализуется с помощью системы ЧПУ, построенного по двухуровневому принципу:

- оперативная система ЧПУ, например WINDOWS NT/2000/XP, позволяет наиболее полно использовать преимущества данной системы без привлечения дорогих программных средств;

- исполнительная система ЧПУ предназначена для решения задач интерполяции, управления приводами и другими устройствами электроавтоматики.

Система ЧПУ адаптирована к пресс-форме с помощью программы электроавтоматики, разветвленной системы параметров, дополнительных программных модулей, учитывающих специфику и тип пресс-формы.

Модуль управления (МУ) пресс-формы имеет базовое программно-математическое обеспечение (ПМО) с открытой архитектурой на основе СОМ-технологии (Component Object Model). Это позволяет ускорить процесс разработки и модификации ПМО МУ за счет использования уже отработанных решений, а также расширить технологические возможности МУ непосредственно самим заказчиком, не прибегая к услугам разработчика.

Система электрооборудования и ЧПУ пресс-формы для РКУП при необходимости имеют возможность обеспечить нагрев заготовки, согласованное перемещение исполнительных механизмов при осуществлении процесса прессования по заданной программе. Комбинированное применение в конструкции пресс-формы электромеханических и гидроприводов отвечает современным мировым тенденциям в производстве прессового оборудования и позволяет реализовать преимущества обоих видов приводов.

Технологический процесс состоит из многоэтапного, последовательного перемещения

заготовки из вертикального канала под действием пуансона 10 в горизонтальный канал 12, расположенный под углом 90°, с одновременным скручиванием заготовки в зоне деформации и созданием усилия противодействия на выходе бокового канала.

Пресс-форму (рис. 1) устанавливают на стол гидравлического пресса, верхний пуансон 10 закрепляют на ползуне пресса, контейнер – на столе, боковой пуансон 12 – на устройстве противодействия.

Исходная заготовка из предварительно спрессованных алюминиевых гранул плотностью (0,76 – 0,8) $\rho_{\text{ТЕОР}}$ вставляется в направляющую втулку 7 вертикального канала 4 полуматрицы 2.

Боковой пуансон 11 вводят в канал 5, при этом его рабочий торец закрепляют на уровне образующей вертикального канала 4 так же, как и рабочий торец пуансона 12 (рис. 2).

Заготовку 13 помещают в направляющую втулку 7 канала 4 полуматрицы 2. Ползуном пресса перемещают верхний пуансон 10 в канал 4 втулки 7 до контакта с заготовкой 13.

Опускают ползун пресса и пуансоном 10 начинают перемещать заготовку 13 из вертикального канала 4 в горизонтальный боковой канал 6.

Величину бокового давления в канале 6 рассчитывают согласно методике [8]:

$$P_{\text{БОК}} = (0,2 \div 0,5) \cdot P_{Z0} \cdot \xi, \quad (8)$$

где ξ – коэффициент бокового давления, определяемый из уравнения: $\xi = \frac{\mu}{1 - \mu}$, где μ – коэффициент Пуассона.

В процессе деформации заготовки проводится регулировка скорости перемещения бокового пуансона 12 из условия [9]:

$$v_{12} = \frac{\rho_4 \cdot \Delta S_4}{\rho_6 \cdot \Delta S_6} \cdot v_{10}, \quad (9)$$

где $\Delta S_4, \rho_4$ – площадь поперечного сечения заготовки и относительная плотность заготовки в вертикальном канале 4; $\Delta S_6, \rho_6$ – площадь поперечного сечения и относительная плотность заготовки в боковом канале 6; v_{10} – скорость перемещения вертикального пуансона 10.

Осевое усилие P_{z0} составило 400 Мпа. Боковое давление $P_{\text{БОК}}$ на пуансоне 10 с учётом коэффициента бокового давления (равного $\xi = 0,51$)

находилось в диапазоне $\min\text{--}\max$, с учётом формулы (8):

$$\min - P_{\text{БОК}}^{0,2} = 41 \text{ МПа}; \max - P_{\text{БОК}}^{0,5} = 102 \text{ МПа}.$$

Линейную скорость бокового пуансона 12 определяли через угловую скорость по соотношению (3), а величину накопленной деформации – по уравнению (18).

Скорость перемещения верхнего пуансона 10 составляла $v_6 = 12,5 \text{ мм/с}$ скорость перемещения бокового пуансона 12 (при условии полного заполнения заготовкой 13 образующего канала) определялась из формулы (9), откуда

$$v_{12} = 10,8 \text{ мм/с}.$$

Одновременно с проталкиванием заготовки в боковой канал начинается вращение верхней втулки 7 с угловой скоростью ω_7 и вращение боковой втулки 9 с угловой скоростью ω_9 .

В результате осадки заготовки внутри неё и на её поверхности возникают распорные усилия, создающие на стенках втулки 7 трение T_7 , а на стенке составной матрицы 3 втулки 9 – трение T_9 . Распорные усилия, суммируясь, дают возможность послойного перемешивания материала заготовки, расположенной в плоскости сдвига по линии O_1O_2 , и измельчения зерна, формирующего структуру материала заготовки.

Вращение боковой втулки 9 заканчивают после контакта торца верхнего пуансона 10 с плоскостью сдвига O_1O_2 . Затем включают привод 16 и перемещают продеформированную заготовку 14 до контакта рабочего торца бокового горизонтального пуансона 11 с боковым каналом 6.

Прессование заканчивается, когда верхний пуансон 10 начинает контактировать с образующей бокового канала 6. Ползун пресса поднимают на высоту, позволяющую извлечь верхний пуансон 10 из направляющего вала 7.

В результате РКУП со скручиванием происходит суммирование деформации чистого сдвига $\varepsilon_{\text{ИЗ}}^{(i)}$ и деформации простого сдвига $\varepsilon_{\text{ПК}}^{(i)}$:

$$\varepsilon_{\text{ИЗ}}^{(i)} = \frac{ig\varphi}{\sqrt{3}}, \quad (10)$$

$$\varepsilon_{\text{ПК}}^{(i)} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot (\pi - \varphi). \quad (11)$$

Суммарная деформация после аппроксимации имеет вид:

$$\varepsilon_{\rho}(\eta) = \varepsilon_{\rho(\eta=0)} \exp(-\lambda_i \eta), \quad (12)$$

где η – показатель напряжённого состояния; $\eta = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{\sigma_i}$; λ_i – коэффициент чувствительности пластичности к изменению схемы напряжённого состояния; показатель i – номер этапа немонотонного деформирования (1, 2 ...).

Применительно к первому этапу прессования при ($i = 1$) и $\eta = 0$ деформация равноканального углового прессования равна $\varepsilon_{\rho(\eta=0)}^{(i=1)} = 1,9$.

В полулогарифмических координатах λ_i – тангенсы угла наклона прямых построены в координатах $\varepsilon_{\rho}(\eta)$:

$$\text{при } 1 \geq \eta_1 \geq 0 \quad \lambda_1 = \ln \frac{\varepsilon_{\rho(\eta=0)}}{\varepsilon_{\rho(\eta=1)}}; \quad (13)$$

$$\text{при } 1 \geq \eta_1 \geq -1 \quad \lambda_2 = \ln \frac{\varepsilon_{\rho(\eta=-1)}}{\varepsilon_{\rho(\eta=0)}}. \quad (14)$$

Расчётное количество предельного числа циклов η_{ρ} равноканального деформирования заготовки со скручиванием определяется по формуле:

$$\eta_{\rho} = \frac{3}{2 \cdot C} \cdot \left(\frac{\varepsilon_*}{\pi - \theta} \right)^2 = 3,18. \quad (15)$$

Решение уравнения (15) показывает, что количество циклов углового равноканального прессования со скручиванием заготовки из алюминиевых гранул АМг6 может быть ≤ 3 .

Извлечение заготовки 14 из пресс-формы для проведения повторного деформирования по методу [10] возможно в двух вариантах:

– установка в канал 4 полуматрицы 2 новой заготовки 13. Данный вариант повышает производительность оборудования, но приводит к повышенному износу деформирующего инструмента (каналов 4, 6 и пуансонов 10, 12);

– установка в канал 4 полуматрицы 2 подручных средств, по прочности в разы уступающих прочности заготовки 13. Данный вариант приводит к уменьшению производительности оборудования, но повышает стойкость инструмента.

Первый вариант

В вертикальный канал 4 вставляют новую заготовку 13 или ранее продеформированную заготовку 14, при этом нижний торец указанной заготовки опирается в нижнюю область, образующуюся каналами 5, 6, а боковая поверхность заготовки – располагается между рабочим тор-



цом бокового пуансона 11 и торцом продеформированной заготовки 14.

Проводят РКУП – деформирование заготовки 13 по операции 1.

При каждом последующем цикле РКУП заготовка, помещаемая в приемный вертикальный канал, проталкивает ранее продеформированную заготовку из бокового канала матрицы в приёмный лоток. Это создаёт дополнительный момент сопротивления, при котором возникает сила F , складывающаяся из силы противодействия, создаваемой простым сдвигом, и силы трения от находящейся в выходном канале 6 заготовки 14:

$$F = \frac{2 \cdot k \cdot \mu + 2,57 \cdot k \cdot \mu \cdot \operatorname{ctg} \varphi + 2 \cdot k \cdot \operatorname{ctg} \varphi - k \cdot \mu \cdot \operatorname{ctg}^2 \varphi}{1 - \mu \cdot \operatorname{ctg} \varphi}, \quad (16)$$

где k – предел текучести материала на сдвиг; φ – половина угла между осевым и боковым рабочими каналами.

Второй вариант

В канал 4 помещают пыж, состоящий из асбестоуглеродного материала и графитовой смазки. Затем опускают на некоторую высоту верхний пуансон 10 и боковым пуансоном 11 проталкивают заготовку 14 в приёмный лоток.

На выходе бокового канала 6 нижней полуматрицы 3 устанавливают мундштук, поперечное сечение конусной части которого меньше поперечного сечения бокового канала 6 на величину, равную $(0,6 - 0,95)d_H$.

Выбираемый диаметр канала зависит от величины упругого последствия материала продеформированной заготовки 14 таким образом, чтобы продеформированная заготовка свободно устанавливалась в канал 4.

Применение бокового горизонтального пуансона 11 используется для выталкивания продеформированной заготовки 14, что позволяет повысить коэффициент полезного действия материала за счёт сохранения формы профиля заднего торца и идентичной ему форме тела продеформированной заготовки.

При выталкивании продеформированной заготовки традиционным способом [11] конец её имеет конусную форму, который перед вторичным деформированием удаляют механическим способом.

Продеформированную заготовку 14 на втором этапе снова устанавливают в вертикальный канал полуматрицы 2 по методике, описанной в [10]. Заготовку проталкивают из вертикального канала полуматрицы 2 в горизонтальный канал полуматрицы 3. Отформованную заготовку удаляют, как отмечено выше.

По окончании деформирования алюминиевых гранул получен брикет внешними размерами $0,1 \times 20,1 \times 92,5$ мм и повышенными механическими характеристиками: плотностью 2645 кг/м^3 ($99,8\% \rho_{\text{ТЕОР}}$); относительным удлинением $\delta_5 \approx 6\%$; пределом прочности $\sigma_B \approx 360 \text{ МПа}$.

Анализ экспериментальных данных показал, что за счёт совмещения процессов скручивания и угловой деформации происходит повышение механических характеристик материала заготовок с одновременным трёхкратным увеличением производительности оборудования.

Создание дополнительного скручивания заготовки в зоне деформации позволяет существенно повысить качество деталей, а также в несколько раз повысить производительность прессового оборудования за счёт сокращения количества переходов с четырёх до двух (вместо четырёх переходов с изменением плоскости сдвига путём поворота заготовки вокруг продольной оси на угол 90° и последовательными изменениями направлений перемещений на угол 180° предложено два перехода со скручиванием). Техническим результатом разработанной пресс-формы является повышение КПД за счёт установки дополнительного канала для размещения в нём пуансона, предназначенного для перемещения отформованной заготовки из зоны действия верхнего пуансона.

Заключение

Разработаны опытное устройство и технология для многоэтапного пластического деформирования металлов методами РКУП. Использование дополнительного бокового канала для

удаления из пресс-формы продеформированной заготовки позволяет, в зависимости от хрупкости материала, повысить коэффициент использования материала заготовки на $15 \div 25\%$.

Библиографический список

1. Segal, V.M.; Beyerlein, I.J.; Tome, C.N.; Chuvil'deev, V.N.; Kopylov, V.I. Fundamentals and Engineering of Severe Plastic Deformation. Nova: Amityville, NY, USA, 2010. – 542 p.
2. Angella, G.; Jahromi, B.E.; Vedani, M. A comparison between equal channel angular pressing and symmetric rolling of silver in the severe plastic deformation regime. Mater. Sci. Eng. A, 2013 559. – pp. 742–750.
3. Segal, V.M. Methods of Stress-Strain Analyses in Metal Forming. Ph.D. Thesis, Physical Technical Institute Academy of Sciences of Buelorussia. Minsk, Russia, 1974. – 183 p.
4. Bahadori, S.R.; Dehghami, K.; Bakhshanden, F. Microstructural homogenization of ECAPed copper through post-rolling. Mater. Sci. Eng. A 2013, 588. – pp. 260–264.
5. Михалевич В. М., Краевский В. А. Постановка и решение оптимизационных задач в теории деформируемости // Київський політехнічний інститут. Серія машинобудування. – Київ: НТУУ КПІ. – 2010. – С. 142–145.
6. Beygelzimer, Y.Y.; Varyuhin, V.N.; Synkov, S.G.; Sapronov, A.N.; Synkov, V.G. New technique for accommodation large plastic deformation using hydro-extrusion. Phys. Eng. High Press. 1969, 9. – pp. 109–110.
7. Hirsch, J.; Luke, K.; Hatherley, M. Overview No. 36: Mechanisms of deformation and development of rolling textures in polycrystalline f.c.c. metals–III. The influence of slip inhomogeneity and twinning. Acta Metall. 1988, 36. – pp. 2905–2927.
8. Овечкин Л.М. Повышение эффективности технологии получения заготовок с ультрамелкозернистой структурой на основе совершенствования процесса равноканального углового прессования: дис. канд. техн. наук.: 05.02.09.: защищена 17.04.2012: утв. 28.12.2012 / Овечкин Леонид Михайлович. М., 2012. 143 с. Машинопись.
9. Вайцехович С.М. Пресс-инструмент для получения заготовок радиальным выдавливанием // Порошковая металлургия. – 1995. – № 1/2. – С. 110–118.
10. Вайцехович С.М., Афанасьев Н.Ю., Овечкин Л.М. Немонотонное деформирование пористых материалов. // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2020. – Том 21, №5 (238). – С. 209–218.
11. Вайцехович С.М., Власов Ю.В. Журавлёв А.Ю. Влияние многоэтапной сдвиговой деформации на прочностные и пластические свойства изделий из труднодеформируемых порошковых материалов // Заготовительные производства в машиностроении. – 2020. – Том 18, №10. – С. 454–461.

Вайцехович Сергей Михайлович – канд. техн. наук, старший научный сотрудник, главный научный сотрудник ФГУП «НПО «Техномаш» имени С.А. Афанасьева.
Тел.: 8 (495) 689–95–87, доб. 95–87. E-mail: askmlad@mail.ru
Vaytsekhovich Sergei Mikhailovich – Ph.D. in Engineering Sciences, Senior Researcher, Principal Researcher of FSUE «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasyev.
Tel.: 8 (495) 689–95–87, ext. 95–87. E-mail: askmlad@mail.ru

Кузин Анатолий Иванович – д-р техн. наук, первый заместитель генерального директора ФГУП «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева.
Тел.: 8 (495) 689 -47–53. E-mail: A.Kuzin@tm.fsa

Kuzin Anatoliy Ivanovich – Doktor Nauk in Engineering, First Deputy CEO of FSUE «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasyev.
Tel.: 8 (495) 689 -47–53. E-mail: A.Kuzin@tm.fsa

Овечкин Леонид Михайлович – канд. техн. наук, начальник отдела ФГУП «НПО «Техномаш» имени С.А. Афанасьева.
Тел.: 8 (495) 689–95–87, доб. 95–87. E-mail: L.Ovechkin@tmnp.ru
Ovechkin Leonid Mikhailovich – Ph.D. in Engineering Sciences, Department Head of FSUE «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasyev.
Tel.: 8 (495) 689–95–87, ext. 95–87. E-mail: L.Ovechkin@tmnp.ru





УДК 620.19

Мысливец Е.А., Журавлев А.Ю.
Myslivets E.A., Zhuravlev A.Y.

Формирование структуры материалов в неравновесных физико-химических процессах

Formation of the Materials Structure in Non-Equilibrium Physical-Chemical Processes

В работе представлены результаты управления физико-химическими процессами для получения изделий из материалов с заданными свойствами и гомогенным распределением свойств по объему изделия для многостадийных термически активируемых процессов.

The paper presents the results of physical-chemical processes management to obtain products of tailored materials and homogeneous distribution of properties over the volume of the product for multistage thermally-activated processes.

Ключевые слова: физико-химические процессы, неравновесные системы, материалы с заданными свойствами, самостабилизирующаяся структура.

Keywords: physical-chemical processes, non-equilibrium systems, tailored materials, self-stabilizing structure.

Введение

Управление физико-химическими процессами для получения изделий и материалов с заданными свойствами и гомогенным распределением свойств по объему детали было и остается актуальной задачей любого технологического процесса. Особенно актуальной она становится для многостадийных термически активируемых процессов, таких как сварка, литье, различные виды химико-термической обработки, нанесе-

ние покрытий жидкофазным плазменным и другими методами.

Новые экспериментальные исследования в технологических процессах предполагают рассмотрение фазового перехода как единый гомогенный и гетерофазный процесс с дополнительными факторами, связанными с воздействиями различных физических полей (температурных, гравитационных, акустических и т.д.) [1–4].

Анализ

К проведенной работе привлечена обширная информационная база, включающая теоретические построения и экспериментальные результаты, данные отечественных и зарубежных публикаций, материалы дискуссий по проблемам ультразвукового воздействия на расплавленные металлы.

Все реальные процессы – нелинейны. Нелинейность физико-химических процессов является основной движущей силой развития новых исследований в кинетике фазовых переходов. Особое внимание уделяется стационарно-неравновесному состоянию открытых физико-хими-

ческих систем, в которых энтропия достигает минимальных значений. Определяется суть и необходимость иерархического системного анализа неравновесных физико-химических процессов [1–3].

Трудность управления неравновесными физико-химическими процессами в масштабах реального промышленного производства усугубляется практически невозможностью их локального контроля и влияния. Известно, что свойства готовых изделий при их изготовлении формируются в зависимости от внутреннего состояния



материала, в том числе и превращением тепла и различных видов энергии. Однако в производственной практике данный факт учитывается слабо, а изолированное рассмотрение процессов формирования свойств изделий может привести к фатальным ошибкам при реализации технологических процессов.

Целью исследований является обобщение регулятивных эффектов ультразвукового воздей-

ствия через среды, претерпевающие фазовые переходы.

Задачами исследований были и остаются апробации на действующих предприятиях простой и малозатратной технологии регулирования структуры и физико-механических свойств металлов и сплавов в технологических процессах без изменения штатного оборудования.

Экспериментальные исследования

Проведенные экспериментальные исследования позволили установить резонансный характер воздействия ультразвуковых волн на физико-химические процессы, в которых происходят гетерофазные превращения и фазовые переходы, причем эффект наблюдается в интервале радиочастот. При этом управление свойствами получаемых материалов с помощью ультразвукового воздействия на кристаллизующийся металл является одной из актуальных тем материаловедения.

Распространение в проходящей через метастабильное состояние конденсированной фазе (между жидкой и кристаллизующейся) акустических колебаний малой мощности создает физические эффекты, а при использовании таких эффектов возникают реальные предпосылки для улучшения качества изделий.

Из [4,5] известно, что излучение радиоволнового диапазона должно резонансно поглощаться конденсирующей средой, и воздействие

маломощного излучения радиоволнового диапазона может проявляться в изменении свойств материала, претерпевающего фазовые переходы. Другими словами, с помощью излучения радиоволнового диапазона можно регулировать структуру материала и все структурозависимые свойства.

Генератор импульсов тока для излучения радиоволнового диапазона, имеющий электрическую колебательную мощность не более 15ВА, представляет собой бокс с индикаторами параметров и выходными клеммами для подключения петли антенны-медиатора (рис.1). Антенна-медиатор представляет собой одножильный провод, обычно титановый, диаметром не более 2 мм. Длина провода не превосходит нескольких метров, и он гальванически замыкает выход генератора импульсов тока на корпус, представляя короткозамкнутую петлю магнитного диполя. Для стендовых испытаний к петле жестко крепятся один или несколько пружинных зажимов.



Рис. 1. Ультразвуковой генератор УЗГ1–0,01/950 в работе, подключенный к вакуумной индукционной установке «Кристаллизатор-105» (АО «Композит»), во время вакуумной плавки

Генератор устанавливается вблизи технологической зоны регулирования, его корпус заземляется согласно принятым нормам. Существуют несколько вариантов для воздействия на кристаллизующийся расплав:

1. Петля антенны вводится в механический контакт с жидкой средой (с помощью зажимов).

2. Петля антенны разрывается; в разрыв вводится электропроводный элемент конструкции, с помощью которого будет осуществляться воздействие (это может быть металлическая форма кристаллизатора, арматурная сетка и т.д.).

3. Петля антенны жестко соединяется с монолитным акустическим проводником (волноводом), изготовленным из металла.

Опробованы второй и третий из указанных вариантов.

После включения аппаратуры в технологическую схему никакого специального и квалифицированного надзора, кроме обычно предусматриваемого в технологических картах, не требуется. Уровень электромагнитных помех от антенны сопоставим с естественным фоном промышленного электрооборудования.

Во ФГУП «НПО «Техномаш» разработаны технология и оборудование для осуществления управления структурообразованием в кристаллизующихся жаропрочных сплавах и высоколегирован-

ных сталях слабым акустическим воздействием за счет примыкающей к кристаллизующейся отливке гальванической петли-антенны, на которую от генератора подаются слабые импульсы тока. Акустические волны беспрепятственно распространяются в расплаве и ускоряют процесс кристаллизации. Частота следования электромагнитных импульсов, подаваемых в петлю, лежит в радиодиапазоне до тысячи килогерц и определяется экспериментально по максимальной эффективности.

Применение волновой акустической обработки расплава, к примеру, сплава ЖСЗ-ДК, с помощью генератора УЗГ1–0,01/950 (рис.1), изготовленного ФГУП «ВНИИТВЧ» по техническому заданию ФГУП «НПО «Техномаш», позволяет получить гарантированное улучшение структуры металла (рис. 2) и существенное повышение прочностных и пластических характеристик металла – прочности на 7–10%, предела текучести – на 46 %, а пластичности – в 1,8–2 раза.

На рис. 2 приведены снимки отливок после штатного режима и с использованием акустического воздействия в процессе кристаллизации. Невооруженным взглядом можно выявить различия, то есть резонансный режим фонового акустического воздействия обеспечивает большую макроскопическую однородность структуры.



а)



б)

Рис. 2. Макроструктура сплава ЖСЗДК:

а) в исходном литом состоянии;

б) после резонансно-акустического воздействия 1000КГц при кристаллизации

Выводы

Более детальный анализ показал преимущество резонансного режима фонового акустического воздействия перед штатным режимом. Сегодня накоплен обширный экспериментальный материал [6], не вызывающий сомнений в возможности влияния акустического воздействия на неравновесные физико-химические процессы, и, в конечном счете, формировании требуемой структуры материала.

Библиографический список

1. Фомин В.П. Влияние механических воздействий на формирование свойств многокомпонентных систем / Научный центр нелинейной волновой механики и технологии. – М. Наука, 2004. – 82 с.
2. Бибииков А.М., Халтурин И.П., Зарембо В.И. Управление структурообразованием и свойствами литых материалов слабым акустическим воздействием / Литейное производство. – 2009. – №5. – С. 12–14.
3. Физико-химическая механика дисперсных структур / Под ред. Н.Н. Круглицкого – Киев. – Наук.Думка, 1976. – 193 с.
4. Зарембо В.И. Фоновое резонансно-акустическое управление гетерофазными процессами / Теоретические основы химической технологии.– 2006. – Т.40, №5. – С.520–532.
5. Поезжалов В.М. Кинетика электромагнитного излучения, сопровождающего массовую кристаллизацию / В.М. Поезжалов// Тезисы доклада IX научной конференции по росту кристаллов. – М. – 2000. – 368 с.
6. Способ модифицирования сталей и сплавов: пат. 2454466 РФ: МПК С21С 5/52 С21С 7/06 / Котов А.Н., Кривенко Г.Г., Мысливец Е.А., Чепурин А.В., Денисов В.Н.; заявитель и патентообладатель ФГУП «НПО «Техномаш». – № 2010153410/02; заявл. 28.12.2010; опубл. 27.06.2012. – 4 с: ил.

Мысливец Елена Александровна – ведущий инженер-технолог ФГУП «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева.
Тел.: 8(495) 689–97–11. E-mail: myslivets@tmnp.ru
Myslivets Elena Aleksandrovna – Leading Process Engineer of FSUE «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasyev.
Tel.: 8(495) 689–97–11. E-mail: myslivets@tmnp.ru

Журавлёв Алексей Юрьевич – начальник отделения технологий заготовительного производства ФГУП «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева.
Тел.: 8 (495) 689–96–90. E-mail: A.Zhuravlev@tmnp.ru
Zhuravlev Aleksey Yurevich – Head of Blank Production Technologies Division of FSUE «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasyev.
Tel.: 8(495) 689–96–90. E-mail: A.Zhuravlev@tmnp.ru



УДК 621.79

*Кулик В.И., Степанов В.В., Хмылов Г.И., Бажанов А.В., Леонов С.Т.
Kulik V.I., Stepanov V.V., Khmylov G.I., Bazhanov A.V., Leonov S.T.*

Изучение возможности повышения прочности паяных корпусов приборов за счёт применения нового сплава типа 01411

A Feasibility Study of Brazed Instrument Casings Strength Enhancement by using a New 01411 Alloy

Рассмотрена возможность повышения прочности паяных конструкций за счёт использования новых алюминиевых сплавов повышенной прочности. Приведены металлографические и прочностные исследования паяных соединений из сплава 01411. Изготовлен макетный образец изделия типа «Рамка».

The feasibility of brazed structures strength enhancement by using of new high-strength aluminum alloys is considered. Metallographic and strength studies of brazed joints of 01411 alloy are presented. A mock-up sample of the «Frame» article was made.

Ключевые слова: флюсовая пайка, пайка алюминиевых сплавов, металлографическое исследование, флюс ФПА-1, припой Ал10Г.

Keywords: flux brazing, aluminum alloys brazing, metallographic study, FPA-1 flux, Al 10G brazing alloy.

Введение

В настоящее время расширение функциональных возможностей и усложнение бортовой аппаратуры современных спутниковых систем приводит к увеличению массы и габаритных размеров блоков электронных модулей. Из-за ограниченного объёма полезного пространства внутри спутниковых систем это может усложнить модернизацию существующей и внедрение новой бортовой аппаратуры. Поэтому задача снижения массогабаритных характеристик современной аппаратуры является достаточно актуальной.

Одним из путей снижения веса конструкции без изменения функциональных свойств аппаратуры является уменьшение массы корпусов приборов за счёт применения материалов с повышенными прочностными характеристиками. Это позволит уменьшить толщину стенок элементов корпуса при сохранении требуемых прочностных характеристик конструкции.

В настоящее время для изготовления паяных алюминиевых корпусов наиболее широкое

применение находят низкопрочные сплавы типа АМц, обладающие достаточно высокой температурой солидус (не ниже 620–630°C). Такое требование связано с тем, что для обеспечения удовлетворительных коррозионных свойств паяных соединений в качестве припоев наиболее широко используют эвтектические силумины с температурой плавления выше 580°C. Применение более прочных конструкционных сплавов осложняется тем, что они обладают температурой солидус ниже 595°C. Поэтому для их пайки необходимо использовать припои с температурой плавления ниже 570°C.

Среди припоев для пайки алюминиевых сплавов с температурой плавления ниже 570°C, позволяющих обеспечить удовлетворительную коррозионную стойкость, можно выделить сплавы на основе системы Al-Zn и Al-Si-Ge. Первая группа обладает более высокой технологичностью при пайке, однако не позволяет обеспечить получение паяных соединений с высокими прочностными характеристиками. Припои на

основе системы Al-Si-Ge являются более перспективными для обеспечения конструкционной прочности изделий, но из-за высокой сегрегации структурных фаз для обеспечения удовлетворительной коррозионной стойкости нежелательно содержание в припое более 15 масс. % германия. И такие припои (например, Ал12Г) имеют температуру полного расплавления порядка 530–540°C, что также накладывает ограничение на номенклатуру применяемых алюминиевых сплавов.

Анализ научно-технической литературы показал, что для изготовления паяных конструкций повышенной прочности могут быть использованы сплавы системы Al-Mg и Al-Mn с добавками редкоземельных металлов (Sc, Zr и др) [1]. Сплавы системы Al-Mg-(Sc, Zr) обладают высокими механическими свойствами. Однако в сплавах с содержанием более 2,5–3 % Mg из-за низкой температуры солидус в процессе пайки возможно образование пережога основного металла, что приводит к снижению пластических свойств конструкции [2]. Кроме того, снижение механических свойств наблюдается при увеличении температуры нагрева под пайку, что связано с коагуляцией упрочняющих фаз.

Сплавы системы Al-Mn-(Sc, Zr) из-за более низкой растворимости скандия обладают меньшими прочностными характеристиками, но при этом изменение механических свойств в зависимости от температуры нагрева под пайку у них проявляется в значительно меньшей степени.

АО «ВИЛС» специально для использования в паяных конструкциях разработана серия сплавов, легированных марганцем и магнием, с добавками редкоземельных металлов. Данный подход позволил обеспечить сочетание в сплавах основных преимуществ обеих систем легирования.

