



Уважаемые коллеги!

Ракетно-космическая отрасль играет ведущую роль в обеспечении технологической и экономической безопасности страны, оказывает существенное влияние на уровни промышленного и научного потенциалов России. Значимость отрасли для эффективного развития промышленности России обусловила актуальность поиска инновационных путей реформирования, активного использования наукоёмких технологий, подготовки высококвалифицированных специалистов. Для наукоёмких предприятий необходим персонал, обладающий компетенциями и производственными навыками, которые позволяют не только успешно проводить разработки и испытания новой техники, но и сопровождать изделия на протяжении всего жизненного цикла и совершенствовать технологии их изготовления. Важная роль в формировании нового научного знания и технической мысли принадлежит научным рецензируемым журналам.



В условиях повышения мировой конкуренции и возросших военных угроз сокращение сроков подготовки производства изделий ракетно-космической техники является важнейшей задачей. В ряду основных инструментов, решающих её, находится цифровизация производственных систем. Одна из статей журнала раскрывает методы и решения организации цифрового производства и представляет научно-технический потенциал АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева» в данной области, а также содержит предложение создать на базе головного научно-технологического предприятия отрасли демонстрационный макет в целях выявления основных условий, повышающих эффективность процесса управления жизненным циклом изделий ракетно-космической техники.

Особое внимание этого номера уделено вопросам стандартизации, сертификации, качества и метрологии. Обеспечение надежности продукции является важнейшей задачей организаций ракетно-космической промышленности. Предлагается ввести новую терминологию надёжности на этапе производства (изготовления), а также провести работы по уточнению и актуализации устаревших отраслевых документов по стандартизации. Такой подход позволит однозначно определять показатели надежности и соответственно повысить уровень качества выпускаемой продукции.

Космическая деятельность стала одним из факторов устойчивого роста экономик стран мира за счет вклада в развитие их технологического потенциала, расширения производства и потребления результатов космической деятельности, космических продуктов и космических услуг. Во второй части статьи об экономике космоса рассматриваются актуальные задачи, а также озвучены проблемные вопросы.

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

Главный редактор
научно-технического журнала «Вестник «НПО «Техномаш»

Г.В. Боровский



СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНОЛОГИИ ЗАГОТОВИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

<i>Вайцехович С.М.</i> Применение спирально-профильных труб в качестве гофрированной рабочей части сильфонов.....	4
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---

СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ РКП

<i>Гаранин И.В., Садковская Н.Е.</i> Методы повышения качества производства методологиями Lean Six Sigma и PRINCE2.....	8
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---

<i>Жворонский П.С., Пантелеев К.Д., Рахмилевич Е.Г., Цырков А.В., Юрцев Е.С.</i> Цифровое производство космической техники. Задачи и направления развития. Научно-технический задел от АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева» в области цифрового производства.....	13
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

<i>Кондратенко А.Н.</i> Методика определения технического уровня технических средств, технологического и испытательного оборудования, систем.....	19
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

СТАНДАРТИЗАЦИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ, КАЧЕСТВО И МЕТРОЛОГИЯ

<i>Рябчиков П.В., Лобастов М.М., Лобанов А.В., Матюхина С.В., Галерка С.М.</i> Технологическая или производственная надежность? Обоснование терминологии.....	36
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

<i>Круглов И.А., Круглова Ю.В., Сазонов С.Н., Шмелева А.Н., Рябчиков П.В.</i> Проблемные вопросы реализации требований по промышленной чистоте в ракетно-космической промышленности.....	40
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

<i>Илингина А.В., Устьянцев Е.В., Поротикова О.П.</i> Разработка стандартов в обеспечение стабильности качества и надежности создаваемых изделий и технологий в условиях серийного производства ракетно-космической техники.....	47
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

<i>Сумбуров С.А., Жуков В.В. Тарасова Т.А., Мурашова Е.А.</i> Общие сведения о подготовке частных заключений о технологической готовности ракет космического назначения и их составных частей к лётным испытаниям и пускам.....	50
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

<i>Кондратенко А.Н.</i> Актуальные вопросы метрологического обеспечения ракетно-космической промышленности.....	53
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

ЭКОНОМИКА МАШИНОСТРОЕНИЯ, ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

<i>Бодин Н.Б.</i> Экономика космоса: единая экономическая модель эффективного управления и задача научно-технологического сопровождения деятельности Госкорпорации «Роскосмос» (часть 2).....	63
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----



CONTENTS

BLANK PRODUCTION TECHNOLOGIES

<i>Vaitsekhovich S.M.</i> Application of spiral profiled tubes as corrugated working part of bellows.....	4
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---

MODERN REQUIREMENTS AND TECHNOLOGY DEVELOPMENT OF AEROSPACE ENTERPRISES

<i>Garanin I.V., Sadkovskaya N.E.</i> Lean Six Sigma and PRINCE2 production quality improvement methods.....	8
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---

<i>Zhavoronskii P.S., Panteleev K.D., Rakhmilevich E.G., Tsyrkov A.V., Iurtsev E.S.</i> Digital manufacturing of space hardware. Challenges and directions for development. Scientific and technological advance from JSC «Afanasev» «NPO «Technomac» in the digital manufacturing field.....	13
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

<i>Kondratenko A.N.</i> Methodology for determining the engineering level of technical means, process and test equipment, systems.....	19
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

STANDARDIZATION, CERTIFICATION, QUALITY AND METROLOGY

<i>Riabchikov P.V., Lobastov M.M., Lobastov M.M., Matyukhina S.V., Galerka S.M.</i> Technological or manufacturing reliability? Terminology justification.....	36
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

<i>Kruglov I.A., Kruglova Iu. V., Sazonov S.N., Shmeleva A.N., Riabchikov P.V.</i> Problematic issues in the implementation of industrial cleanliness requirements in the aerospace industry.....	40
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

<i>Ilingina A.V., Ustiantsev E.V., Porotikova O.P.</i> Standards development to ensure stability of quality and reliability for engineered products and technologies in the conditions of serial production in aerospace equipment.....	47
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

<i>Sumburov S.A., Zhukov V.V., Tarasova T.A., Murashova E.A.</i> General information on preparing private conclusions on the technological readiness of space rockets and their components for flight tests and launches.....	50
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

<i>Kondratenko A.N.</i> Current Issues of Metrological Support for aerospace industry	53
------------------------------------------------------------------------------------------------	----

ECONOMICS