Опробование возможности использования сплавов данной системы для изготовления пая-

ных конструкций для ракетно-космической техники проводилось на макетном образце корпуса прибора, изготовленного АО «НИИ точных приборов». В качестве основного процесса выбрали пайку в воздушной атмосфере с использованием некоррозионноактивных флюсов. Поэтому для изготовления конструкции взяли опытный сплав 01411 на основе системы легирования Al-Mn с добавками магния и редкоземельных металлов.

В целях определения влияния термического цикла пайки на механические свойства образцов из сплава 01411 производилась термообработка в воздушной печи плоских образцов из листа толщиной 1,5 мм в соответствии с термическим циклом пайки (температурой нагрева под пайку). Испытания образцов после термообработки проводились на испытательной машине компании «Instron», результаты испытаний представлены в табл.

В результате установлено, что механические свойства при пайке в диапазоне температур 560–600°C будут иметь примерно одинаковые значения. Исходя из того, что алюминиевые сплавы, легированные редкоземельными металлами, с повышением температуры склонны к коагуляции упрочняющих фаз, то для пайки желательно обеспечить минимальные температуры нагрева. Таким образом, для изготовления макетного образца выбран припой Ал10Г на основе системы Al-Si-Ge с температурой полного расплавления 540–545°C, являющийся усовершенствованным припоем Ал4Г, разработанным под руководством А.А. Суслова во ФГУП «НПО «Техномаш».

В целях изучения свойств паяных соединений изготовлены тавровые и нахлесточные образцы из сплава 01411 толщиной 1 мм. Для проведения сравнительных прочных исследований – три плоских образца из сплава АМц. Пайка всех образцов осуществлялась в воздушной печи припоем Ал10Г при температуре $560 \pm 10^\circ\text{C}$,

Таблица. Механические свойства образцов из листа сплава 01411 после имитации цикла пайки

Сплав	Температура, °C и время нагрева, мин	Предел прочности, МПа	Предел текучести, МПа	Относительное удлинение, %
01411	560°C, 20 мин	180	113	14,6
	580°C, 20 мин	182	119	23,6
	600°C, 20 мин	179	112	18,5



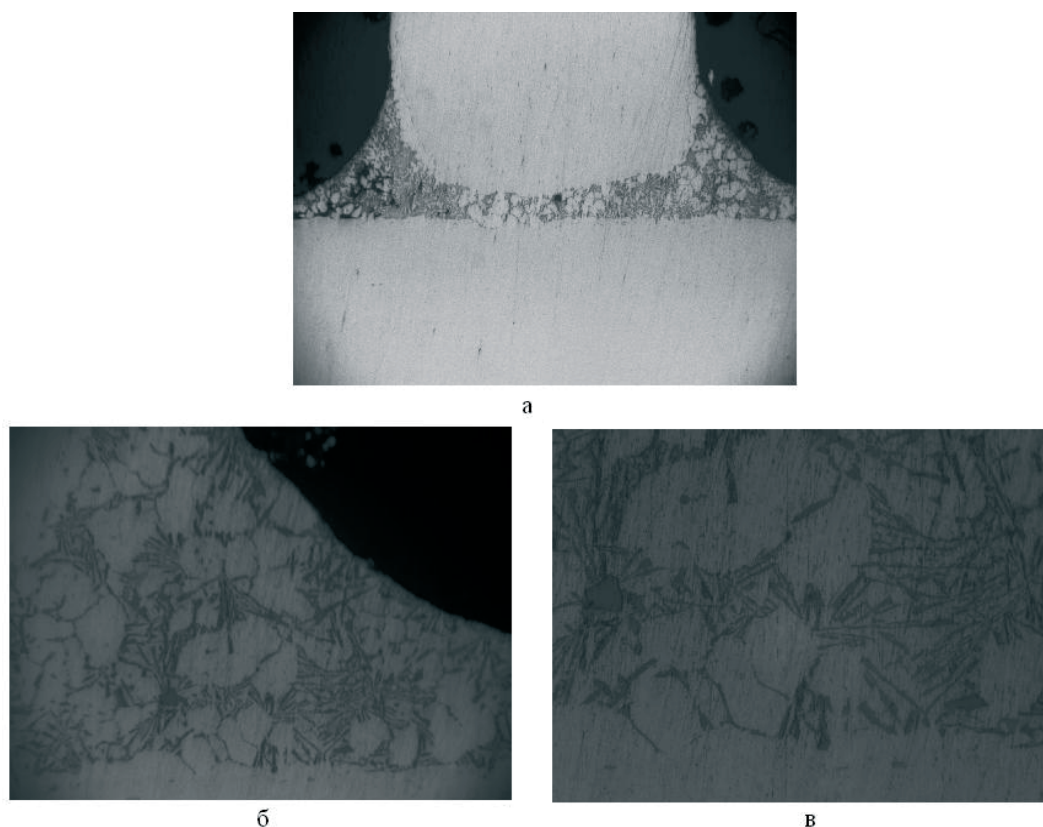


Рис. 1. Паяное соединение из сплава 01411 припоем Ал10Г ($T_{\text{пайки}} = 560 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $t_{\text{выд.}} = 2 \text{ мин}$): а) $\times 50$; б) $\times 200$; в) $\times 500$

выдержке 2 мин. с применением некоррозионно-активного флюса ФПА-1. Металлографические исследования (рис. 1) осуществлялись на световом микроскопе «Neophot 21».

Проведенное металлографическое исследование показало, что в целом паяные швы достаточно плотные, галтельные участки плавные. В некоторых галтельных участках наблюдаются поры, связанные с флюсовыми включениями.

Исследование механических свойств паяных соединений осуществлялось на испытательной машине компании «Instron». Предварительно из паяных внахлестку плоских образцов вырезались стандартные плоские образцы для проведения испытания.

Проведенные механические испытания образцов из сплава 01411 показали, что среднее значение предела прочности на разрыв составляет 186 МПа, а предела текучести – 126 МПа. Исследование образцов из сплава АМц показало, что среднее значение предела прочности на разрыв составляет 112 МПа, а предела текучести – 73 МПа. Разрушение всех образцов происходило по основному металлу, преимущественно

но в зоне, прилегающей к галтельному участку паяного соединения.

Для подтверждения эксплуатационных характеристик изделий, изготавливаемых из сплава 01411, проведена пайка макетного узла типа «Рамка» (рис. 2), изготавливаемого АО «НИИ точных приборов». Пайка осуществлялась в воздушной конвекционной печи припоем Ал10Г по разработанным ранее режимам (при температуре $560 \pm 10^{\circ}\text{C}$, выдержке 5 мин.) с применением флюса ФПА-1. После пайки производилась отмывка макетного образца от остатков флюса в проточной воде.

В процессе эксплуатации корпуса основным критическим фактором будет являться воздействие окружающей среды. Поэтому для проведения испытаний выбрана методика климатических испытаний в камере тепла и влаги. В соответствии со стандартной технологией корпус предварительно подвергался механической обработке поверхностей с покрытием Хим. Окс по стандартной технологической схеме.

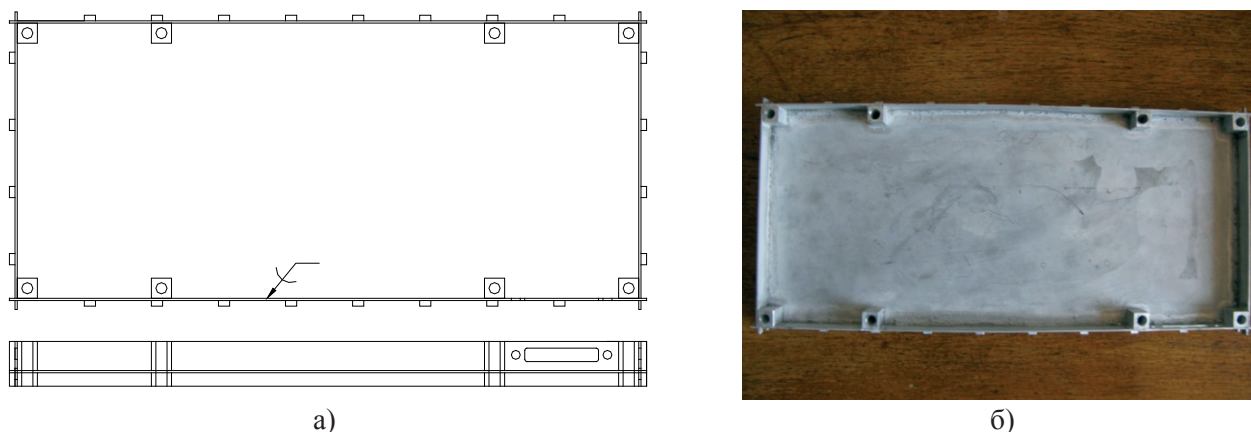


Рис. 2. Эскиз (а) и макетный образец (б) узла типа «Рамка» из сплава 01411, паяного припоем Ал10Г

После проведения испытаний на поверхности корпуса не обнаружены какие-либо дефекты, характерные для нарушения технологического покрытия корпуса.

Выводы

Рассмотрена возможность применения нового алюминиевого сплава повышенной прочности для изготовления паяных конструкций корпусов приборов флюсовой пайкой.

Внедрение сплава 01411 в паяную конструкцию позволит обеспечить повышение прочности примерно в полтора раза при сохранении других эксплуатационных характеристик.

Библиографический список

1. Степанов В.В., Конкевич В.Ю., Филатов Ю.А., Кулик В.И. Металловедческий и технологический подход к проектированию высокопрочных паяных конструкций из алюминиевых сплавов // Сб. докладов. Современные технологии высокотемпературной пайки. – ФГУП ВИАМ. М.: 2013. – С. 5 (электронная версия).
2. Цветков С.Е., Степанов В.В., Колесников В.Н. Применение конструкционных сплавов системы Al-Mg-Sc для изготовления теплообменной аппаратуры повышенной прочности // Сб. материалов. Решетнёвские чтения. – Красноярск. Т. 1. – 2015. – С. 491–493.

Кулик Виктор Иванович – канд. техн. наук, эксперт ФГУП «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева.
Тел.: 8 (495) 689–50–66. E-mail: 240@tmnp.ru
Kulik Viktor Ivanovich – Ph.D. in Engineering Sciences, Expert of FSUE «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasyev.
Tel.: 8(495) 689–50–66. E-mail: 240@tmnp.ru

Тел.: 8(495) 689–14–44. E-mail: 240@tmnp.ru
Khmylov Georgiy Ivanovich – Leading Process Engineer of FSUE «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasyev.
Tel.: 8(495) 689–14–44. E-mail: 240@tmnp.ru

Степанов Владимир Валерьевич – канд. техн. наук, доцент, начальник лаборатории ФГУП «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева.
Тел.: 8 (495) 689–50–66. E-mail: 240@tmnp.ru
Stepanov Vladimir Valeryevich – Ph.D. in Engineering Sciences, Assoc. Prof., Laboratory Head of FSUE «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasyev.
Tel.: 8(495) 689–50–66. E-mail: 240@tmnp.ru

Бажанов Андрей Владимирович – канд. техн. наук, доцент, начальник отдела АО «НИИ ТП».
E-mail: Andrey.Bazhanov@niitp.ru
Bazhanov Andrei Vladimirovich – Ph.D. in Engineering Sciences, Assoc. Prof., Department Head of JSC «RIPI».
E-mail: Andrey.Bazhanov@niitp.ru

Хмылов Георгий Иванович – ведущий инженер-технолог ФГУП «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева.

Леонов Сергей Тимофеевич – ведущий инженер-технолог АО «НИИ ТП».
Тел.: 8(499) 204–69–58.
Leonov Sergei Timofeevich – Leading Process Engineer of JSC «RIPI».
Tel.: 8(499) 204–69–58.





УДК 621.79

Чуклинов С.В.
Chuklinov S.V.

Опыт эксплуатации автоматизированного многофункционального комплекса электронно-лучевой сварки ЭЛУР-1АТ

Operating experience of Automated Multifunctional ELUR-1AT Welding Station for Electron Beam Welding

Представлены технические возможности автоматизированного многофункционального комплекса электронно-лучевой сварки ЭЛУР-1АТ и технологические направления его применения. Комплекс широко применялся и активно использовался при изготовлении различных изделий, в том числе авиационных газотурбинных двигателей для самолета Як-130, самолетов Sukhoi SuperJet 100 и Ил-76, беспилотных летательных аппаратов и стационарной энергетической установки ГТД-110 МВт. Рассмотрены возможные перспективы развития электронно-лучевых технологий во ФГУП «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева.

The technical capabilities of the automated multifunctional ELUR-1AT welding station for electron beam welding and the technology areas of its application are presented. The complex was widely and actively used in the manufacturing of various products, including aircraft gas-turbine engines for the Yak-130 aircraft, Sukhoi SuperJet 100 and Il-76 aircraft, unmanned aerial vehicles and a GTD-110 MW stationary power plant. Possible prospects for the electron beam technologies development at FSUE «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasyev are considered.

Ключевые слова: электронно-лучевые технологии, электронно-лучевая сварка, газотурбинный двигатель.

Keywords: electron beam technologies, electron beam welding, gas-turbine engine.

Представленный комплекс работ и достигнутые технические решения по электронно-лучевым технологиям удостоены премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники за 2008 г.

В период 1998–2001 годов в России реализован проект создания производства газотурбинных двигателей большой мощности (110 МВт) (ГТД) на базе ОАО «Рыбинские моторы» (сейчас – НПО «Сатурн», г. Рыбинск), который явился первым инновационным проектом комплексной модернизации оборудования электронно-лучевой технологии (ЭЛТ) в двигателестроительной отрасли страны и энергомашиностроения.

Внедрение современных ЭЛТ и высокотехнологичного отечественного оборудования на предприятии сформировали научно-технический и производственный потенциал отрасли

на многие годы. Некоторые итоги и достижения в области электронно-лучевой сварки (ЭЛС) на отечественном оборудовании ЭЛУР-1АТ (производства ЗАО «Авиационные технологии» совместно с ОАО «Электромеханика», г. Ржев) отражены в статье.

Создание современных изделий авиационной и ракетно-космической техники (РКТ) требует обеспечения высокого качества и ресурса конструкций летательных аппаратов (ЛА). При изготовлении рам, нервюр, узлов поворота, балок центроплана, панелей, узлов шасси ЛА, барабанов ротора компрессора, дисков турбин, кожухов камер сгорания, корпусов турбин и других деталей ГТД из жаропрочных сталей и сплавов на заводах авиационной и ракетно-космической промышленности (РКП) России широко применяют ЭЛС.



Под термином «установка для ЭЛС» обычно понимают совокупность устройств, приборов и аппаратуры для выполнения всех сварочных и вспомогательных операций. Основными компонентами электронно-лучевой установки (ЭЛУ) являются вакуумная камера, электромеханический и энергетический комплексы.

Электромеханический комплекс предназначен для герметизации и вакуумирования рабочего объема камеры, выполнения всех сварочных, установочных и транспортных перемещений свариваемого изделия и электронной пушки.

К энергетическому комплексу относится аппаратура, предназначенная для формирования пучка электронов с заданными параметрами,

управления его мощностью и положением относительно свариваемого стыка.

В связи с появлением новой номенклатуры деталей ГТД для ОАО «Газпром» и других изделий, в том числе для наземных энергетических установок большой мощности 110 МВт, а также в целях повышения качества их изготовления, ОАО «НПО «Сатурн» утверждено техническое задание совместно с ЗАО «Авиационные технологии» (Москва) и ОАО «Электромеханика» (Ржев) на разработку и изготовление новой ЭЛУ. Специалисты данных предприятий разработали, изготовили и внедрили в производство в 2000 году автоматизированный многофункциональный комплекс ЭЛС ЭЛУР-1АТ (рис. 1, табл.), главным конструктором которого стал С. Глазов.

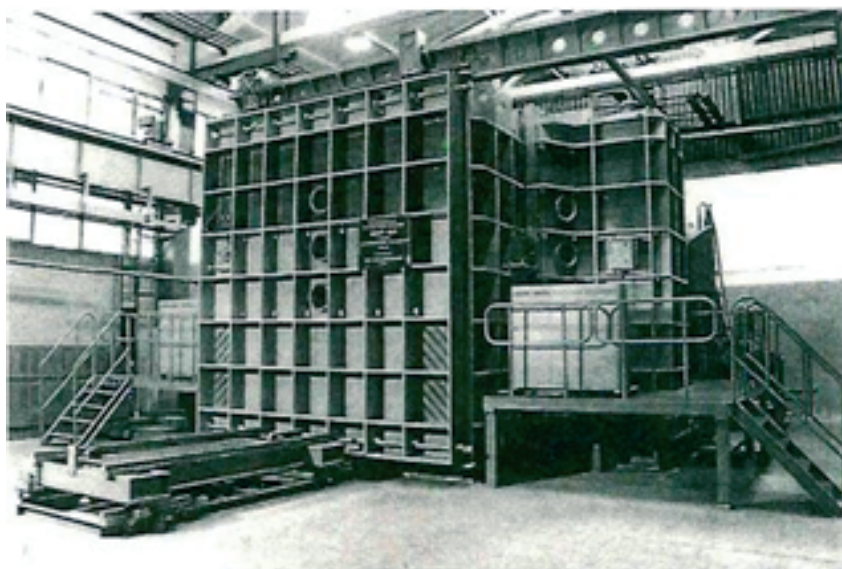


Рис. 1. Установка ЭЛС ЭЛУР-1АТ

Таблица. Технические характеристики ЭЛУР-1АТ

Габаритные размеры обрабатываемой заготовки, мм:	
– диаметр	3200
– длина	1800
Максимальное перемещение, мм:	
– рабочего стола (координата x)	2500
– электронной пушки (координата y)	1000
– электронной пушки (координата z)	1700
Число энергокомплексов ЭЛА-60В, шт.	2
Скорость сварки, м/ч	2÷120
Число программируемых осей	6
Система управления параметрами луча СУПЭЛ, шт.	1
Система слежения и наблюдения «Растр-5», шт.	2
Система числового программного управления УЧПУ, шт.	1



Установки подобного типа выпускаются в США, Германии, Франции, Японии, Украине. Однако ряд технических преимуществ установки ЭЛУР-1 АТ, таких как высокая эффективность использования объема вакуумной камеры, в которой установлены две электронно-лучевые пушки, наличие систем наблюдения за процессом формирования сварного шва во время сварки и автоматического совмещения электронного пучка со стыком свариваемых деталей выгодно отличают ее от зарубежных аналогов.

Уникальность установки определяется, прежде всего, возможностью применения ЭЛС, а также других технологических процессов (пайки, термоупрочнения, локального отжига, наплавки и др.) при обработке крупногабаритных деталей диаметром до 3,2 м и высотой до 1,8 м. При этом предусмотрена максимальная автоматизация как подготовительных, так и технологических процессов в высоком вакууме.

В установке ЭЛУР-1 АТ реализованы следующие процессы:

- автоматический цикл загрузки изделия в рабочую камеру с последующим вакуумированием до рабочего вакуума;
- программное управление перемещениями электронно-лучевых пушек и свариваемого изделия (шесть осей);
- программное управление параметрами электронного луча одновременно двух пушек;
- программный цикл измерения координат свариваемых стыков и автоматическая запись в технологическую программу многопроходной сварки;
- точное наведение электронного пучка на кромки свариваемого стыка перед сваркой с помощью видеоконтрольного устройства (ВКУ);
- наблюдение изображения стыка и сварного шва во время сварки и автоматическое совмещение электронного пучка со стыком («Растр-5»);
- автоматический цикл выгрузки изделия после окончания сварки.

Вакуумная камера установки ЭЛУР-1 АТ состоит из трех секций. К средней секции пристыкованы две дополнительные секции, в которых размещены электронно-лучевые пушки на механизмах вертикального и поперечного перемещений. Для ориентации пушки в пространстве

относительно свариваемого стыка используется механизм поворота пушки с шестью степенями свободы, который крепится на каретке механизма вертикального перемещения.

Изделие монтируется на столе на одном из двух вращателей с горизонтальной либо вертикальной осью. Сварку изделия выполняют одновременно двумя электронно-лучевыми пушками, что позволяет увеличивать производительность установки при улучшении качества сварных соединений и увеличении ресурса изделия в полтора–два раза.

Вакуумная система предназначена для создания и поддержания в объеме рабочей камеры и межэлектродном пространстве электронно-лучевых пушек разрежения $665 \cdot 10^{-5}$ Па ($5 \cdot 10^{-5}$ мм рт. ст.).

Вакуумирование рабочей камеры производится в три этапа:

1. Предварительная ступень откачки от 760 до 150 мм рт. ст. производится двумя эжекторными воздушоструйными насосами. На начальной стадии откачки происходит автоматический поджим к торцу камеры свободно висящей крышки. Воздушоструйные насосы обеспечивают безмасляную откачку воздуха из объема камеры, что позволяет исключить неблагоприятный режим работы механических масляных насосов, выбросы аэрозолей масла в вакуумную камеру и резко снизить выброс паров масла в атмосферу.

2. Форвакуумная ступень откачки от 150 до $5 \cdot 10^{-3}$ мм рт. ст. осуществляется форвакуумными станциями СФ-2, в состав которых входят механический насос АВЗ-180 и двухскоростной бустерный механический насос 2ДВН-1500–2. Предварительное вакуумирование камеры позволяет сразу включить на полный режим насос АВЗ-180, минуя режим байпасной откачки, кроме того, резко сокращается расход вакуумного масла, его окисление и увеличивается ресурс работы механического насоса.

3. Высоковакуумная ступень откачки от $5 \cdot 10^{-3}$ до $5 \cdot 10^{-5}$ мм рт. ст. производится высоковакуумным агрегатом АДМС-900. В целях экономии электроэнергии в системах высоковакуумных агрегатов смонтированы форбаллоны.

Вакуумное оборудование форвакуумной ступени размещается в отдельном помещении.

Вакуумная система установки работает в ручном (наладочном) и автоматическом (рабочем) режимах. Полный цикл откачки вакуумной камеры объемом 102 м^3 до $5 \cdot 10^{-5}$ мм рт. ст. составляет 60 мин.

Установка ЭЛУР-1АТ укомплектована двумя энергоблоками ЭЛА-60В фирмы SELMI (Украина), отвечающими таким требованиям, как стабильность основных параметров луча, эффективность защиты от пробоев, наличие системы автоматической диагностики состояния блоков аппаратуры и катодного узла электронной пушки. В настоящий момент отечественная промышленность выпускает полную номенклатуру энергоблоков для производства оборудования ЭЛС, в том числе во ФГУП «НПО «Техномаш».

Система управления параметрами луча (СУ-ПЭЛС) предназначена для работы в комплекте с двумя энергетическими комплексами ЭЛА-60В. Связь с каждым из энергоблоков осуществляется по дистанционному каналу диагностики и управления. Для каждого энергоблока система формирует аналоговые задания тока луча, тока фокусирующей линзы, тока бомбардировки, а также задание на отклонение луча по двум взаимно перпендикулярным осям и амплитуду разворота луча.

Ток луча и ток фокусировки являются программно заданными параметрами и в процессе сварки могут изменяться по дискретно-линейному закону в зависимости от перемещения луча вдоль свариваемого стыка или в функции времени. Система одновременно измеряет в реальном времени основные параметры каждого энергоблока, позицию координатных осей, а также скорость сварки. Предельные отклонения измеренных параметров от заданных могут использоваться для прерывания процесса в целях исключения брака изделия.

Устройство числового программного управления (УЧПУ) предназначено для контурного управления координатными осями электромеханического комплекса установки. Оно обеспечивает перемещение луча вдоль заданного контура (стыка сварки) с заданной скоростью в процессе сварки и задает технологический режим обработки в соответствии с программой. Тем самым исключается субъективный фактор, влияющий

на качество сварных соединений – квалификация сварщика-оператора.

Видеоконтрольное устройство (ВКУ) предназначено для формирования цифрового изображения поверхности свариваемых деталей с последующим выводом данного изображения на экран монитора пульта управления энергоблока. Работа ВКУ основана на приеме и декодировании сигнала, получаемого с датчика вторичных электронов при работе электронно-лучевой аппаратуры в режиме малых токов ($0,5 \div 1,0$ мА). ВКУ позволяет осуществлять точное наведение электронного пучка на кромки стыка свариваемого изделия (до или после сварки).

Особенности ВКУ:

- для осуществления точного наведения электронного пучка на кромки стыка свариваемого изделия не требуется какая-либо разделка стыка;

- точность наведения с помощью ВКУ электронного пучка на стык не ниже $\pm 0,5$ диаметра пучка при токе $0,5 \div 1,0$ мА;

- качество изображения не хуже телевизионного;

- с помощью ВКУ реализуется функция УЧПУ «измерение координат стыка».

Система слежения за стыком «Растр-5» предназначена для наблюдения на экране монитора изображения стыка, кратера и сварного шва во время сварки и автоматического совмещения электронного пучка со стыком свариваемой детали. Она обеспечивает возможность запоминания получаемого изображения с последующим его выводом на экран монитора рядом с текущим изображением, а также вывод на печать.

В ноябре 2000 года завершено изготовление установки в ОАО «Электромеханика» (Ржев). В течение 2001 года в ОАО «НПО «Сатурн» на специализированном участке ЭЛС проводили опытную эксплуатацию установки. В ноябре 2001 года аттестационная комиссия приняла установку в серийную эксплуатацию.

На установке ЭЛУР-1АТ выполняли электронно-лучевую сварку узлов и деталей следующих изделий: авиационных двигателей АЛ-55И (самолет Як-130), SaM146 (самолет Sukhoi SuperJet 100), Д-30КП-3 «Бурлак» (самолет Ил-76), ГТД-110 МВт (стационарная энергетическая установка ГТЭ-110 МВт).



При изготовлении роторов компрессоров низкого давления (КНД) в целях увеличения жесткости и надежности конструкции, уменьшения массы (полетного веса) возникла необходимость замены механического крепления дисков ротора на сварное.

Основные требования к технологии изготовления роторов:

- должны быть исключены деформации, которые могут привести к взаимному смещению дисков в радиальном и осевом направлениях, отклонению геометрической оси ротора, нарушению его статической и динамической балансировки;

- механические свойства сварных соединений должны быть на уровне основного материала.

ЭЛС роторов из отдельных дисков позволила выполнить перечисленные требования и обеспечить их необходимое качество. Сборку роторных конструкций между собой перед сваркой, как правило, осуществляют на технологической подкладке либо посредством «замкового» соединения. После сварки во внутренней полости ротора остаются неудаляемые технологические подкладки, значительно затрудняющие проведение качественного контроля сварного соединения. В связи с этим требовалось выполнить ЭЛС с формированием обратного валика в корне сварного шва с минимальным количеством брызг. Для освоения ЭЛС ротора КНД выполнены следующие опытные работы: определены условия стабильного формирования обратного валика сварного шва; подобраны оптимальные режимы сварки, обеспечивающие усадку шва не более 0,12 мм с минимальным количеством брызг; определены механические свойства сварных соединений, выполненных на подобранных режимах.

В результате разработан технологический процесс ЭЛС ротора, а также спроектирована и изготовлена оснастка для его сварки и термической обработки.

Результаты контроля качества сварного соединения, измерения геометрических параметров ротора после сварки, термической обработки и окончательной механической обработки соответствуют техническим условиям. Предложенная технология сварки окончательно обра-

ботанного ротора обеспечивает получение высококачественных сварных барабанов ротора КНД авиационного двигателя.

При изготовлении изделий Д-30КУ/КП ранее применялось клепаное соединение носка к перу лопатки. В процессе эксплуатации клепаных лопаток входного направляющего аппарата (ВНА) иногда происходит обрыв заклепок и попадание их в проточную часть двигателя, что приводит к образованию дефектов на деталях двигателя.

В ОАО «НПО «Сатурн» разработана и внедрена в производство технология изготовления лопаток ВНА комбинированным способом: приваркой ЭЛС носка заваркой (с применением аргодуговой сварки) пазов в полках лопаток. Данную технологию применяют как для изготовления новых лопаток, так и для ремонта лопаток, бывших в эксплуатации, на которых выполняется замена клепаного соединения на сварное.

Согласно результатам проведенного сравнительного тензометрирования и исследования виброхарактеристик, запас прочности сварных лопаток в 2–2,3 раза больше, чем клепаных.

Для восстановления дисков компрессора высокого давления (КВД) изделия Д-30КУ/КП разработана технология ремонта деталей методом удаления дефектного участка и сварки в ступичную часть диска специальной проставки. Сварку выполняли горизонтальным лучом в автоматическом режиме по программе с использованием систем СУПЭЛС и «Растр-5» на установке ЭЛУР-1АТ.

В процессе подготовки к освоению изготовления двигателя SaM146 впервые отработана технология сварки лопаток методом ЭЛС в кольца направляющего аппарата компрессора. Сварка лопаток производилась ЭЛС по программе, которая обеспечивает сварку лопаток в кольца направляющих аппаратов по замкнутому контуру. Такой режим сварки обеспечивает получение на титановом сплаве толщиной 2,0 мм сварных швов шириной 3,0 мм с лицевой стороны и качественный проплав с формированием стабильного обратного валика с обратной стороны сварки. При выполнении процесса сварки применяют специальную сборочно-сварочную оснастку и механическую защиту пера лопаток от брызг расплавленного металла и трансканального электронного луча.

Таким образом, разработаны высокоэффективные вакуумные технологии ЭЛС, позволившие создать принципиально новые конструкции узлов и деталей ГТД и организовать их серийное производство.

Производство новых конкурентоспособных ГТД невозможно без должного уровня технологического обеспечения. Один из ярких приме-

ров этому – реализация в ОАО «НПО «Сатурн» проекта по созданию многофункционального автоматизированного комплекса ЭЛУР-1АТ, который является представителем нового поколения отечественного оборудования для ЭЛС XXI века.

Некоторая новизна реализованных решений представлена ниже.

ЭЛС роторов изделия 117 (авиационный двигатель 4++ на самолет СУ-57)

Для увеличения КПД ГТД, повышения его надежности, увеличения ресурса возникла необходимость замены механического крепления дисков ротора компрессора низкого давления (КНД) на неразъемное сварное соединение.

Материал ротора КНД – жаропрочный титановый сплав марки ВТ8–1. Сварку данного металла можно выполнить только на ЭЛС. Конструкция ротора такова, что удалить технологический замок, в который выводится «корневая пила» (технологический дефект при ЭЛС) практически невозможно.

Неудаленный технологический замок является дополнительным концентратором напряжений. Разрушение сварной конструкции происходит именно по неудаленному технологическому замку.

С неудаленным технологическим замком невозможно дать правильное заключение о ка-

честве сварного соединения, поскольку на рентген-пленке «корневая пила», сливаясь в одну линию, трактуется как непровар, что является недопустимым дефектом.

Разработанная технология ЭЛС с формированием «обратного валика» сварного шва позволяет решить указанные выше проблемы, то есть выполнить ЭЛС сварного соединения без технологического замка, исключив механическую обработку обратной стороны сварного шва.

Данная технология позволила реализовать конструктивные решения по повышению максимальной тяги (относительно базового АЛ-31ФП) с 12800 до 14500 кгс, увеличения ресурса двигателя в два раза до 4000 часов при сохранении габаритов и массы двигателя. Также она использовалась при производстве авиадвигателей нового поколения (117С, 117, АЛ41) для СУ-35, СУ-57, БПЛА «Охотник».

ЭЛС роторов изделия 55И

ГТД АЛ-55И, устанавливаемый на учебно-тренировочные самолеты, при малых габаритах и массе может развивать тягу до 5000 кгс. Это достигается за счет применения абсолютно нового высокотехнологичного компрессора высокого давления (КВД).

Ротор КВД изготовлен из жаропрочного титанового сплава ВТ8–1. Диски компрессора изготовлены заодно с лопатками («блиски») и сварены между собой ЭЛС (аналогично технологии ЭЛС изделия 117).

Основное отличие данной технологии от технологии ЭЛС изделия 117 – это локальная

термическая обработка (ЛТО) сварного соединения расфокусированным электронным лучом.

Выполнить высокотемпературную (~980°C) термообработку общим нагревом ротора в вакуумной печи невозможно, так как при данной температуре изменяется геометрия лопаток дисков.

Конструкция установки ЭЛУР-1АТ позволила разработать и реализовать на производстве технологию ЛТО двумя электронными пушками, выполняя нагрев по программе СУПЭЛС сварного шва двумя диаметрально противоположными электронными лучами, развернутыми в специальную эллиптическую форму.





ЭЛС направляющих аппаратов статора бустера изделий Sam146, Д-30КП-3 «Бурлак»

Разработанная и внедренная в производство технология ЭЛС направляющих аппаратов (НА) статора бустера из материала ВТ-6, реализованная на установке ЭЛУР-1АТ, позволила впервые в нашей стране изготовить цельносварной НА.

Данная технология потребовала разработки специальной оснастки для ЭЛС, а также решения проблемы останковки «трансканального

луча» и защиты пера лопаток от брызг, образующихся при сквозном проплаве и формировании «обратного валика».

Ранее крепление лопаток в направляющих аппаратах выполнялось механическим способом, что увеличивало массу компрессора, снижало надежность и КПД двигателя, снижало его ресурс.

ЭЛС роторов компрессора и дисков турбины изделия ГТД-110 МВт

Повышение надежности работы ГТД и его КПД потребовало от конструкторов создания цельносварных конструкций роторов компрессора и дисков турбины. Ранее аналогичные конструкции могли крепиться посредством механических соединений типа винт-гайка или шпилька. В процессе длительной эксплуатации элементы крепежа «вытягивались», крепление ослабевало, КНД падал.

Технология ЭЛС ротора компрессора изделия ГТД-110 могла быть реализована только на установках ЭЛС типа ЭЛУР-1АТ в этот период.

Особенности ЭЛС:

масса ротора компрессора 5–10 ступени или 11–17 ступени вместе с оснасткой достигает 10000 кг, а высота– 1800 мм;

в целях исключения коробления роторной конструкции и искривления оси ротора сварку

ведут двумя диаметрально противоположными электронными пушками;

сварка за один проход стыка толщиной до 86 мм (ЭЛС цапфа-диска компрессора 4 ступени).

В корпусе компрессора при вварке фланцев горизонтального разъема свариваемая толщина достигает 98 мм.

Технология ЭЛС дисков компрессора позволила сварить жаропрочный никелевый сплав марки А-286, склонный к образованию трещин и не свариваемый никакими другими методами. Технология ЭЛС дисков турбины основана на применении поперечной развертки электронного луча с определенной амплитудой и частотой. ЭЛС, как и в случае с ротором компрессора, выполняется двумя электронными пушками.

Также интересен опыт НПО «Сатурн» в области диффузионной сварки.

Диффузионная сварка ротора турбокомпрессора изделия 36, 36МТ, 37 для БПЛА

Разработанная технология и оборудование позволили внедрить в серийное производство ротор турбокомпрессора.

Материал диска турбокомпрессора – литейный жаропрочный никелевый сплав марки ВЖЛ-12. Вал ротора турбокомпрессора изготовлен из стали марки ЭИ-961.

Соединить данные материалы между собой возможно только диффузионной сваркой.

На двигателях, аналогичных по своему назначению, типа Р95ТП-300 производства «Мотор Сич» (Украина), конструкция диска ротора турбокомпрессора соединяется с валом ротора турбокомпрессора болтовым соединением. Это значительно увеличивает массу конструкции БПЛА.

Подтвержден социально-экономический эффект проекта.

Авиационные двигатели изделия 117С, 117

По своим геометрическим параметрам и местам крепления на самолете изделие 117 соот-

ветствует своим предшественникам четвертого поколения – двигателям АЛ-31Ф и АЛ-31ФП.



Это дает возможность при небольшой доработке мотогондол использовать данные двигатели для модернизации всего парка ранее изготовленных самолетов типа СУ-27/СУ-30/СУ-57 ВВС России.

Программа создания двигателей семейства 117 рассматривалась как этап создания двигателей нового поколения (4++). Именно двигатели изделия

117 устанавливаются на самолет Су-35 – глубококомодернизированный, сверхманевренный многофункциональный истребитель, в котором использованы технологии пятого поколения, обеспечивающие характеристики, дающие превосходство над истребителями аналогичного класса. Новый двигатель АЛ-41 устанавливается в настоящее время на СУ-57.

ГТД большой мощности изделия ГТД-110

Двигатели ГТД-110 отлично вписываются в проекты технического перевооружения существующих теплоэлектроцентралей (ТЭЦ), которых в стране более 400. До сих пор данный двигатель является основой стратегии

модернизации энергетической промышленности России. Фактически в XXI веке возникает технологическая компетенция России в производстве газовых турбин большой мощности.

Изделие Д-30КП-3 «Бурлак»

Д-30КП-3 «Бурлак» создан ОАО «НПО «Сатурн» путем глубокой модернизации двигателя Д-30КП-2. Преимущества осуществленной модернизации:

- возможность модернизации двигателя Д-30КП-2 при капитальном ремонте;
- минимальная стоимость двигателя Д-30КП-3 «Бурлак» за счет использования до 70% деталей и узлов серийных двигателей Д-30КП-2 при модернизации;
- обеспечение соответствия нормам Главы 4 ИКАО по шуму;
- обеспечение соответствия нормам ИКАО 2008 года по эмиссии;
- снижение среднего расхода топлива на 11%;
- увеличение тяги с обеспечением взлетных характеристик до $t_H = +30^\circ\text{C}$;
- увеличение всех видов ресурсов двигателя;
- высокий уровень надежности двигателя

Д-30КП-3 «Бурлак» за счет использования проверенного газогенератора (суммарная наработка в эксплуатации более 48 млн часов).

Двигатель Д-30КП-3 «Бурлак» может устанавливаться на самолеты Ил-76 без доработки мотогондолы и усиления крыла самолета.

На сегодняшний день парк самолетов Ил-76 составляет более тысячи двигателей в эксплуатации.

В перспективе возможна очень серьезная ремоторизация парка самолетов. Это позволит продлить жизненный цикл основного транспортного самолета.

В соотношении «цена–качество» двигатель Д-30КП-3 «Бурлак» оптимален, при этом его экологические, летно-технические, экономические и эксплуатационные характеристики соответствуют современным и перспективным требованиям.

БПЛА

Разработка и производство двигателей семейства 36, 37 позволили оснастить комплекс ракетного оружия отечественными двигателями. Ранее на ракеты устанавливался двигатель Р95ТП-300 производства «Мотор Сич» (Украина).

Изделие 36МТ предназначено для применения в составе семейства авиационных тактических ракет и используется в качестве маршевого двигателя в составе крылатых ракет морского базирования для вооружения подводных лодок и надводных кораблей.

Заключение

Реализация всех перечисленных программ позволила создать стабильный финансовый поток для компании ОАО «НПО «Сатурн». При этом увеличивалось производство, происходило

техническое перевооружение, создавались новые условия труда, специалисты проходили курсы обучения в плане подготовки и повышения квалификации.





Во всех перечисленных двигателях имеются важнейшие узлы и детали, изготовленные методом ЭЛС на автоматизированном комплексе электроннолучевой сварки ЭЛУР-1АТ.

Научно-технический прогресс XXI века будет определяться не только созданием новых материалов и наукоемких технологий для их обработки, но и дальнейшим совершенствованием основополагающих технологических решений, созданных ранее, и оборудования для их реализации.

Сварка относится к тем технологиям, которые широко применяются практически во всех отраслях промышленности, особенно при изготовлении деталей, узлов и сборочных единиц в производстве продукции машиностроения, авиации, космонавтики, энергетики, ядерной техники, приборов различного назначения и т.д. Эта технология позволяет изготавливать сложные узлы из деталей, которые получены другими технологиями: литьем, прессованием, давлением, механической обработкой. Благодаря сварке появилась возможность получать неразъемные соединения деталей из разнородных металлов и сплавов, а в ряде случаев и неметаллических ма-

териалов, отличающиеся друг от друга своими физико-химическими и механическими свойствами.

ФГУП «НПО «Техномаш» традиционно имеет научно-технический задел в области ЭЛС и проектирования оборудования для ЭЛТ. Данные направления необходимо развивать с учетом современных методов проектирования оборудования и возможности оказания технических услуг на протяжении жизненного цикла изделия в РКП.

Актуальна необходимость обобщения теоретического и экспериментального опыта специалистов с учетом зарубежных достижений для практического решения технологических задач применения ЭЛТ в изделиях из жаропрочных сплавов на предприятиях Госкорпорации «Роскосмос» и оборудовании, создаваемым во ФГУП «НПО «Техномаш».

Целесообразно проведение семинаров на базе ФГУП «НПО «Техномаш» по данному направлению с привлечением научных кадров вузов и специалистов предприятий Госкорпорации «Роскосмос».

Чуклинов Сергей Владимирович – канд. экон. наук, лауреат премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники, советник генерального директора ФГУП «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева.

Тел.: 8(495) 689–95–86. E-mail: S.Chuklinov@tm.fsa

Chuklinov Sergei Vladimirovich – PhD in Economic Sciences, Laureate of the Prize of the Government of the Russian Federation in the Field of Science and Technology, Advisor to the CEO of FSUE «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasyev.

Tel.: 8(495) 689–95–86. E-mail: S.Chuklinov@tm.fsa



УДК 629.78

Пантелеев К.Д., Юрцев Е.С.
Panteleev K.D., Yurtsev E.S.

Программно-целевой подход к управлению показателями технического уровня перспективных изделий космической техники

Program-Oriented and Goal-Oriented Approach to the Technical Level Indicators Management of Advanced Space Hardware

Сформулирован общий научно-методологический подход к задаче управления показателями технического уровня вновь разрабатываемых и (или) модифицируемых сложных объектов ракетно-космической техники, претендующих на роль конкурентоспособных на мировом рынке высоких технологий, изделий, товаров и услуг. Подход проблемно ориентирован на обеспечение стабильных значений определяющих показателей технического уровня создаваемых сложных наукоемких изделий ракетно-космической техники и средств технологического оснащения их производств, характеризующих конъюнктуру выпуска и сбыта на мировом рынке в текущий период времени, а также ближайшей перспективе XXI века. Показаны основные программные мероприятия создания отраслевой системы управления процессами создания сложных изделий ракетно-космической техники с ориентацией на обеспечение перспективных значений показателей технического уровня.

A general scientific and methodological approach to the problem of technical level indicators management for the newly developed and (or) modified complex objects of aerospace hardware, claiming to be competitive in the world market of high technologies, products, goods and services, is formulated. The approach is problem-oriented towards ensuring stable values of the technical level key indicators of the engineered complex science-intensive products of aerospace hardware and jigs, fixtures & tools for their production, which characterize the production and sales situation in the world market in the current period of time, as well as in the near future of the 21st century. The main program activities for creating an industrial process management system of aerospace hardware products engineering with a focus on ensuring promising values of technical level indicators are shown.

Ключевые слова: конструкторско-технологическое решение, ракетно-космическая техника.

Keywords: design and engineering solution, aerospace hardware.

Введение

В настоящее время в условиях неуклонной интеграции ракетно-космической промышленности (РКП) России в систему рыночных отношений и развития таких отношений с мировым сообществом вопросы конкурентоспособности изделий ракетно-космической техники (РКТ) должны получить отдельный статус и решаться в рамках межрегиональных, федеральных и международных программ.

Основой российской национальной программы должна стать автоматизированная система управления процессами создания перспективного поколения изделий РКТ с ориентацией на обеспечение конкурентных значений показателей технического уровня (ТУ). На практике такую систему можно и нужно реализовывать в отраслевом типовом проекте с отработкой в ряде частных проектов по видам систем РКТ.





Основные мероприятия программно-целевого подхода создания отраслевой системы управления процессами создания сложных изделий РКТ с ориентацией на обеспечение перспективных значений показателей ТУ

Комплекс мероприятий программно-целевого подхода создания отраслевой системы управления процессами создания сложных изделий РКТ (далее – комплекс мероприятий) включает следующие основополагающие разделы [1–5]:

- исследования сущности и сопоставительный анализ возможных методологических подходов к управлению показателями ТУ и выбором из них одного или нескольких наиболее перспективных и практически реализуемых подходов;

- разработка основных положений базовой концептуальной модели, содержащей общую методику автоматизированного управления показателями ТУ создаваемых объектов и базирующуюся на выбранном подходе;

- разработка с содержательными постановками системы задач и соответствующим им формализованным представлениям основных функций управления по процедурам планирования, контроля и регулирования применительно к конкретным объектам управления, то есть к показателям ТУ создаваемого объекта;

- разработка с описанием сформированного типового функционального базиса в виде формализованного комплекса функциональных задач по процедурам планирования, контроля и регулирования показателей ТУ объекта;

- разработка с описанием сформированного типового системного базиса в виде типовых

структур алгоритмического, информационного и программного (математического) обеспечений, а также конфигурации технических средств на основе персональных компьютеров и соответствующего интерфейса;

- разработка методики решения оптимизационных контрольных задач, включающих методы и алгоритмы по рациональной топологии контрольных точек при выборе оптимальных интервалов на некоторых подконтрольных участках, обеспечивающих требуемые значения показателей ТУ объектов;

- разработка методик обеспечения стабильности параметров изделий и режимов технологических процессов, в том числе методики количественной оценки надежности и служебной пригодности дефектных изделий, изготовленных в условиях недостаточной стабильности технологических процессов при производстве изделий в опытных и серийных партиях;

- разработка общесистемных вопросов и специальных задач, необходимых для эффективного управления процессами создания надежных и безопасных изделий;

- разработка предложений по технологии создания рабочих проектов (дорожных карт) с обоснованием очередности по опытному и промышленному внедрению функциональных задач системы управления создаваемых объектов с требуемыми значениями показателей ТУ.

Базовые этапы реализации управления процессами создания сложных изделий РКТ с ориентацией на обеспечение перспективных значений показателей ТУ

Состав перечисленных основополагающих разделов комплекса мероприятий достаточно полно охватывает необходимый объем работ по обеспечению конкурентных значений показателей ТУ создаваемых изделий РКТ. В ходе их практической реализации в отраслевом типовом проекте следует выделить ряд базовых этапов, к которым относятся [6,7]:

- установление наиболее вероятных тенденций статистического поведения показателей ТУ

на некотором интервале упреждения создаваемого изделия РКТ с использованием информации по эксплуатируемым изделиям-аналогам;

- разработка перспективных планов и (или) программ по обеспечению требуемых значений показателей ТУ создаваемого изделия РКТ в соответствии с требуемыми условиями безопасности людей и окружающей среды;

- нормирование значений показателей ТУ создаваемого изделия РКТ с проведением со-



ответствующих оптимизационных расчетов по всем уровням его иерархической структуры (то есть составным частям, агрегатам, узлам и т.д.);

– разработка необходимой информационной базы для решения всех задач управления по процедурам планирования, контроля и регулирования показателей ТУ изделия РКТ;

– автоматизированный расчет и контроль показателей ТУ изделия РКТ в целом и его составных частей на всех характерных стадиях, установленных нормами Федерального закона «О техническом регулировании»;

– анализ значений показателей ТУ изделий РКТ с получением функциональных и (или) регрессионных зависимостей от факторов возмущающей среды;

– регулирование значений показателей ТУ изделия РКТ и его составных частей при обнаружении тенденции к выходу их значений за установленные пределы на любом этапе его жизненного цикла;

– последовательная корректировка программы обеспечения ТУ изделия РКТ для поддержания требуемых уровней соответствующих показателей.

Заключение

Вышеприведенный состав основополагающих разделов типового общетехнического проекта, а также частных проектов по видам техники помогут построить достаточно эффективную систему управления процессами создания, производства и эксплуатации изделий РКТ с проблемной ориентацией на управление конкурентными ТУ. Формализованные представления основных функций управления по процедурам планирования, контроля и регулирования, а также алгоритмизация таких функций и самих объектов управления (показателей ТУ изделий РКТ) помогут разработать эффективные диалоговые процедуры и тем самым осуществить системное управление в рамках интегрированной концепции АСУ и САПР [8]. Разработка и внедрение автоматизированной системы (подсистемы) управления с ориентацией на программно-целевой подход с использованием функциональной модели [9] позволит:

– постоянно отслеживать фактические уровни значений показателей ТУ изделий РКТ на всех этапах их жизненного цикла путем организации соответствующих мониторингов в автоматизированном дискретном режиме;

– систематически и целенаправленно осуществлять оперативную реструктуризацию

всех предприятий-участников конкретной программы обеспечения конкурентных значений показателей ТУ данного вида систем РКТ;

– прогнозировать и планировать основные виды ресурсов (денежные, трудовые, материальные, временные) на осуществление целевых программ обеспечения показателей ТУ по конкретным видам систем РКТ;

– постоянно генерировать новые идеи для реализации их в текущих (плановых) программах перспективных систем РКТ при обеспечении конкурентных показателей ТУ;

– формировать эффективные временные трудовые коллективы для разработки и реализации новых перспективных проектов;

– разрабатывать инновационно-конверсионные программы для нужд народного хозяйства страны в современных экономических условиях.

Ракетно-космическая отрасль сегодня располагает весьма квалифицированными научными, инженерно-техническими и производственными кадрами, а также всем необходимым для создания общетехнического проекта и ряда частных проектов по основным видам изделий, а также распространения в качестве инноваций данного опыта для других отраслей промышленности.

Библиографический список

1. Апполонов И.В., Хариев Н.И. Общий системный подход к управлению созданием конкурентоспособной продукции и некоторые важные частные модели// журнал Оборонный комплекс – научно-техническому прогрессу России. – М.: ВИМИ, 2007. – №4. – С. 10–24.



2. Кочетов В.В. Разработка теоретических основ и методологии организационно-экономической системы создания конкурентоспособной продукции машиностроения: автореферат дис. д-ра техн. наук. – М.: МГТУ им. Баумана, 2007. – 32 с.

3. Апполонов И.В. К вопросу об управлении созданием конкурентоспособной продукции // Проблемы организации рыночной экономики. Сб. научн. трудов/ Под ред. Ф.И. Шамхалова; Нац. научн. фонд. Вып. 4. – М.: Экономика. 2004. – С. 136–164.

4. Апполонов И.В., Кухаренко А.А., Дадашев М.Н., Хариев Н.И. К вопросу об управлении созданием конкурентоспособной техники и технологии в России в ближайшей перспективе XXI века// оборонный комплекс – научно-техническому прогрессу России. Межотраслевой научно-техн. сборник. – М.: ВИМИ, 2006. – №3. – С. 3–13.

5. Апполонов И.В., Астахов Ю.П., Хариев Н.И., Юрцев Е.С. Основные вопросы обеспечения стабильности конкретных значений показателей создаваемых изделий и технологий в аэрокосмической отрасли// Тезисы докладов «Труды XXXV академических чтений по космонавтике (Москва, 25–28.01.2011). Под общ. Ред. А.К. Медведевой: – М.: МГТУ. – 2011. – С. 260–262.

6. Пантелеев К.Д. Типовая методика формирования производственных систем // Вестник машиностроения. – 2008. – №6. – С.76–81.

7. Белов В.В., Пантелеев К.Д. Формирование рациональной организационно-технологической структуры производства изделий на ранних стадиях проектирования // Вестник МГТУ. Сер. Машиностроение. – 1992. – №1. – С.115–125.

8. Апполонов И.В., Бажанов А.П. Концепция автоматизированного управления надежностью и другими важнейшими потребительскими свойствами создаваемых автомобилей легкого класса // Сб. научн. докл. на II Международной конф. Тотальное управление качеством – инструмент выхода из кризиса.– Вып. 1. Тольятти (ВАЗ). – 1998. – С. 82–87.

9. Апполонов И.В. Функциональный метод управления как программный принцип обеспечения конкурентоспособности создаваемой продукции// Проблемы организации рыночной экономики. Сб. науч. трудов/ Под ред. Ф.И. Шамхалова; нац. науч. фонд. Вып. 4. – М.: Экономика. – 2004. – С. 155–161.

Пантелеев Константин Дмитриевич – канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник ФГУП «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева.
Тел.: 8(495) 689–95–26. E-mail: K.Panteleev@tm.fsa
Panteleev Konstantin Dmitrievich – Ph.D. in Engineering Sciences, Leading Researcher of FSUE «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasyev.
Tel.: 8(495) 689–95–26. E-mail: K.Panteleev@tm.fsa

Юрцев Евгений Сергеевич – директор центра ФГУП «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева.
Тел.: 8(495) 689–95–26. E-mail: E.Yrcev@tmpo.ru
Yurtsev Evgeniy Sergeevich – Center Director of FSUE «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasyev.
Tel.: 8(495) 689–95–26.
E-mail: E.Yrcev@tmpo.ru

УДК 629.78

Пантелеев К.Д., Юрцев Е.С.
Panteleev K.D., Yurtsev E.S.

Структурная декомпозиция, синтез и многокритериальный выбор конструкторско-технологических решений на ранних стадиях разработки изделий космической техники

Structural Decomposition, Synthesis and Multi-Criteria Choice of Design and Engineering Solution at the Early Stages of Space Hardware Development

Отмечена важность способов формирования конструкторско-технологических решений для обеспечения эффективной адаптации предприятий ракетно-космической промышленности России к условиям рынка. Рассмотрена проблема структурной декомпозиции, синтеза и многокритериального выбора альтернатив при формировании конструкторско-технологических решений. Предложен единый подход к их формированию на всех уровнях декомпозиции в условиях неполноты информации на ранних стадиях жизненных циклов изделий ракетно-космической техники. Показана обобщенная структурная модель процесса формирования конструкторско-технологических решений.

The importance of methods of forming the design and engineering solutions for ensuring effective adaptation of the Russian aerospace industry enterprises to market conditions is noted. The problem of structural decomposition, synthesis and multi-criteria choice of alternatives in the formation of design and technological solutions is considered. A unified approach to their formation at all levels of decomposition under conditions of incomplete information at the early stages of the life cycles of aerospace hardware is proposed. A generalized structural model of the process of forming the design and technological solutions is shown.

Ключевые слова: конструкторско-технологическое решение, ракетно-космическая техника.
Keywords: design and engineering solution, aerospace hardware.

Введение

В целях обеспечения эффективной адаптации предприятий ракетно-космической промышленности (РКП) России к условиям рынка особое значение имеют способы формирования конструкторско-технологических решений (КТР) [1–3].

В статье рассматривается проблема структурной декомпозиции, синтеза и многокритериального выбора альтернатив при формировании КТР. Формирование эффективных КТР в условиях неполноты информации на ранних стадиях жизненного цикла изделий (ЖЦИ) ракетно-космической техники (РКТ) относится к классу слабоструктурированных задач, сопряжено с максимальным объемом вариантов решений

и имеет приоритетное значение по затратам и длительности исполнения, а также по степени влияния на последующие стадии. Соответственно, проблема структурной декомпозиции, синтеза и многокритериального выбора эффективных КТР рассматривается не фрагментарно, а как единая для ранних и последующих стадий ЖЦИ РКТ.

Поскольку на ранних стадиях ЖЦИ РКТ обусловлены последовательность проектных работ, нечеткость принимаемых (постоянно изменяемых или уточняемых) решений, а также вследствие необходимости учета изоморфизма конструкций и технологий процесс формирования КТР рассматривается едино в виде нечеткой двухуровне-



вой иерархической системы. Решение проблемы структурной декомпозиции, синтеза и многокритериального выбора альтернативных вариантов при формировании эффективных КТР возможно исключительно на основе обобщенной структурной модели процесса формирования КТР [4].

Предложенный подход существенно отличается от применявшихся ранее и основанных на моделях задач целочисленного программирования, предполагающих итеративный перебор всех возможных вариантов КТР.

Формализация модели формирования КТР

Обобщенная структурная модель процесса формирования КТР представляется в виде нечеткой двухуровневой иерархии, где на первом уровне последовательно выполняются постановка, структурная декомпозиция задачи формирования вариантов КТР, а на втором – синтез вариантов декомпозиции КТР и их согласование по критериям предпочтения (рис. 1) [8,9].

мированию КТР, в пределах которых будут синтезироваться варианты КТР с идентификацией целей, границ внешней среды, описанием критерия предпочтения КТР.

Реализация структурной декомпозиции предусматривает применение методов, позволяющих осуществлять формирование кластеров КТР, соответствующих задаваемым формам декомпозиции, упорядоченное уточнение сформированных кластеров КТР путем последовательного разбиения их на более мелкие группировки

На уровне 1 осуществляется декомпозиция цели формирования КТР в виде двухуровневой иерархии с выявлением кластеров задач по фор-

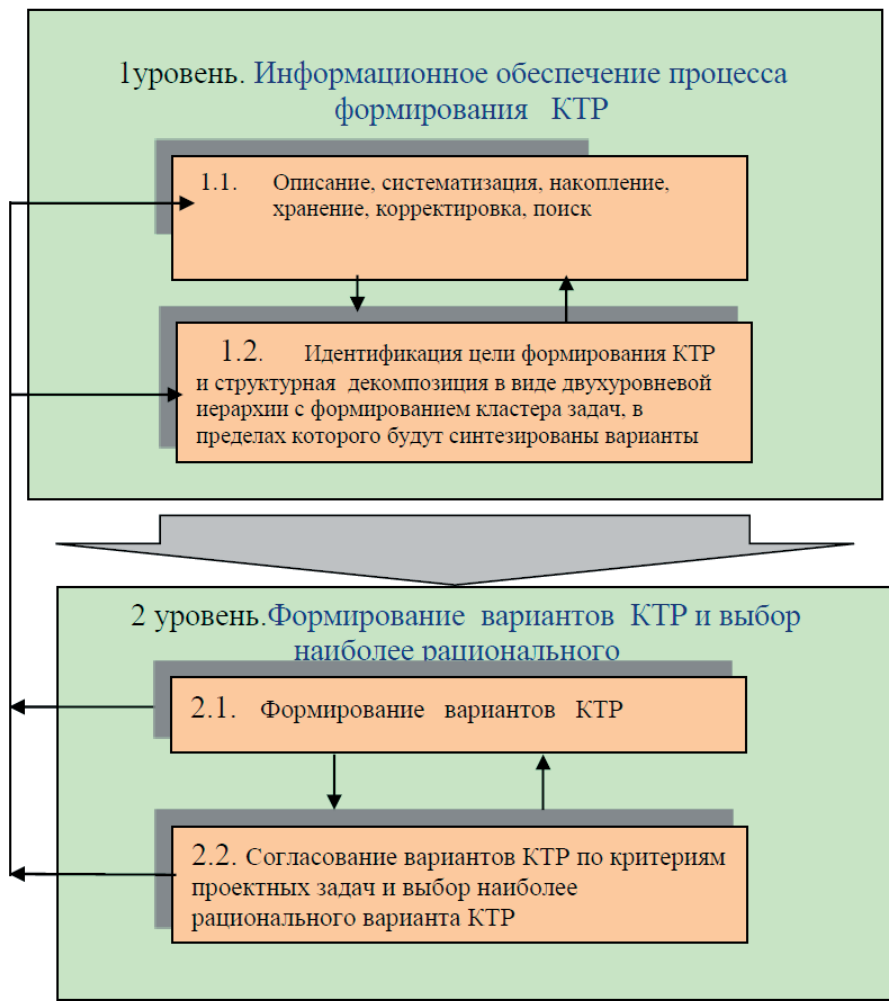


Рис.1. Обобщенная структурная модель процесса формирования КТР

с более высокой мерой подобия. Разработка аппарата эффективного поиска форм (базы знаний) структурной декомпозиции КТР требует применения математических методов, учитывающих иерархическую структуру как конструкторских, технологических и производственных решений, так и непосредственно самого процесса формирования КТР, а также нечеткость условий формирования КТР на ранних стадиях ЖЦИ. Метод структурной декомпозиции ПС с учетом указанных требований подробно рассмотрен в [5,6].

Структурная декомпозиция КТР обеспечивается посредством аппарата математической лингвистики (порождающие грамматики) с использованием аналогии с естественными языками. В качестве аппарата структурной декомпозиции КТР предложено использование порождающих грамматик, которые являются одним из элементов теории формальных языков Н. Хомского [7, 8].

Для уточнения сформированных кластеров КТР путем последовательного разбиения их на более мелкие группировки с более высокой мерой подобия использован метод кластер-анализа, что позволяет упорядочить процесс формирования вариантов декомпозиции КТР [9].

Предложенный подход существенно отличается от применявшихся ранее методов, основанных на моделях задач целочисленного программирования и предполагающих итеративный перебор всех возможных вариантов КТР [10–12].

На уровне 2 осуществляется синтез вариантов КТР из числа сформированных группировок, согласование и выбор наиболее рационального варианта КТР.

Согласование и выбор вариантов КТР решается на базе применения типового, объектно-независимого метода порогов несравнимости, предусматривающего возможность изменения состава критериев, учитывающего различное влияние критериев на принятие решения и зарекомендовавший себя в практике формирования КТР сборки-сварки обечаек корпусных и баковых конструкций изделий РКТ [13].

Таким образом, предложенные аппарат структурной декомпозиции и уточнения вариантов КТР, согласования и выбора эффективных вариантов КТР обеспечивают единый подход к формированию КТР всех уровнях декомпозиции в условиях неполноты информации на ранних стадиях ЖЦИ КТ.

Библиографический список

1. Бендиков М.А. Стратегическое планирование развития наукоемких технологий и производств (на примере космического машиностроения). – М.: Academia, 2000. – 304 с.
2. Исаченко В.А. Новые принципы подхода и формирования научных исследований в области техники и технологии/ Труды XIX чтений, посвященных разработке научного наследия и развития идей К.Э. Циолковского. – М.: ИИЕТ АН СССР, 1985. – С.17–23.
3. Исаченко В.А., Полтавец Г.А. Системный подход к проблеме формирования и применения КТР / Труды XIX чтений, посвященных разработке научного наследия и развития идей К.Э. Циолковского. – М.: ИИЕТ АН СССР, 1985. – С. 24–28.
4. Пантелеев К.Д. Интегративно-декомпозиционный подход к формированию производственных систем на ранних стадиях жизненного цикла изделий ракетно-космической техники // Вестник машиностроения. – 2008. – №5. – С. 77–81.
5. Белов В.В., Пантелеев К.Д. Формирование рациональной организационно-технологической структуры производства изделий на ранних стадиях проектирования. – Вестник МГТУ. Сер. Машиностроение. – 1992. – №1. – С. 115–125.
6. Пантелеев К.Д. Типовая методика формирования производственных систем // Вестник машиностроения. – 2008. – №6. – С. 76–81.
7. Хомский Н., Дж. Миллер. Введение в формальный анализ естественных языков. Кибернетический сборник. Новая серия. Вып.1. – М.: Мир, 1965. – 64 с.
8. Хомский Н. Формальные свойства грамматик. Кибернетический сборник. Новая серия. Вып.1. – М.: Мир, 1965.
9. Жамбю М. Иерархический кластер-анализ. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 345с.





10. Авербах С.А., Тетерин Г.П. Автоматизированное оптимальное технологическое проектирование механических цехов // Станки и инструмент. – 1984. – №8. – С. 19–22.

11. Архипенков С.М., Шубкина И.П. Определение производственной структуры многодетальных поточных линий и предметно-замкнутых участков в машиностроении // Экономико-математические методы оптимального проектирования и организации производства / Под ред. И.П. Шубкиной. – Новосибирск, 1986. – С. 107–171.

12. Базаров Б.М. Повышение эффективности механосборочного производства // Проблемы автоматизации машиностроения (Москва, Будапешт). – 1986. – №12. – С. 54–59.

13. Денисов А.В. Выбор технологических процессов на ранних стадиях проектирования изделий при многокритериальной оценке вариантов. Тезисы докладов Всесоюзного семинара Проектирование систем ракетного и артиллерийского вооружения. – М.: МВТУ, 1987.

Пантелеев Константин Дмитриевич – канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник ФГУП «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева.

Тел.: 8(495) 689–95–26. E-mail: K.Panteleev@tm.fsa

Panteleev Konstantin Dmitrievich – Ph.D. in Engineering Sciences, Leading Researcher of FSUE

«NPO «Technomac» named after S.A. Afanasyev.

Tel.: 8(495) 689–95–26. E-mail: K.Panteleev@tm.fsa

Юрцев Евгений Сергеевич – директор центра ФГУП «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева.

Тел.: 8(495) 689–95–26. E-mail: E.Yrcev@tmpo.ru

Yurtsev Evgeniy Sergeevich – Center Director of FSUE «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasyev.

Tel.: 8(495) 689–95–26. E-mail: E.Yrcev@tmpo.ru



УДК 629.7:658.51

Кондратенко А.Н.
Kondratenko A.N.

Особенности реализации и предложения по оптимизации организации реализации капитальных вложений в ракетно-космической промышленности

Implementation Features and Proposals for the Capital Investments optimization in the Aerospace Industry

Рассмотрены проблемные вопросы и предложены пути их решения по реализации капитальных вложений, финансируемых из федерального бюджета для обеспечения производственно-технологической модернизации ракетно-космической промышленности.

Problematic issues are considered and solutions are proposed for the implementation of capital investments financed from the Federal Budget to ensure production and technological modernization of the aerospace industry.

Ключевые слова: капитальные вложения, технологии, технологическое оборудование, дебиторская задолженность, генеральный конструктор, руководитель технологического направления, ракетно-космическая промышленность.

Keywords: capital investments, technologies, process equipment, receivable, chief designer, technology area head, aerospace industry.

В целях обеспечения подготовки производственно-технологических мощностей предприятий ракетно-космической промышленности (РКП) к выполнению целевых задач космических программ (Федеральная космическая программа России на 2016–2025 годы, ФЦП «ГЛОНАСС») и ГПВ в рамках разделов «Капитальные вложения» космических программ и государственных программ «Развитие оборонно-промышленного комплекса» (ГП ОПК) в части РКП реализовывались:

– в 2015–2017 годы 251 инвестиционный проект (ИП), из которых по 35 ИП выполнялись только проектно-изыскательские работы (ПИР),

– в 2018–2020 годы 142 ИП, из которых по 27 ИП выполнялись только ПИР.

Из 216 ИП, по которым в 2015–2017 годы фактически реализовывались мероприятия по реконструкции и техническому перевооружению (работы отличные от ПИР), по 130 ИП (60%) поступили обращения предприятий о согласовании внесений изменений в проектно-сметную документацию

(ПСД), которые можно классифицировать по двум направлениям:

– изменения, связанные с заменой технологического оборудования, что составляет 80% всех обращений (104 обращения);

– изменения, связанные с изменением строительно-монтажных работ (СМР), что составляет 20% обращений предприятий (26 обращений).

За период 2018–2020 годов из 115 ИП, находившихся в реализации с мероприятиями, отличными от ПИР, хотя бы в одном из годов указанного периода, по 66 ИП (57%) требовалась корректировка ПСД, в том числе:

– замена технологий и технологического оборудования являлись первопричиной изменений в 38% случаев корректировок (25 шт.);

– первопричиной изменений являлись изменения в технологиях и СМР в 44% случаев корректировок (29 шт.);

– первопричиной изменений являлись изменения в СМР в 18% случаев корректировок (12 шт.).



В указанных трехлетних периодах осуществления капитальных вложений РКП около 60% реализовывающихся ИП в соответствии с нормативной документацией [1–3] требовали корректировки обоснований экономической целесообразности и ПСД. В последнем трехлетнем периоде реализации мероприятий по капитальным вложениям наблюдается увеличение более чем в три с половиной раза доли случаев корректировки ПСД из-за необходимости изменений СМР, что объясняется недостаточной на стадии ПИР системной проработкой застройщиками вопросов планируемой реконструкции. В целом в обоих выделенных плановых периодах реконструкции и технического перевооружения в 80–82% случаев причины необходимости корректировки ПСД – замена технологий и технологического оборудования.

Основные причины замены технологий и технологического оборудования частично рассмотрены в [4,5]:

– у предприятий отсутствуют долгосрочные планы технического перевооружения, планы стратегических преобразований организационно-штатной и производственно-технологической структуры;

– предприятия и организации часто перепоручают проведение конкурсов и закупку технологий, технологического и испытательного оборудования своим подрядным организациям, у которых в большинстве случаев отсутствуют специалисты-технологи необходимой квалификации [6];

– создание сложного дорогостоящего специального нестандартизированного оборудования дешевле и целесообразнее проводить в рамках опытно-конструкторских работ по созданию технологий и технологического оборудования, часто оно проводится в рамках мероприятий технического перевооружения;

– в отрасли при формировании государственного оборонного заказа (ГОЗ) практически не используются возможности приобретения технологического оборудования вне рамок бюджетных инвестиций [7,8];

– сложность ряда разрабатываемых космических и ракетных производственных технологий не всегда позволяет точно прогнозировать параметры их разработки и внедрения. По ряду приоритетных образцов БРТ и РКТ только в течение программного

периода разрабатываются и уточняются эскизные проекты и конструкторская документация, где корректируется директивная технология и кооперация разработчиков и соисполнителей работ по разработке и производству этих приоритетных образцов;

– длительные сроки реализации ИП и подготовки разрешительной документации на проведение ПИР и СМР приводят к тому, что цены на требуемое оборудование, как правило значительно увеличиваются либо планируемое к закупке технологическое оборудование исчезает с рынка продаж;

– 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 неэффективной еще до реализации;

– в сложившихся условиях санкций иностранных государств на поставки в Россию современного технологического оборудования и технологий не всегда удается обеспечить их приобретение;

– по линии генеральных конструкторов и руководителей приоритетных технологических направлений [9,10] фактически не проводится разработка комплексных целевых программ по образцам боевой ракетной и ракетно-космической техники (БРТ и РКТ), в которых должны быть обоснованы и отражены все мероприятия космических программ, а также ГП ОПК и ГПВ, в отношении которых планируется и проводится реконструкция и техническое перевооружение производственно-технологической и экспериментально-испытательной базы РКП;

– в РКП отсутствует единый управляющий организационно-технический центр технологического развития РКП.

Особое место занимает актуальный вопрос, связанный с институтами генеральных конструкторов и руководителей приоритетных технологических направлений, который должен быть в дальнейшем рассмотрен для повышения эффективности планирования и реализации мероприятий по капитальным вложениям для производственно-технологической модернизации и развития РКП, а также мероприятий по технологическим НИОКР, для внедрения которых необходимо использование капитальных вложений.

По состоянию на 2021 год по направлению РКП создан достаточно мощный институт из девяти генеральных конструкторов, являющихся руководителями крупных проектов по созданию новых перспективных технически сложных образцов БРТ и РКТ, их комплексов и систем, имеющих стратегическое значение для обеспечения обороны страны и безопасности государства:

в Госкорпорации «Роскосмос» – шесть генеральных конструкторов:

- два генеральных конструктора по созданию БРТ;

- четыре генеральных конструктора по направлениям: автоматические космические системы и комплексы, информационные системы и комплексы специального назначения, пилотируемая космонавтика, средства выведения и наземная космическая инфраструктура;

в Минпромторге России – два генеральных конструктора;

в Росреестре – генеральный конструктор системы ГЛОНАСС.

По направлению технологического развития пока функционирует один руководитель приоритетного технологического направления «Технологии ракетного двигателестроения». В тоже время РКП укрупненно состоит из семи подотраслей, обеспечивающих создание, производство и эксплуатацию РКТ и БРТ – космическое и ракетное машиностроение, двигателестроение, приборостроение, разработка и изготовление объектов космической инфраструктуры, материаловедение, экспериментально-испытательная база, в которых реализуются принципиально разные технологии. Многообразие используемых в РКП технологий и материалов в данной ситуации оказалось, образно говоря, «за бортом». В тоже время более 30% технологических процессов, применяемых в современном ракетно-космическом производстве, уникальны и используются только для производства РКТ и БРТ. Доля специальных технологий РКП в общей трудоемкости производства РКТ и БРТ составляет в среднем 65%, то есть их уровень определяет общий уровень изготовления основных элементов БРТ и РКТ, а также их общий уровень качества и надежности.

В сложившейся ситуации слабо действует механизм реализации единой технологической политики по шести приоритетным технологическим

направлениям РКП, не реализуются в полной мере Указ Президента Российской Федерации «О генеральном конструкторе по созданию ВВСТ» и утвержденное коллегией ВПК от 28.09.2017 №9 «Положение о взаимодействии руководителя приоритетного технологического направления с генеральными конструкторами по созданию ВВСТ» в части вопросов развития промышленных технологий, обеспечения повышения технологического уровня образцов и совершенствования технологического уровня производства, производственной и испытательной базы организаций РКП.

Указанные обстоятельства обуславливают сложности планирования и реализации капитальных вложений в части внедрения технологий и технологического оборудования. Предлагается в установленном порядке рассмотреть вопрос введения института руководителей технологических направлений РКП, с назначением на должности ведущих специалистов-технологов и наделением их полномочиями по координации планирования и реализации соответствующих технологических работ, в частности по капитальным вложениям, в рамках полномочий ракетно-космической отрасли.

Одним из важнейших вопросов деятельности руководителей приоритетных технологических направлений РКП должна являться разработка единых долгосрочных комплексных целевых программ развития промышленных базовых и критических технологий, технологий проектирования и создания новых специальных материалов, производственно-технологических мощностей предприятий РКП, на основе которых должны разрабатываться и быть скоординированы мероприятия ГП «Космическая деятельность России» и ГП ОПК в части РКП. Это обусловлено особенностями РКТ военного, двойного, социально-экономического и научного назначения [4,5]:

- общностью задач разработки, создания и эксплуатации ракетно-космической техники;

- идентичностью технологии разработки, изготовления и использования ракетно-космических средств различного назначения;

- использованием единых конструкторских решений при разработке и создании ракетно-космических средств;

- развитой внутриотраслевой унификацией;

- тенденцией к увеличению доли средств двойного назначения;



– единой производственно-технологической и экспериментально-испытательной базой.

Подробнее остановимся на вопросе о возможности приобретения технологического оборудования вне рамок бюджетных инвестиций [7,8].

В соответствии с приказом Минфина России [8] введен вид расходов по группе 200 «...Закупка товаров, работ и услуг для государственных нужд...», где отражаются все расходы федерального бюджета и бюджетов государственных внебюджетных фондов на закупку товаров, работ и услуг для государственных нужд вне рамок бюджетных инвестиций. Для указанной группы бюджетных расходов в рамках элемента 211 «Закупка вооружений, военной и специальной техники (ВВСТ), продукции производственно-технического назначения и имущества в рамках ГОЗ в целях обеспечения ГПВ» и элемента 212 «Закупка вооружений, военной и специальной техники (ВВСТ), продукции производственно-технического назначения и имущества в рамках ГОЗ вне рамок ГПВ» бюджетная классификация в рамках ГОЗ позволяет закупать продукцию производственно-технологического назначения – в частности проводить закупку технологий и технологического оборудования. Закупка оборудования и технологий по ГОЗ в рамках элементов 211 и 212 бюджетной классификации позволяет реализовывать эти мероприятия вне рамок реконструкции и технического перевооружения, что позволяет избежать проведения трудоемкой и длительной по времени (более двух-трех лет) [1–3] процедуры под-

готовки разрешительной документации на закупку производственно-технологического оборудования и технологий в рамках капитальных вложений.

В ракетно-космической отрасли прослеживается негативная тенденция затягивания ввода и неввода в строй объектов реконструкции и технического перевооружения, проводимых в рамках ГП ОК, подпрограмм и федеральных целевых программ государственной программы «Космическая деятельность России». Так, по завершеному I этапу реализации ФКП–2025 из 15 ИП, планировавшихся к вводу, введены в строй два ИП, в том числе в 2020 году из 10 вводных объектов введен в строй один ИП. По результатам завершения реализации ФЦП «ГЛОНАСС» за период 2012–2020 годов из 15 реализовывавшихся в части РКП ИП введены в строй три ИП, в том числе за 2020 год из десяти планировавшихся к вводу ИП ни один не введен в строй. Прослеживается практика невыполнения заказчиками-застройщиками плана выполнения работ по реконструкции и техническому перевооружению, растет дебиторская задолженность (рис. 1). По ФКП–2025 по результатам 2020 года дебиторская задолженность превысила более чем в 1,5 раза объемы бюджетных средств, изначально запланированных по программе к освоению в части капитальных вложений, после оптимизации бюджетных объемов финансирования в 2020 году по состоянию на начало 2021 года фактическое превышение дебиторской задолженности над объемами финансирования капитальных вложений по ФКП–2025 на 2020 год составило более 106%.

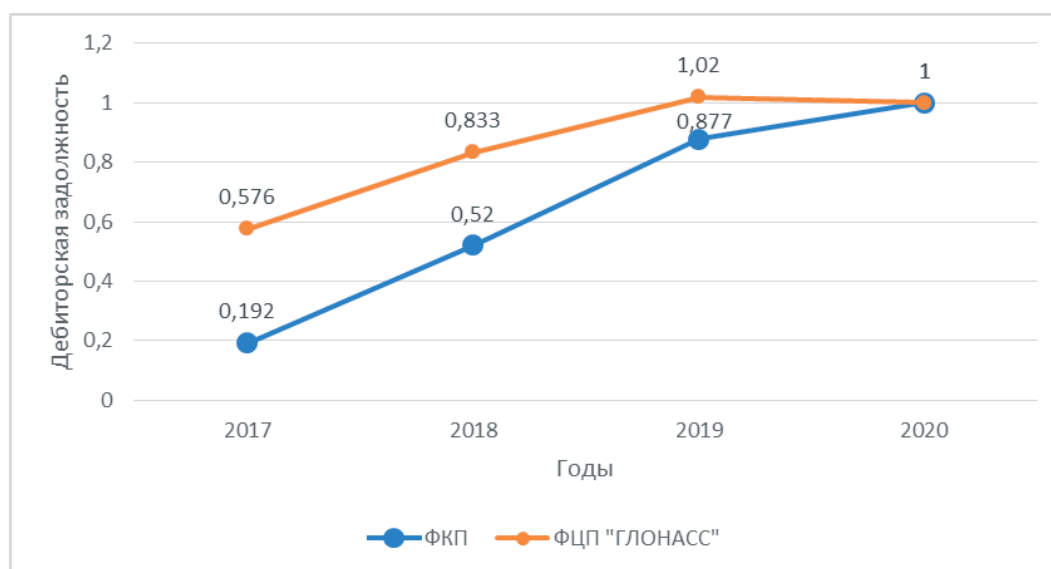


Рис. 1. Нормированная по 2020 году дебиторская задолженность по капитальным вложениям

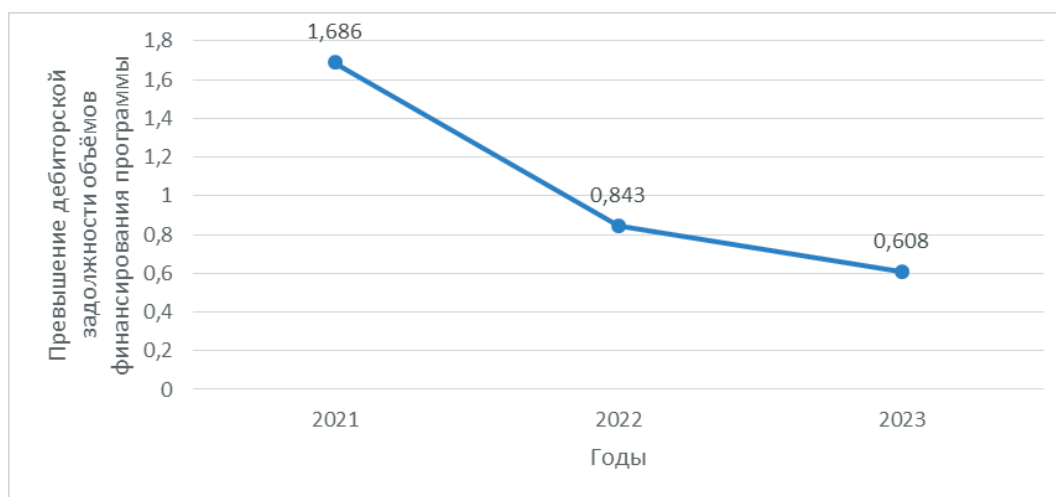


Рис. 2. Превышение дебиторской задолженности по капитальным вложениям ФКП–2025, образовавшейся на начало 2021 года, над плановыми объемами бюджетного финансирования капитальных вложений с нарастающим итогом, начиная с 2021 года

Для ФКП–2025 (рис. 2) показано, что существующая дебиторская задолженность по бюджетному финансированию капитальных вложений на начало 2021 года более, чем в 1,6 раза больше плановых объемов бюджетного финансирования капитальных вложений на 2021 год.

По ФЦП «ГЛОНАСС», которая реализовывалась в 2012–2020 годы, дебиторская задолженность по бюджетному финансированию капитальных вложений, образовавшаяся к концу 2020 года, почти в 3,53 раза превышает среднегодовые объемы бюджетного финансирования капитальных вложений в программном периоде.

В результате неосвоения плановых бюджетных средств по капитальным вложениям фактически ежегодно происходит их обесценивание пропорционально индексу-дефлятору – около 4% в год. Государство несет прямые финансовые убытки. При этом также в срок не подготавливаются производственно-технологические и экспериментально-испытательные мощности РКП в обеспечение создания перспективной РКТ, не обеспечивается своевременное внедре-

ние современных производственных технологий отрасли. Ежегодно потери государством бюджетных средств необходимо в обязательном порядке компенсировать в размерах не меньших фактических потерь, связанных с обесцениванием бюджетных средств из-за инфляционных процессов, а также пропорционально ставке рефинансирования Центрального банка Российской Федерации от плановых программных годовых бюджетных объемов финансирования ИП, уменьшенных на сумму, пропорциональную объему годовых плановых работ, фактически выполненных заказчиком-застройщиком. Одним из эффективных путей решения этой проблемы является разработка (уточнение) и внедрение в практику работ, применительно к капитальным вложениям, нормативного отраслевого документа, аналогичного [11]. Реальная финансовая ответственность заказчиков-застройщиков за ненадлежащее исполнение своих обязательств будет стимулировать их к обязательному выполнению плановых годовых работ по капитальным вложениям.

Библиографический список

1. О порядке реализации федеральной адресной инвестиционной программы при проведении мероприятий по строительству, (реконструкции, техническому перевооружению) предприятий, государственным заказчиком которых является Федеральное космическое агентство (приказ ФКА (Роскосмос) от 17.07.2012 № 151).

2. Об утверждении Положения о порядке разработки, корректировки и реализации государственных программ Российской Федерации, федеральных целевых программ, государственного оборонного заказа, федеральной адресной инвестиционной программы в части капитальных вложений при проведении мероприятий по реконструкции, техническому перевооружению и новому строительству объектов организаций ракетно-космической промышленности, государственным заказчиком которых является Государственная корпорация по космической деятельности «Роскосмос»» (приказ Госкорпорации «Роскосмос» от 21.05.2018 № 153).

3. Об утверждении Правил формирования и реализации федеральной адресной инвестиционной программы (постановление Правительства Российской Федерации от 13.09.2010 № 716).

4. Кондратенко А.Н., Олексенко И.А. Особенности планирования мероприятий по капитальным вложениям, направленным на реконструкцию и техническое перевооружение предприятий ракетно-космической промышленности, и по технологическим НИОКР ракетно-космической промышленности в рамках государственных и федеральных целевых программ» // Вестник НПО Техномаш. – 2017. – № 4. – С. 12–18.

5. Кондратенко А.Н., Олексенко И.А., Панов Д.В. О новых подходах и о роли головных научно-исследовательских организаций по планированию и сопровождению реализации государственных и федеральных целевых программ в части производственно-технологического развития ракетно-космической промышленности» // Вестник НПО Техномаш. – 2018. – № 6. – С. 4–9.

6. Закон Российской Федерации О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд (постановление Правительства Российской Федерации от 05.04.2013 № 44-ФЗ, в ред. от 31.07.2020).

7. Бюджетный кодекс Российской Федерации» от 31.07.1998 №145-ФЗ (ред. от 15.02.2016).

8. Об утверждении указаний о порядке применения видов расходов классификации расходов бюджетов для составления проектов федерального бюджета и бюджетов для составления проектов федерального бюджета и бюджетов государственных внебюджетных фондов, начиная с бюджетов на 2012 год (приказ Минфина России от 03.05.2011 №57н).

9. О генеральном конструкторе по созданию ВВСТ (Указ Президента Российской Федерации 18.01.2015 № 18).

10. О руководителе приоритетного технологического направления (Указ Президента Российской Федерации 20.07.2016 № 347).

11. Об утверждении Правил определения размера штрафа, начисляемого в случае ненадлежащего исполнения заказчиком, поставщиком (подрядчиком, исполнителем) обязательств, предусмотренных контрактом (за исключением просрочки исполнения обязательств заказчиком, поставщиком (подрядчиком, исполнителем), и размера пени, начисляемой за каждый день просрочки исполнения поставщиком (подрядчиком, исполнителем) обязательства, предусмотренного контрактом». (Постановление Правительства Российской Федерации от 25.11.2013 № 1063).

Кондратенко Александр Николаевич – канд. техн. наук, эксперт ФГУП «НПО «Техномаш» им С.А. Афанасьева.
Тел.: 8(495) 689–96–90. E-mail: A.Kondratenko@tmnp.ru

Kondratenko Aleksandr Nikolaevich – Ph.D. in Engineering Sciences, Expert of FSUE «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasyev.
Tel.: 8(495) 689–96–90. E-mail: A.Kondratenko@tmnp.ru

УДК 629.78:621.32

Должанский Ю.М., Захаров М.А., Илингина А.В., Кузин А.И., Пушкарёв С.А.
 Dolzhanskiy Y. M., Zakharov M.A., Ilingina A.V., Kuzin A.I., Pushkarev S.A.

Специальное технологическое оборудование для изготовления стекло- и углепластиковых элементов каркасов солнечных батарей космических аппаратов

Special Process Equipment for Space Vehicle's Solar Cell Carriers of Glass and Carbon Fiber Elements Manufacturing

Приведены основные фрагменты информационных паспортов на специальное производственное оборудование, разработанное ФГУП «НПО «Техномаш» в 2020 году для изготовления силовых элементов (профилей и фитингов) каркасов крупногабаритных солнечных батарей перспективных космических аппаратов.

The main fragments of informational data sheets for special process equipment developed by FSUE «NPO «Technomac» in 2020 for the load-bearing members (profiles and fittings) manufacturing of carriers for large-sized solar cells of advanced space vehicles are presented.

Ключевые слова: солнечные батареи КА, производственное оборудование, углепластиковые композиты, намотка.

Keywords: space vehicle's solar cells, fabrication equipment, carbon fiber composites, winding.

В порядке оперативного информирования предприятий отрасли о вновь разработанных ФГУП «НПО «Техномаш» отраслевых технологиях и специальном технологическом оборудовании приводится перечень таких разработок (табл. 1), паспортизованных в 2020 году, и основные сведения о специальном технологическом оборудовании для изготовления намоткой из углекомпозиционных материалов основных силовых элементов конструкций каркасов солнечных батарей перспективных космических аппаратов (КА) различного назначения (паспорта П251/20 и П260/20.

Таблица 1. Технологии и оборудование, паспортизованные в 2020 г.

Название технологии (оборудования)	№ паспорта
<i>технологии намотки ПКМ</i>	
1. Специальное технологическое оборудование для намотки углепластиковых фитингов для каркасов солнечных батарей КА	П251/20
2. Намоточный станок для автоматизированного изготовления углепластиковых профилей для каркасов солнечных батарей КА	П260/20
<i>технологии сварки</i>	
3. Установка для электронно-лучевой сварки в локальном вакууме заготовок шпангоутов и продольных швов обечаек ракет-носителей (РН)	П254/20
4. Установка для электронно-лучевой сварки в общем вакууме крупногабаритных корпусных конструкций изделий ракетно-космической техники (РКТ)	П256/20
5. Установка для электронно-лучевой сварки в локальном вакууме кольцевых швов обечаек диаметром до 3500 мм (проект)	П258/20





<i>физико-химические технологии</i>	
6. Полуавтомат электроэрозионный электрохимический вырезной мод. ЭП310ПВ	П257/20
<i>аддитивные технологии (прямое лазерное выращивание)</i>	
7. Технология изготовления деталей и сборочных единиц РКТ из отечественных металлических порошков методом аддитивных технологий	П255/20
8. Технология изготовления деталей и сборочных единиц РКТ из отечественных металлических порошков аддитивным выращиванием	П259/20



**Государственная корпорация
по космической деятельности
«РОСКОСМОС»**

Федеральное государственное унитарное предприятие
«Научно-производственное объединение «Техномаш»
имени С.А. Афанасьева



**НПО ТЕХНОМАШ
им. С.А.Афанасьева**

Центр научно-технического сопровождения создания изделий РКТ

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПАСПОРТ 251/20

Специальное технологическое оборудование для намотки фитингов для каркасов солнечных батарей космических аппаратов

Разработчик: ФГУП «НПО «Техномаш», 3-й проезд Марьиной Рощи, д. 40, Москва, 127018, Россия.
Соисполнитель: ФГБОУ ВО «ЮРГПУ (НПИ)», Просвещения ул., 132, Новочеркасск, Ростовская обл., 346428, Россия (разработка, изготовление и поставка ПМО и шкафов управления процессом намотки).

Поставщик оборудования: ФГУП «НПО «Техномаш»

Уровень готовности технологии (по ГОСТ Р 57194.1–2016) – УГТ5

Общие сведения: комплект оборудования, 3D компоновка комплекта которого приведена на рис. 1, предназначен для изготовления стекло- и углепластиковых фитингов типа «тройник», «уголок» (рис. 2.) и «крестовина», используемых в конструкциях каркасов солнечных батарей космических аппаратов (БС КА).

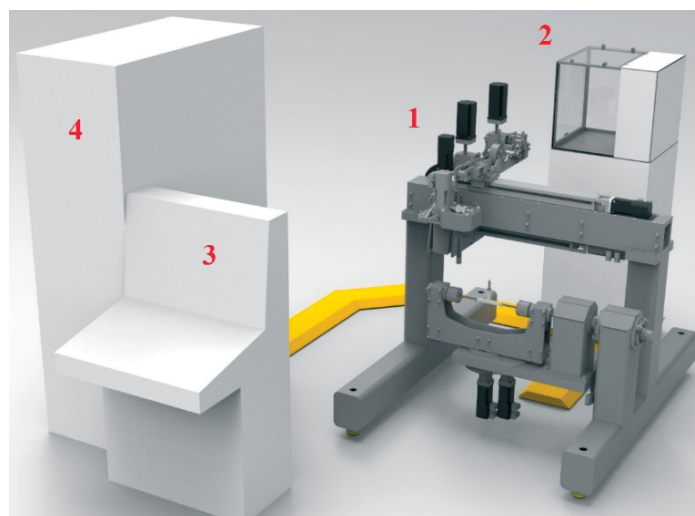


Рис. 1. 3D-компоновка комплекта оборудования: 1 – намоточный станок; 2 – шпулярник; 3 – рабочее место оператора; 4 – шкаф системы управления



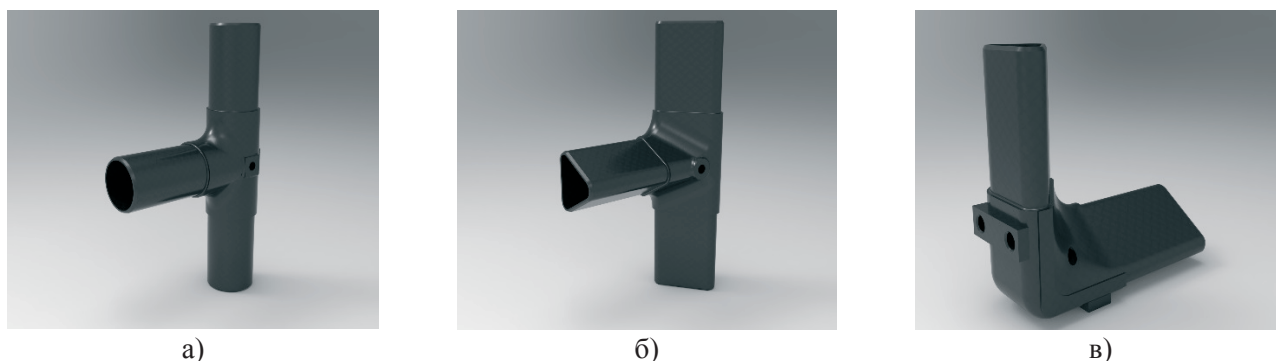


Рис. 2. Типовые формы наматываемых фитингов: а), б) «тройники» круглого и треугольного сечений; в) «уголок» треугольного сечения

Изделия наматываются методом «мокрой» намотки стекло- или углеволокна в автоматизированном режиме с использованием разработанной ФГУП «НПО «Техномаш» системы автоматизированного контроля и регулирования технологических параметров (АСКРТП) процесса намотки.

Непосредственно после намотки ПКМ оснастка для намотки (оправка) устанавливается в специальный (кондуктор) для формирования и формообразования в намотанных заготовках посадочных плоскостей и отверстий, после чего перемещается в печь полимеризации (отверждения).

Сведения об аналогах:

- в России: нет
- за рубежом: сведений нет

Таблица 2. Основные характеристики установки

Характеристика	Значение
– количество рабочих шпупль	2
– рабочая зона намотки, мм	506 x 206 x 216
– углы намотки, град.	0–90
– отклонения от заданного угла намотки, град, не более	±2
– точность укладки ленты, мм	±0,5
– усилие натяжения наматываемой ленты, Н	30–150
– габаритные размеры станка, мм	3000 x 3500 x 2000
– масса станка, кг	550
– питание, ВxГц	380 x 50
– установленная мощность, кВт	12
– площадь размещения комплекта оборудования, м ²	10,5

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПАСПОРТ 260/20

Намоточный станок для автоматизированного изготовления углепластиковых профилей для каркасов солнечных батарей космических аппаратов

Разработчик: ФГУП «НПО «Техномаш», 3-й проезд Марьиной Рощи, д. 40, а/я 131, Москва 127018, Россия.

Соисполнитель: АО «ИСС им. М.Ф. Решетнёва», Ленина ул., д. 52, г. Железногорск, Красноярский край, 662972, Россия (разра-



ботка РКД, изготовление опытного образца станка, отработка технологии намотки заданной номенклатуры профилей, проведение приёмо-сдаточных испытаний опытного образца станка).

Поставщик оборудования: ФГУП «НПО «Техномаш».

Уровень готовности технологии (по ГОСТ Р 57194.1–2016) – УГТ7.

Общие сведения: комплект оборудования (рис. 3) предназначен для изготовления стекло- и углепластиковых профилей треугольного и круглого сечений (рис. 4), используемых в конструкциях каркасов БС КА.

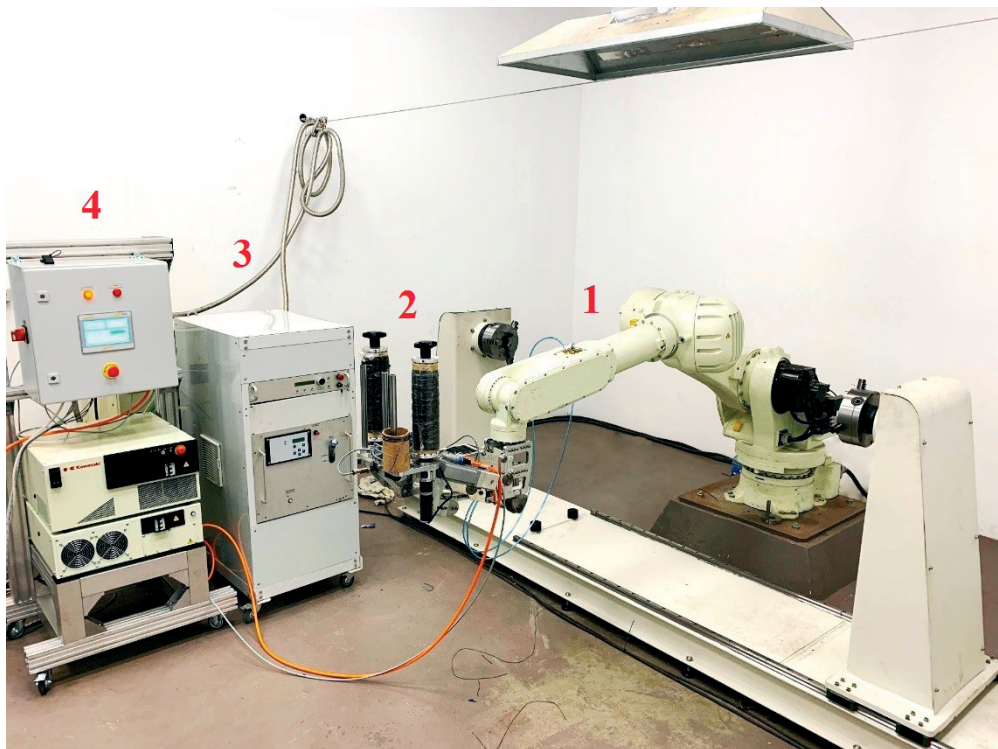
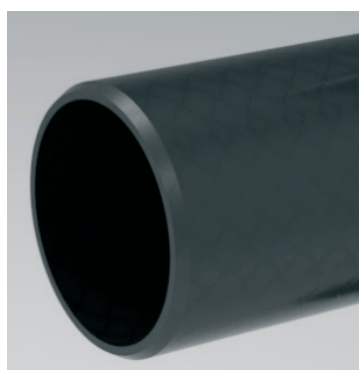
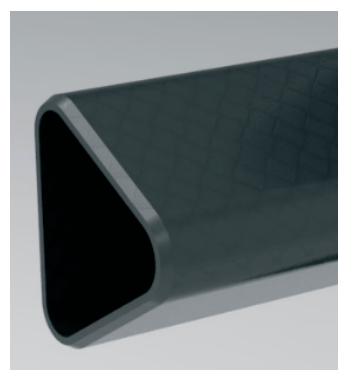


Рис. 3. Внешний вид оборудования:

1 – намоточный станок; 2 – шпулярник; 3 – шкаф системы управления; 4 – рабочее место оператора



а)



б)

Рис. 4. Типовые формы наматываемых профилей:

а) профиль круглого сечения; б) профиль треугольного сечения

Изделия формируются методом «сухой» намотки из стекло- или углеволокна в автоматизированном режиме, при этом в целях размягчения связующего «препрега» в зоне укладки производится

локальный нагрев наматываемого жгута специальной лазерной головкой. После намотки заготовки профилей помещают в специальные оправки («мастер-модели») и отверждают в печах.

Сведения об аналогах:

- в России: нет
- за рубежом: сведений нет

Таблица 3. Основные технические характеристики установки

Характеристика	Значение
геометрические характеристики профилей:	
– профиль сечения	треугольный, круглый
– длина, мм, не более	1500
технические характеристики системы автоматического управления станка:	
– число одновременно управляемых приводов координатных перемещений	до 15
– дискретность задания перемещений, мм/имп	0,01
– диапазон усилий натяжения наматываемых лент, кгс	до 400
– точность стабилизации усилий натяжения, %	2
– диапазон содержания связующего на наматываемой ленте, %	20–60
– точность стабилизации содержания связующего, %	5
– диапазон рабочих температур связующего, °С	40–70
– точность стабилизации температуры связующего, %	2
программно-математическое обеспечение установки:	
– максимальное число управляющих программ	не ограничено
– максимальная «длина» программ намотки	не ограничена
– основной способ подготовки управляющих программ	непосредственно на станке
– проверка правильности кодирования программ намотки	автоматическая
– число управляющих программ	не ограничено
– «длина» программ намотки	не ограничена
питание установки, В	380
– габаритные размеры станка, мм	3500 x 3000 x 2000
– масса, кг	700
– площадь размещения комплекта оборудования, м ²	10,5

Сведения о других паспортизованных технологиях и специальном технологическом оборудовании, разработанных ФГУП «НПО «Техномаш» в последние (2010–2020) годы, могут быть найдены в [1–10].

Библиографический список

1. Бараев А.В., Должанский Ю.М. и др. Информационные паспорта на технологии и специальное технологическое оборудование машиностроительного производства РКП // Вестник «НПО «Техномаш». – 2016. – № 2. – С. 59–64.
2. Бараев А.В., Должанский Ю.М. Электронная паспортизация специального оборудования и производственных технологий, разработанных ФГУП «НПО «Техномаш» в 2010–2015 гг. // Вестник «НПО «Техномаш». – 2017. – № 3. – С. 72–75.
3. Бараев А. В., Должанский Ю. М. и др. Информационные электронные паспорта на технологии и оборудование, разработанные ФГУП «НПО «Техномаш» в 2016 году // Вестник «НПО «Техномаш». – 2017. – № 3. – С. 66–71.



4. Бараев А. В., Должанский Ю. М. и др. Электронная паспортизация технологий и специального оборудования РКП // Технология машиностроения. – 2018. – № 5. – С. 56–60.
5. Бараев А. В., Должанский Ю. М. Информационные электронные паспорта на технологии и специальное оборудование, разработанные ФГУП «НПО «Техномаш» в 2017 году // Вестник «НПО «Техномаш». – 2018. – № 6. – С. 76–80.
6. Бараев А. В., Должанский Ю. М. и др. Технологии и специальное оборудование, разработанные ФГУП «НПО «Техномаш» в 2018 году // Сварочное производство. – 2019. – № 6. – С. 52–56.
7. Бараев А. В., Должанский Ю. М. и др. Информационные электронные паспорта на технологии и специальное оборудование, разработанные ФГУП «НПО «Техномаш» в 2018 году // Технология машиностроения. – 2019. – № 6. – С. 61–68.
8. Бараев А. В., Должанский Ю. М. и др. Информационные электронные паспорта на технологии и специальное оборудование, разработанные ФГУП «НПО «Техномаш» в 2019 году // Вестник «НПО «Техномаш». – 2020. – № 1. – С. 75–85.
9. Бараев А. В., Должанский Ю. М. и др. Информационные электронные паспорта на технологии сварки и специальное сварочное оборудование, разработанные ФГУП «НПО «Техномаш» в 2019 году // Технология машиностроения. – 2020. – № 4. – С. 68–73.
10. Должанский Ю.М., Илингина А.В. и др. Информационные электронные паспорта на технологии и специальное оборудование, разработанные ФГУП «НПО «Техномаш» в 2019 г. (продолжение) // Вестник «НПО «Техномаш». – 2020. – № 2. – С. 44–52.

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

Тел.: 8 (495) 689–97–04, доб. 24–27. E-mail: Dolzhansky.Yu@tmnpo.ru

Dolzhanskiy Yurii Mikhailovich – Doktor Nauk in Engineering, Principal researcher of FSUE «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasyev.

Tel.: 8 (495) 689–97–04, ext. 24–27. E-mail: Dolzhansky.Yu@tmnpo.ru

Захаров Михаил Александрович – начальник отдела ФГУП «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева.

Тел. 8 (495) 689–96–38 доб. 97–17. E-mail: I.Zakharov@tm.fsa

Zakharov Mikhail Aleksandrovich – Department Head of FSUE «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasyev.

Tel.: 8 (495) 689–96–38 ext. 97–17. E-mail: I.Zakharov@tm.fsa

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

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

Ilingina Alla Valeryevna – Center Director of FSUE «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasyev.

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

Кузин Анатолий Иванович – первый заместитель генерального директора ФГУП «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева.

Тел.8 (495) 689–47–33 доб. 25–25. E-mail: A.Kuzin@tmnpo.ru

Kuzin Anatoliy Ivanovich – First Deputy CEO of FSUE «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasyev.

Tel.8 (495) 689–47–33 ext. 25–25. E-mail: A.Kuzin@tmnpo.ru

Пушкарев Сергей Алексеевич – начальник отделения ФГУП «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева.

Тел. 8 (495) 689–96–66 доб. 96–66. E-mail: S.Pushkarev@tmnpo.ru

Pushkarev Sergei Alekseevich – FSUE «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasyev.

Tel.: 8 (495) 689–96–66 ext. 96–66. E-mail: S.Pushkarev@tmnpo.ru

УДК 629.7:006.83

*Устьянцев Е.В., Жуков В.В., Анеллесова М.А., Круглова Ю.В.
Ustiantsev E.V., Zhukov V.V., Apellesova M.A., Kruglova Y. V.*

Результаты и особенности сертификации систем менеджмента качества организаций ракетно-космической промышленности в 2020 году

Results and Special Aspects of the Quality Management Systems Certification at the Aerospace Industry Enterprises in 2020

Рассмотрены актуальные проблемные вопросы (особенности) сертификации (инспекционного контроля) системы менеджмента качества предприятий и организаций, участвующих в создании, производстве, обслуживании и эксплуатации ракетно-космической техники научного, социально-экономического, военного, двойного назначения и боевой ракетной техники стратегического назначения в Федеральной системе сертификации космической техники, проводимой в период эпидемиологической обстановки, связанной с новой коронавирусной инфекцией (COVID-19).

Topical problematic issues (special aspects) of the quality management system certification (supervisory control) of enterprises and organizations involved in the engineering, manufacturing, maintenance and operation of scientific, socio-economic, military, dual-purpose aerospace hardware and strategic missile technology in the Federal Certification System of Aerospace Hardware, carried out during the period of the epidemiological situation associated with the new coronavirus infection (COVID-19), are considered.

Ключевые слова: сертификация, система менеджмента качества, инспекционный контроль, аудит.

Keywords: certification, quality management system, supervisory control, audit.

Орган по сертификации систем менеджмента качества (ОС СМК) ФГУП «НПО «Техномаш» функционирует более 24 лет и предоставляет услуги по проведению сертификации (инспекционному контролю) систем менеджмента качества (СМК) предприятиям и организациям, участвующим в создании, производстве, обслуживании, эксплуатации и утилизации ракетно-космической техники (РКТ) научного, социально-экономического, военного, двойного назначения и боевой ракетной техники стратегического назначения в Федеральной системе сертификации космической техники (ФСС КТ).

В настоящее время ОС СМК ФГУП «НПО «Техномаш» сертифицированы СМК 14 предприятий и организаций, участвующих в создании и производстве изделий РКТ.

В соответствии с правилами ФСС КТ предприятия и организации, имеющие сертифицированные СМК, обязаны ежегодно проходить инспекционный контроль СМК на соответствие требованиям документов в области СМК применительно в заявленной области деятельности.

В соответствии с графиком проведения сертификационных работ ОС СМК ФГУП «НПО «Техномаш» на 2020 год запланирован аудит СМК: АО НИЧ «МАТИ», АО «ЦНИИмаш», АО «МЗЭМА», АО «Спутниковая система «Гонец», ООО «НПП «ТАИС», ПАО «ОДК-Кузнецов», АО «Металлист-Самара», АО «ЦСКТ», ООО «ИСТРА», АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева» и его филиалы, АО «УКВЗ», АО «КБхиммаш им. А.М. Исаева», ЗАО «КИА Системы», ФГАОУ ВО РУДН.



В связи с эпидемиологической ситуацией 2020 года особенностью проведения инспекционного контроля СМК стало комплексное использование «аудита на месте», документарной проверки и дистанционного метода.

Основой использования документарной проверки и дистанционного метода явилось широкое применение средств и методов информационных технологий с учетом требований нормативно-правовых документов как национального уровня, так и внутренней документации ОС СМК (в том числе по работе с конфиденциальной информацией): использование компьютерных программ и электронных форм документов, взаимодействие с помощью электронной почты, в режимах онлайн-трансляций и др.

Также апробировано применение к оценке соответствия организаций риск-ориентированного мышления.

Для выполнения мероприятий по оценке возможности организации внедрена автоматизированная проверка результатов самооценки. Результаты оценки имеют установленное численное значение.

Анализ численных показателей с использованием статистических методов позволил осуществить удаленную оценку в зависимости от полученных показателей. Пример графического отображения результатов численной оценки приведен на рис.

Использование данных методов в комплексе позволило выполнять договорные обязательства с соблюдением установленного в Российской Федерации режима социального дистанцирования и ограничений прямых контактов.

Метод «аудита на месте» использовался в обязательном порядке при проведении инспекционного контроля СМК ведущих предприятий и организаций, областью деятельности которых является непосредственно разработка и производство сложной высокотехнологичной РКТ, ввиду необходимости проверки «на месте» таких сложных элементов СМК, как технологическое и метрологическое обеспечение, организация системы производства.

Работы ОС СМК за 2020 год выполнены в полном объеме и в установленные сроки.

Таблица расчета коэффициентов степени влияния ($k_{вл}$)

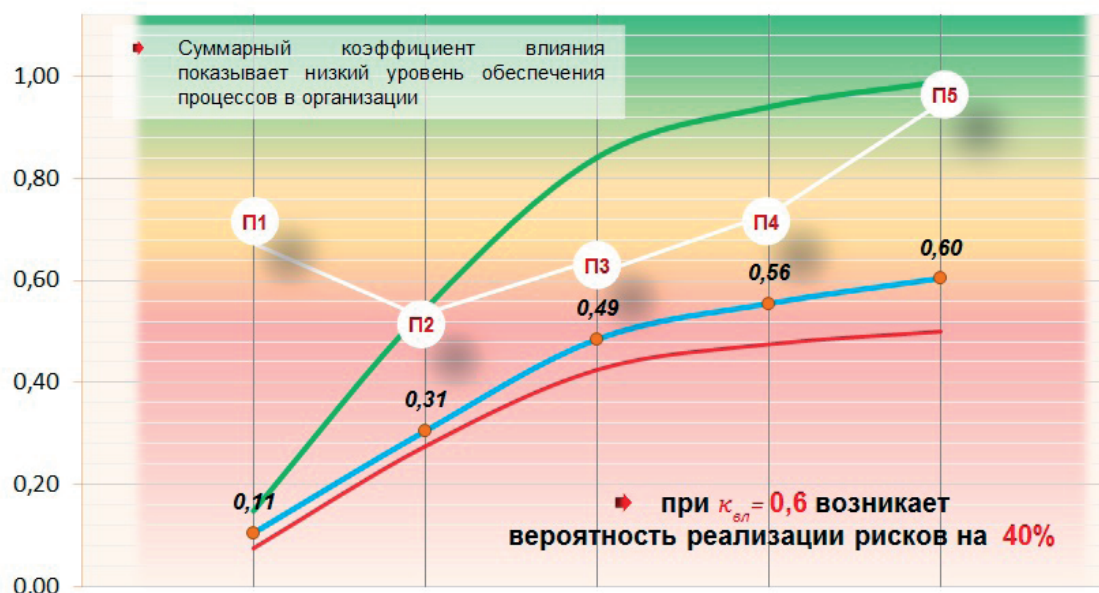


Рис. Таблица расчета коэффициентов: П1-П5 оцениваемые процессы обеспечения создания изделий

Устьянцев Евгений Валерьевич – начальник отделения, руководитель органа по сертификации ФГУП «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева.
Тел.: 8(495) 689–96–35, доб. 96–35. E-mail: E.Ustjancev@tmnpo.ru
Ustiantsev Evgeniy Valeryevich – Division Head, Certification Authority Chief of FSUE «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasyev.
Tel.: 8(495) 689–96–35, ext. 96–35. E-mail: E.Ustjancev@tmnpo.ru

Жуков Владимир Владимирович – руководитель направления ФГУП «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 FSUE «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasyev.
Tel.: 8(495) 689–95–94, ext. 23–93. E-mail: V.Zhukov@tmnpo.ru

Апеллесова Мария Алексеевна – специалист ФГУП «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева.
Тел.: 8(495) 689–95–55, доб. 95–55. E-mail: apellesova@mail.ru
Apellesova Maria Alekseevna – Specialist of FSUE «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasyev.
Tel.: 8(495) 689–95–55, ext. 95–55. E-mail: apellesova@mail.ru

Круглова Юлия Васильевна – специалист ФГУП «НПО «Техномаш».
Тел.: 8(495) 689–95–55, доб. 95–55. E-mail: yuliya-frolova-1987@mail.ru
Kruglova Yulia Vasilievna – Specialist of FSUE «NPO «Technomac».
Tel.: 8(495) 689–95–55, ext. 95–55. E-mail: yuliya-frolova-1987@mail.ru

Для заметок

УДК 629.7:658.562

Дорохов Е.Т., Круглов И.А., Жуков В.В., Тарасов А.В.
Dorokhov E. T., Kruglov I.A., Zhukov V.V., Tarasov V.V.

Обеспечение технологической дисциплины на предприятиях ракетно-космической промышленности в 2020 году

Process Discipline Assurance at the Aerospace Industry Enterprises in 2020

Статья посвящена результатам проведенного анализа причин нарушений технологической дисциплины, выявленных при изготовлении изделий ракетно-космической техники организациями Госкорпорации «Роскосмос».

The paper is devoted to the results of the causes analysis of process discipline violations identified during the aerospace hardware manufacturing by the enterprises of State Space Corporation Roscosmos.

Ключевые слова: мероприятия, технологическая дисциплина, качество.

Keywords: efforts, process discipline, quality.

Обеспечение технологической дисциплины в процессе производства является одним из важнейших элементов комплексной системы обеспечения качества и надежности выпускаемой продукции.

Целью контроля технологической дисциплины (КТД) является предупреждение возможных нарушений технологических процессов, исключение производственного брака, повышение стабильности качества выпускаемой продукции, предотвращение преждевременного выхода из строя оборудования и технологической оснастки, предупреждение производственного травматизма, уменьшение издержек производства и повышение культуры производства, улучшение производственного процесса и охраны окружающей среды.

Нормативно-правовой базой для контроля соблюдения технологической дисциплины и стабильности производства изделий ракетно-космической техники (РКТ) являются требования Положения РК-98-КТ, РК-11-КТ, ГОСТ РВ 0015–002–2012 «Государственный военный стандарт. Система разработки и постановки на производство военной техники», ОСТ 134–1028–2012 с изм.1 «Ракетно-космическая техника. Требования к системам менеджмента качества предприятий, участвующих в создании, производстве и эксплуатации изделий», осново-

полагающих национальных стандартов в области обеспечения качества, а также руководящих документов Госкорпорации «Роскосмос».

В соответствии с распоряжением Госкорпорации «Роскосмос» от 23.11.2018 № РД-437-рсп «О мерах по повышению технологической дисциплины при изготовлении ракетно-космической техники» (далее – Распоряжение) на основе проведения анализа причин нарушений технологической дисциплины, выявленных при изготовлении изделий ракетно-космической техники, организациями Госкорпорации «Роскосмос» разработаны планы мероприятий по повышению уровня технологической дисциплины на 2019 год, направленных на предупреждение выявленных отказов и дефектов на стадии изготовления и испытаний.

Распоряжение направлено в адрес 63 организаций в соответствии с указателем рассылки, утвержденным заместителем директора Департамента обеспечения качества и надежности ракетно-космической и боевой ракетной техники Госкорпорации «Роскосмос».

35 организаций ракетно-космической промышленности (РКП) представили во ФГУП «НПО «Техномаш» разработанные планы мероприятий для контроля выполнения и анализа эффективности их реализации.

В целях совершенствования организационной основы разработано 316 мероприятий:

– обеспечение сбалансированных значений ключевых показателей эффективности, связанных с выполнением плана выпуска продукции, и ключевых показателей эффективности, связанных с качеством продукции, в технологических службах и производственных подразделениях (запланировано на 15 предприятиях);

– обеспечение финансовой конкурентоспособности уровня заработной платы работников, в обязанность которых входит выполнение и контроль особо ответственных технологических процессов (операций) (запланировано на 15 предприятиях);

– мероприятия, направленные на мотивацию за качественный труд, выявление несоответствий в производственных процессах и выдача рекомендаций по их устранению (несоответствия в технологической документации, отсутствие оснастки, инструментов, оборудования и т.д.) (запланированы на 13 предприятиях);

– обеспечение численности контролеров и их квалификации, исходя из трудоемкости и

сложности контрольных технологических операций (запланировано на 18 предприятиях);

– внедрение практики докладов исполнителей о невозможности выполнения технологических операций (по причине несоответствия в технологической документации, отсутствия оснастки, инструментов, оборудования) (запланировано на 15 предприятиях);

– обучение исполнителей (с учетом видов изготавливаемой продукции и выполняемых операций) для замещения должностей, исполнение обязанностей по которым требует высокой квалификации, проведение плановой аттестации исполнителей (запланировано на 36 предприятиях).

Из общего числа запланированных мероприятий выполнено полностью – 202, выполнено частично – 14, перенесены сроки выполнения – 2, отменено – 8, не выполнено – 5, не представлена информация о 85 разработанных мероприятиях.

Общее количество нарушений технологической дисциплины за III квартал 2020 года – 7778. Нарушения технологической дисциплины, зафиксированные на предприятиях, представлены в виде диаграмм на рис. 1–4.

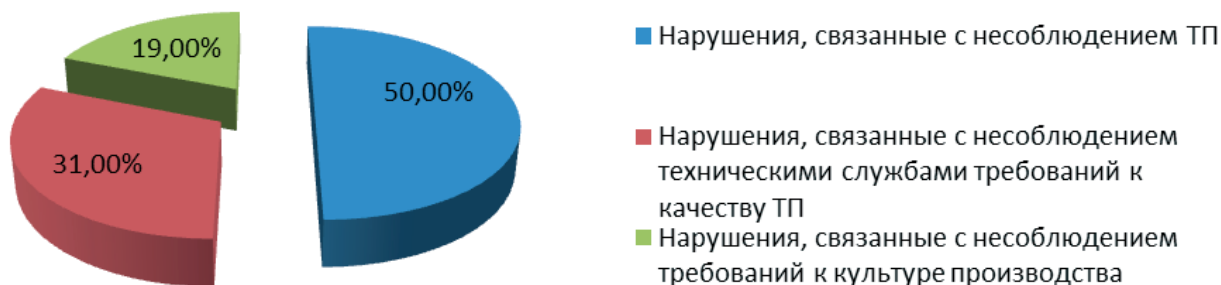


Рис. 1. Виды нарушений технологической дисциплины за III квартал 2020 года

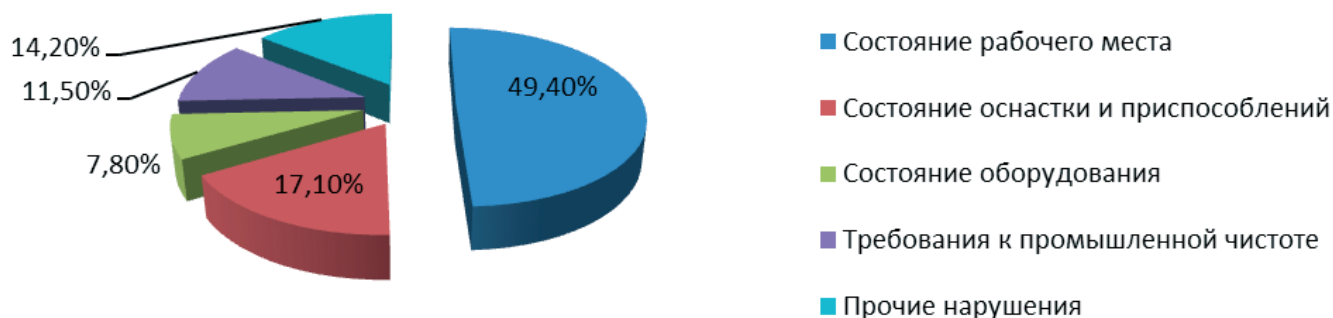


Рис. 2. Виды нарушений технологической дисциплины, связанных с культурой производства в 2020 году





Рис. 3. Виды нарушений технологической дисциплины, связанных с несоблюдением требований технологического процесса в 2020 году

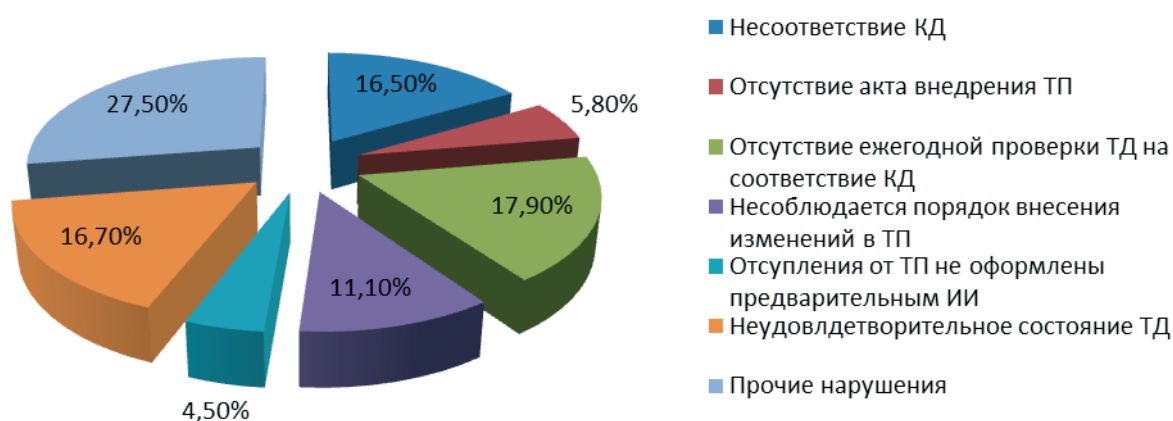


Рис. 4. Виды нарушений технологической дисциплины, связанных с несоблюдением техническими службами требований к качеству технологических процессов

По результатам анализа данных о состоянии технологической дисциплины установлено, что основными нарушениями являются:

- невыполнение на рабочем месте требований технологических процессов, чертежей на выполняемую работу, отсутствие технологической документации на рабочем месте;
- неправильное оформление сопроводительной документации (не оформлена, отсутствует, не закрыта предыдущая операция);
- использование оборудования, приспособлений, режущего инструмента и средств измерений, не указанных в технологических процессах;

- непроведение ежегодной проверки технологического процесса на соответствие конструкторской документации согласно графикам;
- неудовлетворительное состояние рабочего места исполнителя (наличие посторонних предметов, тары, неучтенных чертежей, оснастки);
- неудовлетворительное состояние технологической оснастки и приспособлений.

При составлении мероприятий по повышению уровня технологической дисциплины целесообразно разработать мероприятия по снижению влияния указанных факторов.

Дорохов Евгений Тимофеевич – ведущий специалист ФГУП «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева.
Тел.: 8(495) 689–95–94, доб. 95–94. E-mail: E.Dorohov@tmnpo.ru
Dorokhov Evgeniy Timofeevich – Leading Specialist of FSUE «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasyev.
Tel.: 8(495) 689–95–94, ext. 95–94. E-mail: E.Dorohov@tmnpo.ru

Круглов Игорь Александрович – заместитель директора центра ФГУП «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 FSUE «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasyev.
Tel.: 8(495) 689–95–94, ext. 23–09. E-mail: I.Kruglov@tmnpo.ru

Жуков Владимир Владимирович – руководитель направления ФГУП «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 FSUE «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasyev.
Tel.: 8(495) 689–95–94, ext. 23–93. E-mail: V.Zhukov@tmnpo.ru

Тарасов Андрей Валентинович – специалист центра ФГУП «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева.
Тел.: 8(495) 689–95–55, доб. 95–55. E-mail: adres88@hotmail.com
Tarasov Andrei Valentinovich – Specialist of FSUE «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasyev.
Tel.: 8(495) 689–95–55, ext. 95–55. E-mail: adres88@hotmail.com

Для заметок

УДК 629.7:006:389

*Поморцев П.М., Киреев Д.Г., Лесниченко Р.И.
Pomortsev P.M., Kireev D.G., Lesnichenko R.I.*

Развитие нормативно-правовой базы метрологического обеспечения ракетно-космической промышленности

Development of the Rules and Regulations for Metrological Support of the Aerospace Industry

Рассмотрены направления и пути развития нормативно-правовой базы метрологического обеспечения ракетно-космической техники в свете проводимых преобразований законодательства в области обеспечения единства измерений.

The areas and ways of the rules and regulations development for metrological support of the aerospace hardware in terms of the ongoing legislative reforms in the field of measurements uniformity assurance are considered.

Ключевые слова: метрологическое обеспечение, обеспечение единства измерений, нормативно-правовая база, ракетно-космическая промышленность, ракетно-космическая техника.

Keywords: metrological support, measurements uniformity assurance, rules and regulations, aerospace industry, aerospace hardware.

Эффективность метрологического обеспечения перспективной ракетно-космической техники (РКТ) во многом зависит от состояния его нормативной основы – нормативно-правовой базы, представляющей собой совокупность нормативных правовых актов, руководящих и нормативных документов, содержащих правила, принципы и характеристики, касающиеся обеспечения единства измерений и метрологического обеспечения ракетно-космической промышленности (РКП).

Основу нормативно-правовой базы метрологического обеспечения РКП составляют документы по стандартизации отраслевой системы обеспечения качества (ОСМОК) [1].

Современный этап развития нормативно-правовой базы метрологического обеспечения РКП обусловлен проводимыми в стране работами по реализации «регуляторной гильотины», в результате которых состоялись пересмотр и отмена ряда нормативных правовых актов в области обеспечения единства измерений [2–6].

В целях развития отраслевой нормативной базы в Программу развития (совершенствования) системы метрологического обеспечения ракетно-космической техники на период до 2025 года (утверждена Госкорпорацией «Роскосмос» 04.08.2020) (далее – Программа) включен ряд соответствующих мероприятий:

1. Разработка соглашения о взаимодействии Госкорпорации «Роскосмос» и Росстандарта в сфере метрологического обеспечения создания, производства и эксплуатации (применения) космических комплексов.

2. Разработка Положения об особенностях метрологического обеспечения создания, производства и эксплуатации (применения) РКТ двойного и военного назначения.

3. Разработка типовых требований к метрологическому обеспечению, включаемых в проекты тактико-технических заданий (технических заданий) (ТТЗ (ТЗ)) на выполнение опытно-конструкторских работ (ОКР) по созданию космических систем (космических комплексов) и их изделий, технологий (мате-

риалов) и специального технологического обеспечения; научно-исследовательских работ; аванпроектов (технических предложений).

4. Проверка документов по стандартизации (ДС) в области метрологического обеспечения на соответствие современному научно-техническому уровню.

5. Актуализация (пересмотр) документов ОСМОК и других документов по стандартизации в области метрологического обеспечения РКТ.

6. Разработка документов по стандартизации в области метрологического обеспечения РКТ и обеспечения единства измерений в РКП по направлениям:

- организация (координация) работ по метрологическому обеспечению РКТ и обеспечению единства измерений в РКП;

- метрологическое обеспечение датчиковой преобразующей аппаратуры, автоматизированных систем управления технологических процессов, средств неразрушающего контроля;

- организация метрологической экспертизы, разработки и испытаний изделий РКТ;

- контроль выполнения установленных в ТТЗ (ТЗ) требований к метрологическому обеспечению и др.

7. Разработка стандартов Госкорпорации «Роскосмос» серии «Система калибровки», а также методик калибровки средств измерений, применяемых в процессе создания изделий РКТ.

8. Разработка (актуализация) и аттестация методик (методов) измерений параметров изделий РКТ.

Во исполнение Программы и в соответствии с Программами национальной стандартизации в течение последних двух лет организациями РКП разработана группа национальных стандартов в области метрологического обеспечения РКТ, соответствующих современному научно-техническому уровню и требованиям действующего законодательства Российской Федерации в области обеспечения единства измерений [7–12].

Наряду с национальными стандартами за тот же период переработано девять документов по стандартизации в области метрологиче-

ского обеспечения РКТ [13–21]. В 2020 году начата разработка (актуализация) восьми документов по стандартизации в области метрологического обеспечения РКТ [22–29], а также стандартов Госкорпорации «Роскосмос» серии «Система калибровки», устанавливающих основы перспективной отраслевой системы калибровки:

- требования к выполнению калибровочных работ, к калибровочным лабораториям и калибровочным знакам (изготовление, применение, хранение, уничтожение);

- порядок организации и проведения процедуры оценки и подтверждения компетентности организаций при выполнении калибровочных работ, регистрации организаций в системе калибровки;

- порядок организации и проведения аттестации экспертов-метрологов по калибровке из числа специалистов метрологических служб организаций РКП;

- порядок организации и проведения инспекционного контроля за деятельностью калибровочных лабораторий, зарегистрированных в системе калибровки.

Разработка ведется с учетом опыта калибровочных работ в Госкорпорации «Росатом», ОАО «РЖД», ОАО «ОАК», а также наработок организаций РКП.

Происходящие изменения законодательства в области обеспечения единства измерений, разработка и введение в действие новых документов по стандартизации национального и отраслевого уровня обуславливают необходимость развития и постоянного совершенствования важнейшего звена нормативной основы метрологического обеспечения организаций РКП – стандартов организаций (документированных процедур), устанавливающих мероприятия (процессы) метрологического обеспечения, характерных для конкретной организации.

Рассмотренные приоритетные направления и пути развития нормативно-правовой базы в области обеспечения единства измерений и метрологического обеспечения РКП позволят создать эффективную нормативную основу создания качественной РКТ.



Библиографический список

1. Поморцев П.М., Шломин М.А. Особенности совершенствования нормативного обеспечения системы метрологического обеспечения создания изделий ракетно-космической техники // Вестник «НПО «Техномаш». – 2018. – № 8. – С. 76–77.
2. Об обеспечении единства измерений: Федеральный закон Российской Федерации от 26.06.2008 № 102-ФЗ: принят Государственной Думой 11.06.2008: одобрен Советом Федерации 18.06.2008 (ред. от 08.12.2020).
3. Об утверждении перечня измерений, относящихся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений: постановление Правительства Российской Федерации от 16.11.2020 № 1847.
4. Об утверждении критериев аккредитации и перечня документов, подтверждающих соответствие заявителя, аккредитованного лица критериям аккредитации: приказ Минэкономразвития России от 26.10.2020 № 707.
5. Об утверждении порядка проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке: приказ Минпромторга России от 31.07.2020 № 2510.
6. Об утверждении порядка установления и изменения интервала между поверками средств измерений, порядка установления, отмены методик поверки и внесения изменений в них, требований к методикам поверки средств измерений: приказ Минпромторга России от 28.08.2020 № 2907.
7. ГОСТ Р 58274–2018. Системы космические. Метрологическое обеспечение технологической подготовки производства. – М.: Стандартинформ, 2018. – 12 с.
8. ГОСТ Р 59156–2020. Ракетно-космическая техника. Содержание и порядок изложения требований к метрологическому обеспечению в техническом задании. – М.: Стандартинформ, 2020. – 12 с.
9. ГОСТ Р 59157–2020. Ракетно-космическая техника. Конструкторская и технологическая документация. Правила согласования с метрологической службой. – М.: Стандартинформ. – 2020. – 12 с.
10. ГОСТ Р 59158–2020. Ракетно-космическая техника. Планирование метрологического обеспечения космических комплексов. Основные положения. – М.: Стандартинформ, 2020. – 16 с.
11. ГОСТ Р 59159–2020. Ракетно-космическая техника. Метрологическое обеспечение разработки. Основные положения. – М.: Стандартинформ, 2020. – 12 с.
12. ГОСТ Р 59160–2020. Ракетно-космическая техника. Метрологическое обеспечение производства. Основные положения. – М.: Стандартинформ, 2020. – 12 с.
13. ОСТ 92–1371–99. Отраслевая система метрологического обеспечения качества. Изделия ракетно-космической техники. Метрологическое обеспечение разработки. – М.: НПО «Техномаш», 1999. – 60 с.
14. РД 92–0335–97. Методические рекомендации. Метрологический контроль за испытательным оборудованием. Основные положения. – М.: НПО «Техномаш», 1999. – 60 с.
15. ОСТ 92–4279–80. Отраслевая система метрологического обеспечения качества. Преобразователи измерительные. Методика определения метрологических характеристик. – Пенза: НИИФИ, 2007. – 35 с.
16. РД 134–0157–2007. Датчики и преобразующая аппаратура ракетно-космической техники. Формы и методы подтверждения соответствия. – Пенза: НИИФИ. – 1980. – 40 с.
17. ОСТ 92–4286–89. Отраслевая система метрологического обеспечения качества. Изделия ракетно-космической техники. Порядок проведения метрологической экспертизы технической документации. – М.: НИИТМ, 1989. – 65 с.
18. ОСТ 92–4327–80. Отраслевая система метрологического обеспечения качества. Конструкторская и технологическая документация. Правила согласования с метрологической службой. – М.: НИИТМ, 1980. – 15 с.

19. ОСТ 92–4353–81. Отраслевая система метрологического обеспечения качества. Толщиномеры вихретоковые теплозащитных покрытий. Методы и средства метрологической аттестации и поверки. – М.: НИИТМ, 1981. – 33 с.

20. ОСТ 92–4429–2002. Отраслевая система метрологического обеспечения качества. Измерительный контроль и измерения. Требования к сведениям, включаемым в конструкторскую документацию. – М.: ФГУП «НПО «Техномаш», 2002. – 21 с.

21. ОСТ 92–9635–87. Отраслевая система метрологического обеспечения качества. Метрологическое обеспечение испытаний изделий. Общие требования. – НИИХИММАШ, 1987. – 23 с.

22. ОСТ 92–4323–86. ОСМОК. Методика выполнения измерений. Алгоритмы оценивания погрешностей измерений. – М.: НИИТМ, 1986. – 43 с.

23. ОСТ 92–4324–86. ОСМОК. Методика выполнения измерений. Требования к содержанию, оформлению и метрологической аттестации. – М.: НИИТМ, 1986. – 43 с.

24. ОСТ 92–4505–84. АСУ ТП. ИИС. Расчет метрологических характеристик ИК по метрологическим характеристикам их компонентов. Состав информации и математическая обработка. – М.: НИИТМ, 1984. – 80 с.

25. ОСТ 92–1077–83. Методы представления и хранения информации о метрологических характеристиках агрегатных средств, используемых в составе АСУ ТП. – М.: НИИТМ, 1983. – 19 с.

26. ОСТ 92–4986–2000. ОСМОК. Изделия ракетной и ракетно-космической техники. Основные положения по метрологическому контролю и надзору. М.: НПО «Техномаш», 2000. – 31 с.

27. ОСТ 92–4284–88. ОСМОК. Основные положения. – М.: НИИТМ, 1988. – 29 с.

28. РД 92–0137–87. Методические указания. Контроль точности технологических систем по показателям качества изготовления. – М.: НИИТМ, 1987. – 37 с.

29. ОСТ 92–4325–86. ОСМОК. Методика выполнения измерений. Программа экспериментальных исследований погрешностей измерения. – М.: НИИТМ, 1986. – 30 с.

Поморцев Павел Михайлович – кандидат технических наук, доцент, начальник центра АО «ЦНИИ-маш».

Тел.: 8(495) 513–54–41. E-mail: metrolog@tsniimash.ru

Pomortsev Pavel Mikhailovich – Ph.D. in Engineering Sciences, Assoc. Prof., Center Head of JSC «TsNIIMash».

Tel.: 8(495) 513–54–41. E-mail: metrolog@tsniimash.ru

Лесниченко Роман Иванович – кандидат технических наук, начальник отдела АО «ЦНИИ-маш».

Тел.: 8(495) 513–48–38. E-mail: metrolog@tsniimash.ru

Lesnichenko Roman Ivanovich – PhD in Engineering sciences, Department Head of JSC «TsNIIMash».

Tel.: 8(495) 513–48–38. E-mail: metrolog@tsniimash.ru

Киреев Дмитрий Геннадьевич – кандидат технических наук, начальник отдела АО «ЦНИИ-маш».

Тел.: 8(495) 513–54–61. E-mail: metrolog@tsniimash.ru

Kireev Dmitriy Gennadievich – PhD in Engineering sciences, Department Head of JSC «TsNIIMash».

Tel.: 8(495) 513–54–61. E-mail: metrolog@tsniimash.ru



УДК 658.5:330.47

Зобов Ю.А., Бельх И.Н.
Zobov Y.A., Belykh I.N.

Задачи развития цифровой корпоративной культуры в рамках цифровой трансформации организаций ракетно-космической промышленности

Objectives of a Digital Corporate Culture Development in the framework of Digital Transformation at the Aerospace Industry Enterprises

Рассмотрена текущая ситуация и различные подходы к развитию цифровой корпоративной культуры в рамках разработки стратегии цифровой трансформации организаций ракетно-космической промышленности. Сформулированы базовые принципы построения цифровой корпоративной культуры с учётом специфики деятельности, определена роль ФГУП «НПО «Техномаш» в цифровой трансформации организаций отрасли.

The current situation and various approaches to the digital corporate culture development in the framework of digital transformation in the aerospace industry enterprises are considered. The basic principles of the digital corporate culture building, taking into account the specifics of activities, are formulated, the role of FSUE «NPO «Technomac» in the digital transformation of industry enterprises is determined.

Ключевые слова: цифровая корпоративная культура, стратегия цифровой трансформации, цифровые навыки, цифровые компетенции, новые производственные технологии.

Keywords: digital corporate culture, digital transformation strategy, digital practices, digital competencies, new production technology.

С принятием в 2019 году Стратегии цифровой трансформации Государственной корпорации по космической деятельности «Роскосмос» на период до 2025 года и перспективу до 2030 года [1] (далее – Стратегия ЦТ), разработанной в целях формирования основ для осуществления поддержки конкурентоспособности ракетно-космической промышленности (РКП) в долгосрочной перспективе, перед организациями РКП поставлена задача разработки собственных (или синхронизации уже имеющихся) стратегий и программ цифровой трансформации.

Методические рекомендации по разработке стратегии цифровой трансформации организаций Госкорпорации «Роскосмос» (далее – Методические рекомендации), направленные организациям РКП в 2020 году, предусматривали три этапа реализации Стратегии ЦТ [2]:

- этап 1: 2020–2021 годы;
- этап 2: 2022–2025 годы;
- этап 3: 2026–2030 годы.

Определены пять ключевых направлений преобразований организаций, согласующихся с основными направлениями цифровизации, сформулированными в Стратегии ЦТ:

- 1) цифровая система управления;
- 2) цифровизация производства и жизненного цикла изделия;
- 3) цифровая система управления данными;
- 4) цифровые продукты и сервисы;
- 5) цифровая корпоративная культура.

Направление «Цифровая корпоративная культура» подразумевает «создание корпоративной системы по обеспечению организаций Госкорпорации «Роскосмос» персоналом с необходимыми цифровыми компетенциями, включая поиск, отбор, обучение и повышение квалификации персонала в области использования цифровых технологий, а также формирование профильных учебных программ». В списке задач направления, приведённом в Методических рекомендациях, основной акцент делается на фор-

мировании требований и развитии необходимых цифровых компетенций персонала, создании базы знаний и экспериментальных полигонов для внедрения цифровых технологий, развитии механизмов взаимодействия с научными и образовательными учреждениями, исследовательскими организациями и стартапами. Указанный список не является исчерпывающим.

В ноябре 2020 г. Министерством цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации выпущены Методические рекомендации по цифровой трансформации государственных корпораций и компаний с государственным участием, в которых предусматривается иная структура разделов и направлений стратегии цифровой трансформации.

В частности, рекомендации к содержанию включают в себя отдельный раздел «Кадры, компетенции и культура для цифровой трансформации госкомпаний», близкий по смыслу и содержанию к направлению «Цифровая корпоративная культура» Методических рекомендаций Госкорпорации «Роскосмос», но трактующий данное направление несколько шире и включающий в себя подразделы [3]:

- «Модель цифровых компетенций и кадрового обеспечения цифровой трансформации, оценка потребности в кадрах»;
- «Обучение цифровым навыкам и развитие цифровых компетенций сотрудников»;
- «Управление сотрудниками цифровых специальностей»;
- «Мероприятия по развитию цифровой культуры и культуры информационной безопасности».

Последний подраздел, в частности, включает в себя такие инициативы, как внедрение клиентоориентированных подходов в работе, практик работы в условиях постоянно меняющихся требований (agile) и дизайн-мышления, внедрение продуктово-ориентированного подхода в работе, сервисов обратной связи для работников госкомпаний.

Как видим, в методических рекомендациях Минцифры России понятие цифровой культуры трактуется шире и подразумевает внедрение прогрессивных подходов и практик работы, заимствованных из сферы ИТ-компаний

и стартапов в качестве отдельного, самостоятельного блока мероприятий.

Данный подход имеет особую ценность для организаций РКП, так как структура ракетно-космической отрасли, с подавляющим преобладанием государственных предприятий, не способствует внедрению подходов и практик, отличающихся от традиционных, «водопадных» методов проектного управления. В то же время конкуренция на рынке коммерческих запусков и продукции гражданского назначения, необходимость повышения операционной эффективности, снижения себестоимости и сроков разработки и производства изделий вынуждают обратить внимание на опыт США, Европы и Китая. В этих странах аутсорсинг производства и разработки РКТ, стимуляции создания и поощрения деятельности «космических» стартапов, применения заимствованных из ИТ-сферы управленческих практик подтверждают свою результативность.

Методические рекомендации Госкорпорации «Роскосмос» предоставляют организациям возможность самостоятельно определять цели и задачи Стратегии ЦТ, исходя из особенностей организации и тех эффектов, которые планируется получить при ее реализации – повышение показателей выручки, доли на рынке, эффективности и результативности деятельности, развитие человеческого капитала и иных. При этом рекомендуется применять подход, ориентированный на достижение стратегических целей как организации Госкорпорации «Роскосмос», так и самой Госкорпорации «Роскосмос». Кроме того, на базе отраслевых головных научно-исследовательских организаций Стратегией ЦТ предусматривается создание центров цифровых технологий, отвечающих за поиск, отбор и внедрение сквозных цифровых технологий.

С учётом вышеизложенного и отраслевого позиционирования ФГУП «НПО «Техномаш» целесообразно при разработке направления «Цифровая корпоративная культура» Стратегии ЦТ предприятия исходить из логики методических рекомендаций Минцифры России.

Таким образом, выполнение мероприятий по направлению «Цифровая корпоративная культура» должно обеспечивать:



- достижение целевых показателей эффективности работы предприятия;

- выполнение ключевых функций головной научно-исследовательской организации Госкорпорации «Роскосмос» по технологиям производства РКТ и метрологическому обеспечению её производственно-технологической базы, в том числе в части внедрения новых производственных технологий, современных практик и методов управления производством, формированию цифровой производственной культуры отрасли;

- рост привлекательности и конкурентоспособности предприятия как работодателя.

Текущий уровень цифровой зрелости предприятия – недостаточный уровень использования цифровых технологий и средств автоматизации, наличие разнородного программного обеспечения, недостаточное количество персонала цифровых специальностей для разработки специализированного программного обеспечения – является ограничивающим фактором для выполнения этих задач.

В то же время ФГУП «НПО «Техномаш» обладает компетенциями в области построения полнофункциональных систем цехового уровня управления (MES – Manufacturing Execution System) и является держателем систематизированного массива данных, формируемых по итогам ежегодной производственно-технологической паспортизации организаций Госкорпорации «Роскосмос». В компетенции предприятия входит выработка и согласование мероприятий по техническому перевооружению организаций РКП на основе данных, полученных от предприятий-инициаторов приобретения оборудования или в результате проведенных технологических, в том числе «цифровых», аудитов. Всё это наряду с доступом к лучшим практикам построения цифровой корпоративной культуры организаций и корпораций, экспертизе научно-исследовательских организаций и ИТ-компаний, расположенных в Москве и ЦФО, должно послужить базой для цифровой трансформации предприятия.

Развитие корпоративной цифровой культуры должно производиться с учётом специ-

фики деятельности предприятия и отрасли в целом:

- научный и поисковый характер деятельности предприятия и отрасли в целом, на стыке научных знаний и новых сквозных цифровых и производственных технологий, не предполагающих высокой серийности и длительного выпуска однотипной продукции;

- высокая конкуренция на мировом рынке РКТ, оборудования и технологий, требующая быстрого вывода на рынок новых продуктов и внедрения новых технологических разработок;

- высокая ответственность за своевременное выполнение государственного оборонного заказа, этапов НИР и ОКР;

- наличие жёстких отраслевых стандартов, регламентирующих порядок документооборота, регламентов разработки и постановки на производство новой техники, отработки технологии, методов контроля и испытаний РКТ и технологического оборудования;

- роль предприятия не только как головной научно-исследовательской организации отрасли по технологическому и метрологическому обеспечению производства РКТ, но и как держателя и разработчика целого ряда отраслевых и профессиональных стандартов, института верификации и согласования планов развития и модернизации производства организаций Госкорпорации «Роскосмос»;

- высокие требования к обеспечению информационной безопасности, соблюдению режимов государственной, коммерческой и служебной тайны;

- расположение предприятия в Москве, обладающей высоким информационным потенциалом и развитой цифровой средой;

- наличие большого количества высших учебных заведений, осуществляющих подготовку и переподготовку специалистов в области цифровой трансформации и сквозных цифровых технологий, с одной стороны, и большого количества привлекательных для высококвалифицированных работников работодателей с высоким уровнем развития цифровой и корпоративной культуры, с другой;

- необходимость опоры на собственные каналы формирования портфеля заказов и ис-

точники средств, поиск возможностей диверсификации деятельности предприятия в условиях сокращения государственного финансирования.

С учётом изложенной специфики целесообразно рассматривать этапы создания цифровой корпоративной культуры ФГУП «НПО «Техномаш» не только как отдельно взятого предприятия в рамках общей Стратегии ЦТ отрасли, но и как площадки:

1) для проработки отдельных элементов цифровой корпоративной культуры РКП, сквозных цифровых решений и новых производственных технологий, соответствующих требованиям и условиям производства РКТ;

2) их пилотного внедрения;

3) анализа и выработки отраслевой концепции внедрения;

4) стандартизации;

5) обучения инженерно-технического персонала организаций отрасли эффективным методам внедрения сквозных цифровых технологий в производстве РКТ, формирования групп «агентов изменений» в организациях РКП.

Базовые принципы, которые, исходя из этой логики, должны быть положены в основу построения цифровой корпоративной культуры предприятия:

1) максимальное использование доступных ресурсов и опыта ведущих научно-образовательных центров, высокотехнологичных компаний, внедренческих и инновационных предприятий, расположенных в Москве, широкое сотрудничество с ними в целях минимизации капитальных вложений;

2) акцент на изучение и отработку технологий облачных вычислений и сервисов, аутсорсинга, роботизации и автоматизации бизнес- и производственных процессов, современных гибких методов управления при одновременном соблюдении требований информационной безопасности предприятия и технологического обеспечением надёжности изделий;

3) отбор, адаптация и пилотирование исключительно цифровых решений и технологий, пригодных к тиражированию на все предприятия и организации отрасли, вместо

использования локальных ограниченных решений;

4) формализация полученных результатов и эффектов, применение сравнительных, количественных, а не качественных оценок итогов апробации и пилотирования цифровых решений и технологий;

5) трансляция структурированного опыта, рекомендаций, методик и стандартов другим организациям Госкорпорации «Роскосмос» и инженерно-техническим работникам отрасли;

6) учёт отраслевого и внутрироссийского опыта развития организационных культур, акцент на импортозамещение не только программного обеспечения и оборудования, но и методов управления коллективом и бизнес-процессами;

7) создание дружелюбной и клиентоцентричной цифровой среды, развитие культуры «внутреннего клиента», стимулирование потребностей, обучение и удовлетворение запросов пользователей вместо директивного внедрения изменений, сбор и использование обратной связи от всех участников изменений.

На основе данных принципов разработаны отдельные мероприятия и проекты, предлагаемые к включению в Стратегию ЦТ предприятия в рамках направления «Цифровая корпоративная культура» [4–5]. Мероприятия и проекты распределены по четырем подразделам и двум уровням – собственно уровню предприятия, т.е. тестирования и пилотирования решений и технологий цифровой трансформации, и уровню дальнейшего тиражирования на остальные организации отрасли (табл.):

1) модель цифровых компетенций и кадрового обеспечения цифровой трансформации, оценка потребности в кадрах;

2) обучение цифровым навыкам и развитие цифровых компетенций работников;

3) управление работниками цифровых специальностей;

4) мероприятия по развитию цифровой культуры и культуры информационной безопасности.



Таблица. Перечень отдельных мероприятий и проектов Стратегии ЦТ ФГУП «НПО «Техномаш» по направлению «Цифровая корпоративная культура»

Подраздел	Этап 1. «Задел» 2020–2021	Этап 2. «Реализация» 2022–2025	Этап 3. «Развитие» 2026–2030	Уровень
1. Модель цифровых компетенций и кадрового обеспечения цифровой трансформации, оценка потребности в кадрах	<p>Разработка целевой модели цифровых компетенций персонала предприятия.</p> <p>Выработка подхода к привлечению кадров для цифровой трансформации и оценка потребностей в кадрах с учётом целевой модели</p>	<p>Внедрение практики поиска, отбора, оценки и привлечения персонала на Предприятие на основе модели цифровых компетенций.</p> <p>Формирование актива «лидеров цифровой трансформации» Предприятия. Внедрение роботизации и автоматизации в регулярные бизнес-процессы Предприятия</p>	<p>Формирование прогностной модели цифровых компетенций персонала, необходимых для решения перспективных, будущих задач предприятия.</p> <p>Создание постоянно действующей системы подготовки, поиска, оценки и привлечения персонала с учётом прогностной модели</p>	Предприятие
	<p>Разработка типовой целевой модели цифровых компетенций инженерно-технических работников организаций РКП с учётом отраслевой специфики.</p> <p>Проведение оценки и аудита уровня развития цифровых компетенций инженерно-технических работников организаций отрасли, изучения запросов пользователей на изменение цифровой среды, обучение и цифровую трансформацию</p>	<p>Трансляция методик поиска, отбора, оценки и привлечения персонала на основе модели цифровых компетенций на организации отрасли.</p> <p>Корректировка действующих и разработка новых отраслевых профессиональных стандартов с учётом целевой модели цифровых компетенций, автоматизации и роботизации.</p> <p>Формирование отраслевого актива «лидеров цифровой трансформации»</p>	<p>Формирование прогностной модели цифровых компетенций инженерно-технического персонала, необходимых для решения перспективных технологических задач отрасли.</p> <p>Создание постоянно действующей отраслевой системы подготовки, поиска, оценки и привлечения ИТР с учётом прогностной модели, начиная с детского возраста, в регионах присутствия Госкорпорации «Роскосмос»</p>	

Подраздел	Этап 1. «Задел» 2020–2021	Этап 2. «Реализация» 2022–2025	Этап 3. «Развитие» 2026–2030	Уровень
2. Обучение цифровым навыкам и развитие цифровых компетенций работников	<p>Формирование центра развития цифровых компетенций инженерно-технических работников организаций РКП. Разработка и запуск программ обучения цифровым компетенциям, необходимым для реализации Стратегии ЦТ, персонала Предприятия и работников организаций РКП. Разработка и запуск отдельных программ на базе собственных и сторонних ресурсов для обучения руководителей Предприятия цифровым навыкам и компетенциям, методам и подходам к цифровой трансформации предприятий</p> <p>Разработка отраслевых учебных программ по развитию цифровых навыков и компетенций инженерно-технологов и технических специалистов и внедрению новых производственных технологий. Привлечение образовательных и технологических партнёров к развитию цифровых компетенций работников организаций отрасли</p>	<p>Обучение персонала Предприятия разработке и внедрению новых технологий, продуктов и сервисов, основанных на сквозных цифровых технологиях, системному подходу к цифровой трансформации производства, гибким методам управления, модернизации производственных и бизнес-процессов, навыкам дизайн-мышления, клиентоцентричности. Обучение осуществляется на основе компетентностного подхода и целевой модели цифровых компетенций работника</p> <p>Организация системного отраслевого обучения цифровым навыкам и компетенциям, необходимым инженерно-техническим работникам отрасли для реализации Стратегии ЦТ, внедрению новых производственных технологий, модернизации производственных и бизнес-процессов</p>	<p>Создание виртуальной среды обучения. Разработка и реализация программ для широкого круга желающих, интересующихся вопросами цифровой трансформации машиностроительного производства. Обучение отобранных по результатам оценки компетенций сотрудников Предприятия навыкам тренерской деятельности в области цифровой трансформации с распространением имеющегося опыта на другие высокотехнологичные отрасли и предприятия и выходом на международный рынок</p> <p>Организация на базе Предприятия системы стажировок инженерно-технических работников отрасли в ведущих цифровых и высокотехнологичных компаниях России и мира. Создание единой образовательной среды и базы технологических знаний для инженерно-технического персонала Госкорпорации «Роскосмос»</p>	<p>Предприятие</p> <p>Отрасль</p>

Подраздел	Этап 1. «Задел»	Этап 2. «Реализация»	Этап 3. «Развитие»	Уровень
	2020–2021	2022–2025	2026–2030	
3. Управление работниками цифровых специальностей	<p>Определение потребностей в работниках цифровых специальностей и возможностей их привлечения на условиях работы в офисе, удалённой работы и фриланса. Использование возможностей, предоставляемых федеральными проектами «Кадры для цифровой экономики», «Социальные лифты для каждого», «Молодые профессионалы», «Адресная поддержка повышения производительности труда на предприятиях» и др., заключение партнёрских соглашений с институтами развития.</p> <p>Использование хакатонов и конкурсов для решения частных цифровых задач предприятия</p>	<p>Формирование и обучение проектных команд для реализации задач цифровой трансформации Предприятия и внедрения новых производственных технологий, включающих руководителей продуктов и проектов, специалистов по анализу данных и бизнес-процессов, фронтенд- и бэкендразработчиков, дизайнеров, тестировщиков ПО, системных администраторов и инженеров. Создание комфортной среды и конкурентоспособной системы материальной и нематериальной мотивации ИТ-специалистов. Формирование системы целевого набора, подготовки и адаптации ИТ-специалистов</p>	<p>Формирование облика привлекательного работодателя для ИТ-специалистов, формирование кадрового резерва. Разработка модели привлечения и использования внешних проектных команд и отдельных специалистов. Кратное увеличение доли работников цифровых специальностей по сравнению с административным и технологическим персоналом Предприятия. Формирование личных цифровых образовательных траекторий, организация стажировок ИТ-специалистов Предприятия в ведущих российских и мировых высокотехнологичных компаниях и участия в профильных сообществах</p>	Предприятие
	<p>Проведение анализа обеспеченности организаций Госкорпорации «Роскосмос» работниками цифровых специальностей, организации управления ими, формирование единой базы таких работников и разработка единой отраслевой биржи цифровых задач</p>	<p>Запуск отраслевой биржи цифровых задач – аналога платформы «Профессионалы 4.0», разработка правил допуска на неё внешних команд и специалистов, участников проекта «Профстажировки-2.0» и других студенческих проектов</p>	<p>Создание возможностей и регламентов для удалённой работы и решения задач организаций ИТ-специалистами отрасли.</p> <p>Создание механизмов стажировок, внутриотраслевой ротации и развития работников цифровых специальностей</p>	

Подраздел	Этап 1. «Задел» 2020–2021	Этап 2. «Реализация» 2022–2025	Этап 3. «Развитие» 2026–2030	Уровень
4. Мероприятия по развитию цифровой культуры и культуры информационной безопасности	<p>Разработка и запуск программ обучения персонала клиенто-ориентированным подходам в работе, дизайн-мышлению, теории «внешних» и «внутренних» клиентов, адаптированных к применению в РКП. Внедрение продуктоориентированного подхода в работе. Разработка сервисов быстрой обратной связи для работников и клиентов Предприятия. Формирование культуры постоянных улучшений, повышения вовлеченности и удовлетворённости работников и разработка соответствующих КПЭ для руководителей. Трансформация корпоративной культуры Предприятия из «культуры правил» в «культуру успеха»</p> <p>Трансляция выработанных методик и подходов по трансформации культуры технологических и производственных служб другим организациям Госкорпорации «Роскосмос» и разработка общепромышленных рекомендаций</p>	<p>Внедрение клиенто- и продуктоориентированного подхода в работе и методов дизайн-мышления. Применение методик CJM и Custdev к работе с внешними и внутренними клиентами. Разработка и запуск программ обучения персонала Предприятия практикам работы в условиях постоянно меняющихся требований (agile), «бережливых стартапов» (lean startup), ТРИЗ, адаптированных к применению в РКП. Формирование agile-команд в проектных подразделениях Предприятия. Трансформация корпоративной культуры Предприятия из «культуры успеха» в «культуру согласия»</p> <p>Разработка программ обучения, рекомендаций, регламентов и стандартов для технологических и технических специалистов применению «гибких» методов управления в разработке и производстве РКТ</p>	<p>Переход от сетевого планирования проектов по методу «водопада» к органичному сочетанию agile-практик и традиционных для РКП методов управления проектами. Создание в рамках Предприятия системы поощрения предпринимательской инициативы работников и акселератора технологических инициатив. Распространение единой корпоративной культуры на заказчиков и поставщиков и создание совместных проектных команд. Формирование в проектных подразделениях «культуры творчества», стимулирующей самореализацию работников и допускающей их «право на ошибку»</p> <p>Формирование совместных проектных команд с другими организациями Госкорпорации «Роскосмос» для создания прорывных технических решений, предоставление своих специалистов по управлению такими командами</p>	<p>Предприятие</p> <p>Отрасль</p>





По срокам реализации мероприятия разделены на три этапа в соответствии с логикой, заложенной в Стратегии ЦТ Госкорпорации «Роскосмос» – «Задел» (2020–2021), «Реализация» (2022–2025) и «Развитие» (2026–2030). Аналогичная структура может быть принята и для других направлений цифровой трансформации предприятия – построения цифровой системы управления, цифровизации производства и жизненного цикла изделия, создания цифровой системы управления

данными, развития цифровых продуктов и сервисов. При этом каждое из направлений должно быть взаимосвязано с остальными – без соответствующего кадрового обеспечения и изменения управленческих практик трудно представить построение и функционирование эффективной цифровой системы управления. По итогам реализации первого этапа Стратегии ЦТ ФГУП «НПО «Техномаш» планируется корректировка отдельных мероприятий и проектов по этапам 2 и 3.

Библиографический список

1. Стратегия цифровой трансформации Государственной корпорации по космической деятельности «Роскосмос» на период до 2025 года и перспективу до 2030 года. – М., 2019. – 37 с.
2. Методические рекомендации по разработке стратегий цифровой трансформации организаций Государственной корпорации по космической деятельности «Роскосмос». – М., 2019. – 31 с.
3. Методические рекомендации по цифровой трансформации государственных корпораций и компаний с государственным участием. Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации. – М., 2020. – 66 с.
4. Модель компетенций команды цифровой трансформации в системе государственного управления. Под ред. Шклярук М.С., Гаркуши Н.С. – М.: РАНХиГС, 2020. – 84 с.
5. Стратегия цифровой трансформации: написать, чтобы выполнить. Под ред. Е.Г. Потаповой, П.М. Потеева, М.С. Шклярук. М.: РАНХиГС, 2021. – 184 с.

Зобов Юрий Александрович – руководитель проекта Центра координации деятельности ФГУП «НПО «Техномаш» и предприятий РКП.
Тел.: 8 (495) 689–95–33 доб. 23–66. E-mail: Yu.Zobov@tmnpo.ru.
Zobov Yuriy Aleksandrovich – Project Manager of the Activity Coordination Center of FSUE «NPO «Technomac» and Aerospace Industry Enterprises.
Tel.: 8(495) 689–95–33 ext. 23–66. E-mail: Yu.Zobov@tmnpo.ru.

Белых Игорь Николаевич – исполнительный директор по стратегической трансформации и диверсификации ФГУП «НПО «Техномаш».
Тел.: 8 (495) 689–97–77. E-mail: I.Belyh@tmnpo.ru.
Belykh Igor Nikolaevich – Executive Director for Strategic Transformation and Diversification of FSUE «NPO «Technomac».
Tel.: 8(495) 689–97–77. E-mail: I.Belyh@tmnpo.ru.



УДК 658.5:378

Зобов Ю.А., Омигов Б.И.
Zobov Y.A., Omigov B.I.

Вопросы формирования целевой модели технических компетенций и развития отраслевой системы подготовки инженерных кадров

Topics of Technical Competency Target Model Formation and Industrial System Development for Engineering Staff Training

Проанализирована текущая ситуация с подготовкой и повышением квалификации инженерно-технического персонала ракетно-космической отрасли. Предложены подходы к формированию структуры целевой модели компетенций инженера-технолога (технического специалиста), определению базовых технических компетенций, перечня решаемых задач и уровней готовности. Сформулированы пути развития технических компетенций специалистов организаций ракетно-космической промышленности, определена роль в этом процессе ФГУП «НПО «Техномаш» как головной научно-исследовательской организации Госкорпорации «Роскосмос» по технологиям создания изделий ракетно-космической техники и метрологическому обеспечению её производственно-технологической базы.

The current situation with the training and skill level raising of engineering and technical staff in the aerospace industry is analyzed. Approaches to the structure formation for a competency target model of a process engineer (technical specialist), the definition of basic technical competencies, a list of objectives to be solved and levels of readiness are proposed. The ways of technical competencies development for the enterprise's specialists in the aerospace industry are formulated, the role of FSUE «NPO «Technomac» as a main research enterprise of the State Space Corporation Roscosmos in the technologies for aerospace hardware engineering and metrological support of its production and process base is determined.

Ключевые слова: модель компетенций, технические компетенции, профессиональные компетенции, инженер-технолог, повышение квалификации.

Keywords: competency model, technical competence, professional competence, process engineer, skill level raising.

Ракетно-космическая отрасль, ввиду специфики своей продукции (малая серийность, высокие требования к надежности изделий, сложность условий эксплуатации), а также жесткой конкуренции на коммерческом рынке, выдвигает особые требования к уровню подготовки инженерных кадров. Технологическое развитие ракетно-космической промышленности (РКП) требует не только создания современной инфраструктуры, сформированной с использованием новой техники и технологий, созданных за счет научно-технологических инноваций, но и привлечения высококвалифицированных кадров, призванных обеспечить конкурентоспособность отрасли.

Задачи непрерывной подготовки кадров и повышения квалификации постоянно находятся в фокусе внимания руководства государства и Госкорпорации «Роскосмос» [1]. Расширяется объем целевой подготовки специалистов в вузах, формируются резервы управленческих кадров для предприятий отрасли и оборонно-промышленного комплекса (ОПК) в целом, ведётся работа по внедрению практик бережливого производства. Положения о необходимости создания единой отраслевой системы непрерывной подготовки кадров (как управленцев, так и технических специалистов) включены в проект Стратегии



развития Госкорпорации «Роскосмос» до 2025 года и перспективу до 2030 года.

Вместе с тем приходится констатировать отсутствие единой отраслевой системы «послевузовской» подготовки именно инженеров-технологов (специалистов по сварке, пайке, неразрушающему контролю, аддитивным технологиям, заготовительному производству и пр.). Зачастую обучение технологов сводится к прохождению обязательного краткосрочного обучения вопросам охраны труда, противопожарной защиты, других подобных направлений, не относящихся к основной профессиональной деятельности инженеров. Организации РКП вынуждены либо организовывать подготовку своих специалистов самостоятельно, либо обращаться в вузы и организации, действующие в их регионах. Это приводит к тому, что инженеры-технологи предприятий зачастую говорят «на разных языках», осложнён внутриотраслевой обмен опытом по применяемым технологиям и технологическим инновациям. Ниша развития профессиональных, технических компетенций внутри отрасли остаётся незанятой.

Кроме того, и в целом на рынке не представлены системные программы переподготовки и

повышения квалификации, которые бы способствовали профессиональному развитию специалистов-технологов ракетно-космической отрасли (рис. 1). Если для управленцев разного уровня предлагаются программы повышения квалификации, профессиональной переподготовки различного уровня и продолжительности – MBA (Master of Business Administration), EMBA (Executive master of Business Administration), DBA (Doctor of Business Administration), основанные на западном опыте и методиках обучения, то для инженеров подобные программы в России практически отсутствуют [2]. При этом роль инженерных решений в высокотехнологичных отраслях промышленности является не менее важной, чем управленческих. Отставание в подготовке инженерных кадров приводит к общему технологическому отставанию отрасли. Именно инновационные инженерные, технические и технологические решения определяют эффективность и конкурентоспособность продукции и организации в целом. Таким образом, представляется целесообразным создание «технического» аналога MBA и EMBA – для переподготовки и повышения квалификации действующих и опытных инженеров отрасли.

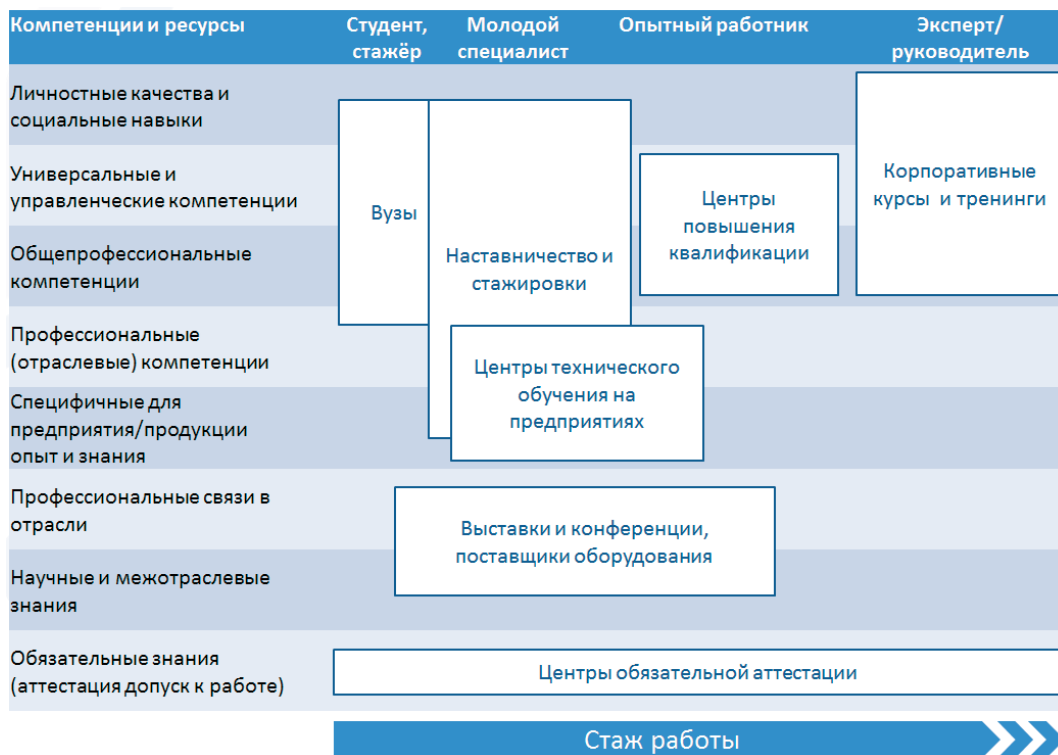


Рис. 1. Существующая структура предложения на рынке подготовки инженерно-технического персонала

Ещё одной проблемой профессионального обучения является отсутствие единой методологии и терминологии в обучении инженеров [3, 4]. В настоящее время в России действует более 60 утверждённых профессиональных стандартов, относящихся к ракетно-космической отрасли, и более десяти федеральных государственных образовательных стандартов (ФГОС). Типовые требования к инженеру-технологу описаны в едином квалификационном справочнике должностей, который является основой для формирования должностных инструкций.

При этом требования к подготовке инженера-технолога в документах сформулированы в разных концепциях. В справочнике описаны должностные обязанности специалиста и перечень знаний. В профессиональных стандартах речь идёт о выполняемых трудовых функциях, действиях, необходимых знаниях и умениях. Во ФГОС применяются термины компетентностного подхода – программы должны сформировать у выпускника универсальные, профессиональные и общепрофессиональные компетенции. Кроме того, в отличие от программ бакалавриата и специалитета в образовательных стандартах уровня магистратуры жёстко сформулированы только универсальные и общепрофессиональные компетенции. Перечень обязательных и рекомендуемых профессиональных компетенций образовательное учреждение должно формировать самостоятельно на основе трудовых функций, перечисленных в профессиональных стандартах. Сочетание того, что учебные программы зачастую составляют не отраслевые специалисты, а преподаватели вузов, и количество профессиональных стандартов значительно превышает количество ФГОС, причём профессиональные стандарты значительно более специализированы и детализированы, неизбежно приводит к разрыву между уровнем подготовки выпускника вуза и требованиями, предъявляемыми предприятиями к специалистам [5, 6].

Целесообразно сформировать целевую модель компетенций инженерно-технических работников отрасли, в частности инженеров-технологов, которая стала бы универсальной для отрасли, могла адаптироваться с учётом требований к квалификации работника и специфики предприя-

тий, а также максимально полно учитывала соответствие подготовки инженера-технолога уровню решаемых задач. Формирование такой модели позволило бы комплексно подходить не только к первоначальной подготовке и отбору, но и к дальнейшему развитию работников, целенаправленно создавать программы обучения, переподготовки и повышения квалификации, готовить кадровый резерв для предприятий и отрасли.

До определения отдельных компетенций и формирования модели необходимо договориться о терминологии, так как термин «компетенция» в разных странах и сферах деятельности понимается по-разному. «Американский» подход определяет компетенции как описание поведения: компетенция – это основная характеристика работника, обладая которой, он способен демонстрировать правильное поведение и добиваться высоких результатов в [7]. «Европейский» подход определяет компетенции как описание рабочих задач или ожидаемых результатов: компетенции – это способность работника действовать в соответствии со стандартами, принятыми в организации. В этом смысле европейский подход ближе к российским образовательным стандартам. Есть относительно устоявшееся понимание, что такое «компетенции управленца», универсальные и личностные компетенции (так называемые «soft skills»), но отсутствует общепринятая, устоявшаяся формулировка, что такое профессиональные, технические компетенции («hard skills»).

В целях раскрытия темы статьи под **«компетенцией»** понимается **способность и готовность специалиста успешно действовать при решении определённого круга задач**, то есть включает в себя внутреннюю мотивацию специалиста. Таким образом, необходимые компетенции могут быть определены через сами задачи и оценены уровнем готовности к их решению (обычно выделяют от трех до десяти уровней). Кроме того, предлагается рассмотреть целевую модель, которая в отличие от общепринятых моделей включала бы в себя не только общие и личные, но и профессиональные, узкоспециализированные знания и навыки, мотивацию и профессиональные связи, а также дополнялась ресурсами, необходимыми работнику для выполнения производственных задач (рис. 2). Что это за задачи?





Рис. 2. Предлагаемая целевая модель компетенций и ресурсов инженера-технолога РКП

Применительно к работе инженера-технолога (в широком смысле этого слова, включая технических и научных специалистов предприятий, занимающихся сваркой, пайкой, неразрушающим контролем, заготовительным производством и т.д.) можно выделить четыре основных блока задач:

- 1) разработка и внедрение новых технологий, инновационное технологическое обеспечение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИР, ОКР, НИОКР);
- 2) разработка, отработка, внедрение и документирование технологических процессов;
- 3) обеспечение и сопровождение производственных технологических процессов;

4) повышение эффективности производства, внедрение практик бережливого производства.

Способность и готовность работника к выполнению данных типов задач можно соответственно охарактеризовать через четыре базовые профессиональные (технические) компетенции (рис. 3):

- 1) новаторство (изобретательство, рационализаторство) и создание новых технологий;
- 2) отработка и внедрение новых (уже разработанных) технологических решений;
- 3) поддержка и планирование, сопровождение производства;
- 4) совершенствование процесса производства.



Рис. 3. Базовые профессиональные компетенции инженера-технолога РКП

На следующем уровне детализации можно выделить различные блоки задач, для каждого из которых требуется сформировать у технолога способность и готовность их решать. В табл. 1–4 приведены примеры такой детализации (на раз-

ных предприятиях и для разных подразделений и должностей может и должен быть свой набор компетенций), на рис. 4–7 – примеры оценки инженера-технолога на соответствие указанным компетенциям.

Таблица 1. Детализация компетенции «Новаторство и создание новых технологий»

Н	Новаторство и создание новых технологий
Н1	Проведение НИОТР, ОКР по разработке новых технологий и нового технологического оборудования
Н2	Изучение характеристик и образцов изделий конкурентов, технологический реинжиниринг
Н3	Отработка конструкций изделий на технологичность. Технологический контроль конструкторской документации
Н4	Проведение экспериментальных работ по освоению новых технологических процессов и оборудования, внедрению их в производство
Н5	Проведение испытаний и внедрение в производство новых видов оснастки, средств механизации и автоматизации, инструмента и расходных материалов
Н6	Проведение патентных исследований, составление патентных и лицензионных паспортов, заявок на изобретения и промышленные образцы, подача рацпредложений
Н7	Разработка и корректировка стандартов предприятия и отраслевых стандартов, регламентирующих технологические процессы производства и испытаний
Н8	Разработка предложений по изменению конструкции и замене материалов изделий на базе применения новых технологий производства
Н9	Разработка предложений по использованию производственных технологий и мощностей для диверсификации производства



Рис. 4. Оценка инженера-технолога по компетенции «Новаторство и создание новых технологий» (пример)

Таблица 2. Детализация компетенции «Тиражирование технологических решений»

Т	Тиражирование технологических решений
T1	Анализ конструкторской документации, технических условий на новые изделия, выделение новых конструктивных элементов и технологических требований
T2	Выбор и технико-экономическое обоснование последовательности операций и технологии изготовления
T3	Выбор и технико-экономическое обоснование применяемого оборудования и оснастки
T4	Документирование и согласование принятых технологических решений
T5	Моделирование технологического процесса изготовления, определение технологических требований
T6	Технико-экономический расчёт оптимальных режимов выполнения технологических процессов
T7	Определение оптимальных объёмов, выбор и разработка методов и средств контроля и испытаний изделий
T8	Разработка технических заданий на специальную оснастку, инструмент и нестандартное оборудование
T9	Подготовка цифровых моделей заготовки, изделия, оборудования, оснастки, инструмента, разработка и отладка постпроцессоров и управляющих программ для оборудования с ЧПУ
T10	Разработка, оформление и согласование технологической и сопроводительной документации
T11	Отработка и внедрение разработанного технологического процесса в производство, корректировка технологической документации
T12	Разработка необходимых технологических регламентов и инструкций по всем этапам жизненного цикла изделий



Рис. 5. Оценка инженера-технолога по компетенции «Тиражирование технологических решений» (пример)

Таблица 3. Детализация компетенции «Поддержка и планирование производства»

П	Поддержка и планирование производства
П1	Поддержка разработки технически обоснованных норм времени (выработки) и нормативов материальных затрат и нормирования сложности операций
П2	Расчёт производственных мощностей и загрузки оборудования, потребности в материальных и трудовых ресурсах
П3	Поддержка составления линейных и сетевых графиков производства, планирования снабжения и производства
П4	Составление планов размещения оборудования и маршрутов движения деталей
П5	Определение объёма и методов входного контроля и испытаний покупных комплектующих изделий и материалов
П6	Формирование технических требований к оборудованию, оснастке, инструменту и расходным материалам, определение объёма и методов контроля и испытаний
П7	Формирование технических требований к производственным услугам сторонних организаций, определение объёма и методов контроля и испытаний
П8	Технологическое сопровождение производства, обеспечение и контроль стабильности технологических процессов производства



Рис. 6. Оценка инженера-технолога по компетенции «Поддержка и планирование производства» (пример)

Таблица 4. Детализация компетенции «Совершенствование процесса производства»

С	Совершенствование процесса производства
С1	Осуществление ежегодной проверки соответствия технологической документации требованиям КД и ТД и выдача заключений о годности
С2	Корректировка технологической документации по извещениям об изменениях конструкторской документации
С3	Контроль соблюдения технологической дисциплины, требований охраны труда и промышленной безопасности на производстве, правильной эксплуатации технологического оборудования
С4	Формирование и ведение базы знаний по применяемым технологическим процессам, оборудованию, оснастке и инструменту
С5	Анализ, оптимизация и унификация применяющихся технологических процессов, оборудования, оснастки и инструмента
С6	Анализ причин отклонений, брака и рекламаций, разработка мероприятий по их предупреждению и устранению
С7	Изучение и применение передового отечественного и зарубежного опыта в области технологии и организации производства
С8	Обучение производственного персонала применению новых технологических процессов, оборудования, инструмента и оснастки, аттестация персонала
С9	Документирование и ведение базы данных технологических параметров изготовления и результатов испытаний изделий
С10	Разработка и внедрение цифровых двойников изделий, оборудования, технологических процессов и производства в целом
С11	Соблюдение требований информационной безопасности и режима секретности в отношении сведений, составляющих государственную и коммерческую тайну



Рис. 7. Оценка инженера-технолога по компетенции «Поддержка и планирование производства» (пример)

Данный список может быть изменён в зависимости от уровня технологического развития организации, специфики применяемых технологий в подразделении, а также изменяться по категориям и должностям инженера-технолога по мере расширения его полномочий и зоны ответственности. Соответственно, требования к уровню развития технических компетенций должны отличаться для разных задач, предприятий и работников. Предлагается выделить четыре основных уровня оценки готовности и способности инженера к решению технологических задач:

1) работник теоретически знает, как решать задачу, но не всегда готов и способен это сделать на практике;

2) работник готов и способен решать задачи, проявляет это при выполнении поручений или наличии инструкций;

3) работник способен самостоятельно формулировать перед собой задачи и решать их, опираясь на стандарты-описания возможных задач и путей их решений;

4) работник способен самостоятельно выделять и предвидеть проблемы, формулировать задачи, риски и ограничения, находить возможные пути решения, вырабатывать стандарты действий и доводить их до других работников (обучать выработанным им методам решения).

ФГУП «НПО «Техномаш», являясь ГНИО РКП по технологиям создания изделий РКТ и метрологическому обеспечению её производственно-технологической базы, видит одну из своих задач в развитии профессиональных, технических компетенций специалистов организаций РКП (рис. 8).

В качестве инструмента для решения этой задачи предлагается создание Центра развития технологических компетенций РКП – общей площадки развития технологических компетенций для всех организаций и всего технологического сообщества отрасли (рис. 9).

Одним из первых шагов в рассматриваемом направлении стало проведение 25–29 января 2021 года на территории ФГУП «НПО «Техномаш» первого пилотного научно-практического семинара «Современные методы и средства неразрушающего контроля в производстве РКТ». В работе семинара приняли участие семнадцать представителей от семи организаций и предприятий ракетно-космической отрасли Московского региона: АО «НПО Энергомаш имени академика В.П. Глушко», АО «ГКНПЦ имени М.В. Хруничева», АО «Корпорация «Московский институт теплотехники», ФГУП «НПЦАП имени академика Н.А. Пилюгина», АО «КБхиммаш имени А.М. Исаева», АО «Корпорация «Комета», АО «ВПК «НПО машиностроения».



Рис. 8. Развитие технических компетенций специалистов ракетно-космической отрасли в деятельности ФГУП «НПО «Техномаш»



Рис. 9. Модель деятельности Центра развития технологических компетенций ФГУП «НПО «Техномаш»

Программа семинара была нацелена на развитие именно технологических компетенций организаций РКП и включала в себя тематические и обзорные доклады ведущих научных специалистов и руководителей ФГУП «НПО «Техномаш», дискуссии по наиболее актуальным вопросам текущей производственной деятельности предприятий, обсуждение практических задач слушателей, лабораторную demonstra-

цию оборудования и технологий. Мероприятие получило положительную оценку слушателей, подтвердивших его необходимость и целесообразность.

В 2021 году планируется проведение семинаров по другим традиционным областям экспертизы ФГУП «НПО «Техномаш» – сварке, пайке, механообработке, внедрению цифровых методов управления производством.

Библиографический список

1. Аналитический обзор по управлению персоналом в ракетно-космической отрасли по итогам 2018 г. Госкорпорация «Роскосмос». – М., 2019. – 125 с.
2. Шматко Н.А. Компетенции инженерных кадров: опыт сравнительного исследования в России и странах ЕС. – М.: Форсайт. – 2012. – Т. 6., № 4. – С. 32–47.
3. Ракитин А., Орловская О. Компетенции российского молодого R&D-инженера. Обзор результатов исследования, проведенного компанией Odgers Berndtson по заказу Всероссийской образовательной программы «Лифт в будущее» Благотворительного фонда «Система». – М., 2017. – 28 с.

УДК 658.5:378

*Мучило Ф.М., Степанов В.В., Колесников И.Н., Зобов Ю.А.
Muchilo F.M., Stepanov V.V., Kolesnikov I.N., Zobov Y.A.*

Перспективы повышения квалификации специалистов сварочного производства в ракетно-космической отрасли

Prospects for Skill Level Raising for the Welding Production Specialists in the Aerospace Industry

Рассмотрены перспективы подготовки специалистов для современных предприятий. Определен принцип передачи теоретических знаний и практических навыков специалистам ракетно-космической отрасли, показана роль ФГУП «НПО «Техномаш» в подготовке специалистов. Разработана программа повышения квалификации специалистов сварочного производства для предприятий космической отрасли.

The Specialists training prospects for modern enterprises are considered. The transfer principle of theoretical knowledge and practical skills to specialists of the aerospace industry is determined, the role of FSUE «NPO «Technomac» in the training of specialists is shown. A skill level raising program has been developed for welding production specialists in the aerospace industry enterprises.

Ключевые слова: повышение квалификации, специалист сварочного производства, программа повышения квалификации, образование.

Keywords: skill level raising, welding production specialist, skill level raising program, education.

В настоящее время требования к квалификации и компетенции работающего в ракетно-космической отрасли научно-технического и инженерного персонала характеризуются взаимным влиянием двух параллельно протекающих процессов: совершенствованием (реформированием) системы высшего профессионального образования и плавным уменьшением объема государственного оборонного заказа и, как следствием этого, необходимостью частичной ориентации предприятий на выпуск гражданской продукции, для которой важным показателем, наряду с качеством и надежностью, является ее себестоимость. Это требует частичного пересмотра общепринятого на предприятиях подхода к оценке квалификации персонала и его роли в производственном процессе.

Принято различать квалификацию и компетенцию. Квалификацию работнику в большинстве случаев устанавливает работодатель. Она и соответствующие ей трудовые функции дифференцируются по квалификационным уровням и

регламентируются ведомственными нормативными документами. Компетенция – это способность работника качественно выполнять определенные виды профессиональной деятельности и приобретать необходимый опыт для их осуществления.

Присвоение квалификации напрямую связано с компетенцией работника, но в любом случае является прерогативой руководства предприятия, на котором он работает. Поэтому в рамках статьи будут рассмотрены особенности, связанные с получением компетенций в области сварочного производства, и функции, которые ФГУП «НПО «Техномаш» может взять на себя в рамках процесса.

В настоящее время вузы перешли на трехуровневую «бакалавриат-магистратура-аспирантура» модель высшего образования и предприятиям требуется новый подход к определению квалификации работников. При внедрении данной системы предполагалось, что выпускник бакалавриата должен решать задачи, характерные

для рядовой инженерно-технической деятельности и предполагающие использование отработанных алгоритмов исполнительских действий, а выпускник магистратуры обладать творческими способностями и решать сложные инженерные задачи. В отличие от бакалавра магистр должен самостоятельно принимать решения и нести личную ответственность за достигнутые результаты [1–3].

Стоит отметить, что предприятия ракетно-космической промышленности (РКП) сталкиваются с трудностями по распределению функциональных обязанностей при трудоустройстве выпускников вузов со степенью «бакалавр» или «магистр». Стать магистром – носителем нового стиля инженерного мышления, которое позволяет преобразовывать постоянно нарастающий объем научно-технических знаний и профессиональной информации в технические/технологические принципы, без опыта решения производственных задач невозможно. Такой опыт выпускник магистратуры может получить на начальном этапе трудовой деятельности, в идеальном случае в процессе обучения, совмещая её с работой на конкретном предприятии. Практики такого плана есть во ФГУП «НПО «Техномаш», и они могут быть применены к процессу адаптации специалистов в реальных производственных условиях.

ФГУП «НПО «Техномаш» обладает собственной лабораторной и производственной базой, а также специалистами-практиками, у которых есть желание передавать свои знания и опыт молодым специалистам предприятий ракетно-космической отрасли, и которые в силах разработать необходимую учебно-методическую литературу и проводить занятия на высоком уровне

не по следующим направлениям:

- подготовка и проведение совместно с ведущими предприятиями отрасли в различных формах переподготовки и повышения квалификации специалистов в целях развития их технических компетенций и освоения современных технологических процессов и оборудования;

- консультирование специалистов предприятий и организаций на специальных научно-практических семинарах по наиболее актуальным вопросам технологий производства;

- интеграция с участием ведущих технических вузов и предприятий РКП образовательной и производственной сфер в единую систему переподготовки и повышения квалификации профессиональных кадров.

Организация учебного процесса предполагает последовательное прохождение учебных дисциплин, объединённых в учебные модули. Взяв за основу модульный принцип построения образовательного процесса и творчески развив его, получим возможность адаптации имеющихся у ФГУП «НПО «Техномаш» компетенций под потребности заказчика, которым может быть как одно предприятие, так и группа предприятий отрасли.

Рассмотрим модульный принцип построения образовательного процесса на примере программы повышения квалификации специалистов в области сварочного производства «Современное оборудование и технология сварки поворотных и неповоротных стыков трубопроводов из аустенитных сталей, алюминия и алюминиевых сплавов».

Программа состоит из теоретической и практической частей, а также разбита на модули (таб.).

Таблица. Программа повышения квалификации «Современное оборудование и технология сварки поворотных и неповоротных стыков трубопроводов из аустенитных сталей, алюминия и алюминиевых сплавов» (в объёме 34 часа, рассчитана на молодых специалистов предприятий РКП)

№ п/п	Тема	Количество часов
Вводное занятие. Теоретические основы ВИГ-сварки:		
1	– ВИГ-сварка – основной способ для сварки поворотных и неповоротных стыков трубопроводов из аустенитной стали, алюминиевых и титановых сплавов;	6



№ п/п	Тема	Количество часов
	<ul style="list-style-type: none"> – свариваемость аустенитных сталей, сплавов на никелевой основе, алюминия и алюминиевых сплавов; – методы оценки свариваемости; – принципы составления технического задания на приобретение оборудования для ВИГ-сварки; – дискуссия по итогам лекции 	
Технология автоматической ВИГ-сварки:		
2	<ul style="list-style-type: none"> – процессы подготовки трубопроводов под сварку: гибка, выштамповка, законцовка труб, механическая обработка кромок и т.д.; – технологические возможности по формированию сварочной ванны при ВИГ-сварке. Материалы для сварки; – программируемые параметры автоматической ВИГ-сварки; – взаимосвязь между программируемыми параметрами; – типичный сварочный цикл автоматической ВИГ-сварки; – подход к составлению сварочной программы. Возможности использования существующих библиотек программ; – категории сварных швов и требования к механическим свойствам, геометрии сварного шва и к качеству соединений; – технология сварки алюминия и алюминиевых сплавов; – требования к сварным соединениям из аустенитных сталей и жаропрочных никелевых сплавов; – технология сварки аустенитных сталей и жаропрочных никелевых сплавов; – контроль качества сварных соединений; – дефекты при автоматической орбитальной ВИГ-сварке. Пути борьбы с ними; – исправление дефектов сварных соединений; – дискуссия по итогам лекции 	6
Автоматическая орбитальная сварка неповоротных и поворотных стыков трубопроводов/тел вращения:		
3	<ul style="list-style-type: none"> – состав оборудования для орбитальной сварки трубопроводов в монтажных условиях; – организация сварочного поста для автоматической орбитальной сварки; – обслуживание, порядок подготовки к работе и эксплуатация оборудования для орбитальной сварки трубопроводов; – дискуссия по итогам лекции 	4
Система менеджмента качества на основе стандартов серии ISO 9000 и процесс сварки:		
4	<ul style="list-style-type: none"> – карта тех. процесса сварки (WPS) в электронном и бумажном варианте; – система регистрации действительных значений параметров сварки. Для чего она нужна; – другие стандарты по организации сварочного производства; – дискуссия по итогам лекции 	2
Практические занятия по сварке трубопроводов из аустенитных сталей и алюминиевых сплавов:		
5	<ul style="list-style-type: none"> – сварка образцов трубопроводов из аустенитных сталей толщиной до 2,5 мм; – сварка образцов трубопроводов из аустенитных сталей толщиной 4–6 мм; – сварка образцов трубопроводов из алюминиевых сплавов толщиной 2 мм; – сварка образцов трубопроводов из алюминиевых сплавов толщиной 3–4 мм 	16

Модульный (тематический) принцип построения программы повышения квалификации специалистов сварочного производства позволяет обеспечить гибкость построения курса под конкретные требования заказчика с учётом различного объема практической и теоретической части, а также по акценту на конкретное направление сварки. Подобные программы разработаны также для курсов повышения квалификации по пайке в двигателе- и приборостроении, пайке теплообменных систем.

Таким образом, учитывая происходящие процессы в развитии предприятий РКП и реформировании системы высшего профессионального образования, возникают потребности в адап-

тации специалистов к реалиям производственной деятельности, повышения их технических компетенций и дифференцировании их квалификаций. Специалисты ФГУП «НПО «Техномаш» во взаимодействии с ведущими специалистами ракетно-космической отрасли и научно-педагогическими работниками высшей школы способны обеспечить разработку требований по формированию технических компетенций для инженерно-технического персонала предприятий РКП с учетом передового отечественного и мирового опыта, а также обеспечить повышение квалификации работников отрасли и принять участие в разработке образовательных программ подготовки специалистов.

Библиографический список

1. Сенашенко В.С. О переходе высшей школы на новые образовательные стандарты // *Alma mater*. – 2013, №8. – С. 6–13.
2. Прахова М.Ю., Светлакова С.В. Подготовка магистров в инженерной области: отечественная модель // *Высшее образование в России*. – 2014, №1. – С. 118–124.
3. Фролов В.А., Федоров С.А. Роль и место магистратуры в современной модели инженерного образования // *Сварочное производство*. – 2017, №12. – С. 49–54.

Мучило Фёдор Михайлович – канд. техн. наук, начальник отдела ФГУП «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева.

Тел.: 8 (495) 689–50–66. E-mail: 240@tmnpo.ru
 Muchilo Fedor Mikhailovich – Ph.D. in Engineering Sciences, Department Head of FSUE «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasyev.
 Tel.: 8(495) 689–50–66. E-mail: 240@tmnpo.ru

Степанов Владимир Валерьевич – канд. техн. наук, доцент, руководитель направления ФГУП «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева.

Тел.: 8 (495) 689–50–66. E-mail: 240@tmnpo.ru
Stepanov Vladimir Valeryevich – Ph.D. in Engineering Sciences, Assoc. Prof., Laboratory Head of FSUE «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasyev.
 Tel.: 8(495) 689–50–66. E-mail: 240@tmnpo.ru

Колесников Игорь Николаевич – канд. техн. наук, доцент, руководитель проекта Центра координации деятельности ФГУП «НПО «Техномаш» и предприятий РКП.

Тел.: 8(495) 689–00–24, доб. 23–91. E-mail: I.Kolesnikov@tmnpo.ru
 Kolesnikov Igor Nikolaevich – Ph.D. in Engineering Sciences, Assoc. Prof., Project Manager of the Activity Coordination Center of FSUE «NPO «Technomac» and Aerospace Industry Enterprises.
 Tel.: 8(495) 689–00–24, ext. 23–91. E-mail: I.Kolesnikov@tmnpo.ru

Зобов Юрий Александрович – руководитель проекта Центра координации деятельности ФГУП «НПО «Техномаш» и предприятий РКП.

Тел.: 8 (495) 689–95–33, доб. 23–66. E-mail: Yu.Zobov@tmnpo.ru.
 Zobov Yuriy Aleksandrovich – Project Manager of the Activity Coordination Center of FSUE «NPO «Technomac» and Aerospace Industry Enterprises.
 Tel.: 8(495) 689–95–33, ext. 23–66. E-mail: Yu.Zobov@tmnpo.ru.



УДК 629.78

*Больных Е.А., Колесников А.В.
Bolnykh E.A., Kolesnikov A.V.*

«CubeSat» как многофункциональные спутники

«CubeSats» as Multifunctional Satellites

Предлагаем обзор отечественного и мирового опыта разработки и изготовления многоцелевых космических спутников типа «CubeSat». Особое внимание уделяется разновидности спутников и разнообразию решаемых задач. Представлены перспективы развития «CubeSat» на ближайшее десятилетие.

We offer an overview of Russian and international experience in the development and manufacturing of the multipurpose «CubeSat»-type space satellites. Particular attention is paid to the variety of the satellites and objectives to be solved. The prospects for the «CubeSat» development for the next decade are presented.

Ключевые слова: спутник, наноспутник, микроспутник, кубсат.

Keywords: satellite, nanosatellite, microsatellite, CubeSat.

Уменьшение массы и стоимости изготовления космических аппаратов (КА) является одной из актуальных проблем современной космонавтики. В статье приводится обзор существующих малых спутников CubeSat. В связи с тем, что в отсеке полезной нагрузки ракеты-носителя (РН) иногда остается свободное неиспользованное пространство, его могут занимать малые космические аппараты, например малые спутники, которые делят на три группы: мини – масса менее 500 кг; микро – масса менее 100 кг; нано – масса менее 10 кг [1]. Основной причиной миниатюризации спутников послужило снижение стоимости их создания, запуска и развертывания. Таким образом, наноспутники, к которым относятся CubeSat, могут располагаться в отсеке полезной нагрузки в качестве сопутствующей нагрузки [2].

История CubeSat начинается с 1999 года. Идея их создания заключается в предоставлении возможности участия студентов вузов в разработке перспективной космической техники. CubeSat имеет базовые размеры (1U) 10x10x10см, масса составляет приблизительно 1 кг. Стандарт допускает объединение двух или трех стандартных кубов в составе одного спутника (обозначаются 2U и 3U и имеют размер 10x10x20см или 10x10x30см).

Пока достигнутый предел – 6U или 10x20x30см. В перспективе изготовление и отработка спутников 12U с размерами 20x20x30см [3]. Для наибольшей эффективности возможно использование распределенной спутниковой системы. Это могут быть группировки спутников, разнесенные на большое расстояние [4]. В этом случае ограничение на состав полезной нагрузки ослабляется, так как различные системы могут быть перераспределены между аппаратами. Большинство CubeSat имеют один или два научных прибора, некоторые могут иметь небольшие выдвижные антенны и поверхностные или распахивающиеся солнечные батареи, привод, корпус, блок аппаратуры, двигатель-маховик. CubeSat задумывался для решения научных задач: изучения космического пространства, ионосферы и магнитосферы, зондирования Земли, телеметрии. Данный тип спутников привлекает внимание компоновкой и габаритами. Выведение CubeSat в космос осуществляется посредством РН либо с борта пилотируемых или автоматических грузовых космических кораблей и Международной космической станции (МКС) [5].

Малые спутники CubeSat используются для широкого круга различных целей. Рассмотрим подробнее опыт России и мира в использовании CubeSat.



Рис. 1. Спутник «СириусСат-1» (корпус стандарта 1U)

В России частная компания «Спутникс» совместно с Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова, а также образовательным центром «Сириус», Московским институтом электроники и математики и Научно-исследовательским институтом ядерной физики с 2016 года проводят космический эксперимент «Школьный спутник» по наблюдению поверхности Земли на МКС.

В августе 2018 года научно-образовательные спутники «СириусСат-1» (рис.1) и «СириусСат-2» запущены с МКС.

Спутники разработаны на базе наноспутниковой платформы «OrbiCraft-Pro». Платформа имеет стандартизованный международный типоразмер CubeSat 1U. Спутники «СириусСат» доработаны с учетом специфики запуска, а именно оснащены ручкой для запуска космонавтом, гибкими антеннами, системой ручной активации КА, а также оснащены специально разработанными защитными быстроразъемными чехлами и мягкими транспортировочными контейнерами. Вес каждого аппарата вместе с ручкой составляет 1,45кг. Габариты спутника без учета раскрытых антенн – 130x131x236мм [6]. Полезная нагрузка спутников представляет собой детектор космических частиц для изучения «космической погоды». Датчик разработан в НИИ ядерной физики МГУ имени М.В. Ломоносова и собран при участии группы школьников из образовательного центра «Сириус» в городе Сочи.

Интересно, что CubeSat могут создавать и простые радиолюбители. Инженер из Кореи Ходжун Сон работал над CubeSat «OSSI 1» в течение семи лет, используя готовые компоненты. Размеры спутника – 10x10x10см(1U). CubeSat имел радиомаяк азбуки Морзе, передающий сигналы на частоте 145.980 МГц и четыре светодиодных индикатора общей мощностью 44 Вт для передачи сообщений. Спутник запущен 19 апреля 2013 года, однако из-за технических проблем не вышел на связь. В проекте самым дорогим аспектом стал запуск, который обошелся в 100 тыс.\$ [7].

Кроме школьников и инженеров-любителей основными разработчиками CubeSat выступают университеты и частные компании.

В Дании компанией «GomSpace» создан CubeSat «GOMX-3» типа 3U. Миссия спутника заключалась в демонстрации приема сигнала самолета АЗН-В (автоматическое зависящее наблюдение – вещание) и оценке качества сигнала геостационарного телекоммуникационного спутника «Spot beam» (орбитальная система спутников) с использованием реконфигурируемой программно-определяемой полезной нагрузки L-диапазона (диапазон частот дециметровых длин волн, используемых для наземной и спутниковой радиосвязи). Спутник развернут с борта МКС в октябре 2015 года и, отработав успешно один год, выведен из эксплуатации [8].

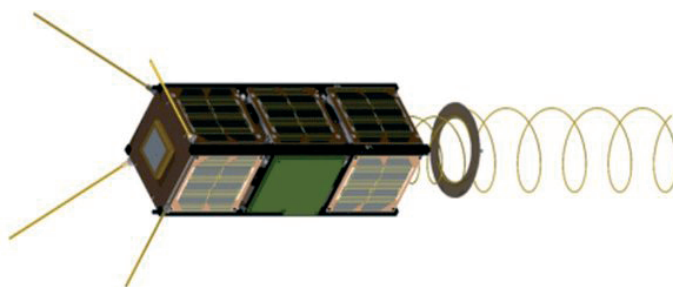


Рис. 2. Спутник «GOMX-3» (корпус формата 3U)

Также компанией «Gomspace» разработан CubeSat «GOMX-4B» в формате 6U для датского Министерства обороны, задачей которого являлась демонстрация межспутниковых связей при полете в тандеме с другим CubeSat «GOMX-4A». В общие задачи спутников входило определение уровня космического излучения солнечного ветра. Кроме того, CubeSat имели в своём составе компактный гиперспектральный тепловизор. Спутники запущены 2 февраля 2018 года, их миссия успешно завершена в декабре 2018 года.

В Бельгии студенты королевского метеорологического института «KU Leuven» разработали CubeSat «SIMBA» формата 3U. Спутник работает в космосе с марта 2020 года и функционирует по настоящее время [9]. Миссия CubeSat предназначена для измерения солнечной радиации и радиационного пояса Земли, измерений климатических параметров с помощью миниатюрного радиометрического прибора и демонстрации новой точной системы наведения.

Специалисты института космической аэронавтики создали и запустили в 2016 году CubeSat «Picasso» типа 3U. Спутник предназначен для измерения стратосферного распределения озона, профиля температуры в мезосфере и плотности электронов в ионосфере с использованием миниатюрного мультиспектральной тепловизионной камеры [9].

Финский университет «Aalto» занимается разработкой спутников CubeSat для различных целей. В 2018 году запущен CubeSat «Suomi

100» типа 1U, который имел в своём составе камеру видимого света и специальный радиоприемник, разработанный в университете. Научной целью спутника являлось изучение явлений космической погоды вблизи Земли, особенно полярных сияний. CubeSat запущен весной 2019 года, связь с ним потеряна [9]. Однако в марте 2020 года произведен следующий запуск CubeSat «RadCube» формата 3U, который в настоящее время функционирует [9]. Предназначением спутника стала демонстрация миниатюрных приборов, которые позволяют измерять космическое излучение и магнитное поле Земли на низкой околоземной орбите и тем самым осуществлять мониторинг космической погоды. Также в университете разработан CubeSat «PRETTY» типа 3U для демонстрации метода рефлектометрии ГНСС (глобальная навигационная спутниковая система) при низких углах выпаса для альтиметрии (для обнаружения морского льда) с использованием нового программно-определяемого приемника и испытания миниатюрного дозиметра излучения. На данный момент спутник функционирует [9]. Еще один спутник CubeSat, разработанный в университете, «CubeSpec» формата 6U запущен в 2018 году [10]. Целью его стало исследование физики звезд (раздела астрофизики, изучающей физическую сторону звезд и экзопланет), что требует непрерывного мониторинга и анализа, в связи с чем на спутнике установлена система точного наведения и стабилизации линии визирования.



Рис. 3. Спутник «EcAMSat» (корпус формата 6U)

Исследовательским центром НАСА имени Эймса и Медицинской школой Стэнфордского университета разработан CubeSat «EcAMSat», который создан на базе предыдущих миссий наноспутников «Ames» (таких как «PharmaSat») для изучения воздействия на организмы и органические вещества космической среды. CubeSat «EcAMSat» имеет формат 6U, разработан для исследования влияния космической микрогравитации и космических полетов на устойчивость бактерий к антибиотикам и их генетическую основу. Например, для исследования влияния космической микрогравитации на устойчивость кишечной палочки к антибиотикам. Бактериальная устойчивость к антибиотикам может представлять опасность для астронавтов в условиях микрогравитации, когда иммунный ответ ослаблен. Результаты экспери-

мента могут помочь разработать эффективные контрмеры для защиты здоровья человека во время длительных космических полетов. Запуск CubeSat состоялся в 2017 году.

Итальянский политехнический университет Милана с компанией «GomSpace» готовит к запуску в 2023 году CubeSat «M-Argo» формата 12U. Миссией CubeSat станет изучение астероидов. Спутник имеет высокую удельную импульсную электрическую силовую установку и топливо для неё, транспондер X-диапазона, поворотные солнечные батареи высокой мощности и систему управления с помощью реакции газа. Транспондер X-диапазона (диапазон частот сантиметровых длин волн) предназначен для изучения глубин космоса. Транспондер включает отражательную решетку с высоким коэффициентом усиления антенны.



Рис. 4. Спутник «M-Argo» (корпус стандарта 12U)

Проанализировав опыт создания спутников CubeSat, можно выделить их преимущества и недостатки по отношению к другим спутникам. К достоинствам можно отнести:

- отсутствие отделяемых частей,
- возможность запуска большого количества малых аппаратов за один пуск РН;
- возможность использовать на низких околоземных орбитах;
- низкое энергопотребление (примерно 1,5–2 Вт);
- способность сводить аппараты в пассивное состояние;
- простоту конструкции спутников из-за отсутствия двигательной установки и топлива на борту;
- низкую себестоимость;
- возможность распределения полезной нагрузки между несколькими аппаратами;
- возможность использования атмосферного торможения для утилизации и исключения космического мусора;
- доступность изучения космоса университетам и частным компаниям.

Еще больше снизить стоимость проекта, а также существенно сократить время его разработки поможет использование стандартизированных спутниковых платформ. В настоящее время развитие микроэлектроники и других областей технологии вывело массовую продукцию на столь высокий уровень, что ее можно использовать на КА. В результате стоимость одного спутника и время его разработки значительно уменьшаются, что позволяет проводить большее число запусков в сжатые сроки.

К недостаткам CubeSat можно отнести малую функциональность и диапазон возможных задач из-за размеров и массы. Для исследования дальнего космоса, вывода на орбиту и дальнейшего маневрирования потребуется дополнительная двигательная установка и топливо.

Проанализировав имеющийся мировой опыт развития и использования спутников CubeSat, можно выделить основные задачи и тенденции их использования. Будучи изначально образовательным проектом, идея CubeSat широко разошлась по миру и сильно изменила облик беспилотной космонавтики, открыла возможность сравнитель-

но недорого создавать КА частным компаниям, любителям, студентам и даже школьникам. Самые ходовые типы спутников стали CubeSat формата 3U из-за простоты конструкции и изготовления.

Одна из первых задач наноспутников – это практико-ориентированная в образовании школьников и студентов. За счет миниатюризации спутниковой техники и электроники уменьшился вес спутника, что привело к доступности цен на запуски для научных школ и университетов в странах Европы, России, Америки и Азии. Возможность участвовать в создании наноспутников является существенным фактором, влияющим на выбор профессии современных выпускников.

Спутники хорошо показали себя в решении задач зондирования Земли, изучении полярных сияний. Наноспутники справляются с наблюдением за «космической погодой», могут осуществлять сбор и передачу на Землю данных о транспортных перевозках по воде и суше. Инновацией для CubeSat стало бы внедрение в низкоорбитальные, среднеорбитальные и геостационарные сегменты поисково-спасательной системы Коспас-Сарсат. Для этих целей CubeSat может иметь формат 12U. Особенностью компоновки CubeSat станет исполнение всей необходимой аппаратуры в наномасштабе.

В настоящее время интересными задачами для CubeSat являются изучение магнитосферы и ионосферы Солнца, измерения общей солнечной радиации и радиационного пояса Земли. Интересными задачами являются измерения распределения стратосферного озона, мезосферного температурного профиля и электронной плотности в ионосфере, излучения и магнитного поля на низкой околоземной орбите. CubeSat могут исследовать физику звезд (массу, плотность, процессы рождения и смерти звезд) и дальний космос, экзопланеты (планеты, находящиеся вне Солнечной системы). Значительным направлением использования CubeSat являются биологические исследования и эксперименты влияния космической микрогравитации и влияние космических полетов на живые организмы. В ближайшие годы ожидается запуск CubeSat на околоземную орбиту для тестирования нового способа поиска жизни на небесных телах Солнечной системы и других задач.

В дальнейшей перспективе ожидается развитие систем глобального доступа в интернет и спутниковой мобильной связи. В решении таких задач спутники Cubesat также могут найти своё применение. Переход от больших габаритных спутников к типам «ми-

кро» и «нано» (CubeSat), позволит снизить стоимость пусков за счет использования легких классов ракет. При использовании тяжелых классов ракет выведение искусственных спутников носило бы характер сопутствующей нагрузки.

Библиографический список

1. Храмов Д.А. Миниатюрные спутники стандарта «CubeSat»// Космічна наука и технологія. – 2009. – Т. 15. №3. – С. 20–31.
2. Космос-журнал [Электронный ресурс]: <http://www.cosmos-journal.ru/articles/686/> (Дата обращения: 16.04.2020).
3. Зуев Д.М., Пятков А.Г., Мовчан П.В. и др. SIBCUBE – проект студенческого космического аппарата СибГАУ класса CUBSAT// Вестник СибГАУ. – 2014, №4(56). – С. 160–166.
4. Озан Кара, Роджер Берклэнд, Лиуи Чжан, Умуральп Кайтац. Будущие рои CubeSat бросают серьезные вызовы в области связи// Воздушно-космическая сфера. – 2018, №2(95). – С. 58–65.
5. Петрукович А.А., Никифоров О.В. Малые спутники для космических исследований // Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы. – 2016. – Т. 3, выпуск 4. – С. 22–31.
6. Частная космическая компания Спутникс. [Электронный ресурс]: URL: <https://sputnix.ru/ru/oborudovanie/ispytatelnye-stendy/> (Дата обращения: 16.04.2020).
7. Новости космоса [Электронный ресурс]: URL: <http://mapgroup.com.ua/kosmicheskie-apparaty/42-koreya/138-ossi-1> (Дата обращения: 16.04.2020).
8. Mediasat [Электронный ресурс]: URL: <http://mediasat.info/2015/10/23/gomx3/> (Дата обращения: 17.04.2020).
9. Университет Алто [Электронный ресурс]: URL: <https://www.aalto.fi/en/spacecraft> (Дата обращения: 14.04.2020).
10. United space in Europe [Электронный ресурс]: URL: https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Engineering_Technology/Technology_CubeSats (Дата обращения: 15.04.2020).

Больных Екатерина Антоновна – инженер-конструктор КБ «Салют» – филиал АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева».
Тел.: +7 919 994 58 81. E-mail: Bolnyhea@yandex.ru
Bolnykh Ekaterina Antonovna – Design-Engineer of the Salyut Design Bureau – Khrunichev State Research and Production Space Center Subsidiary.
Tel.: +7 919 994 58 81. E-mail: Bolnyhea@yandex.ru

Колесников Алексей Владимирович – канд. техн. наук, ведущий инженер-конструктор КБ «Салют» – филиал АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева».
Тел.: +7 999 907 02 77. E-mail: feridium@mail.ru
Kolesnikov Aleksey Vladimirovich – Design-Engineer of the Salyut Design Bureau – Khrunichev State Research and Production Space Center Subsidiary.
Tel.: +7 999 907 02 77. E-mail: feridium@mail.ru

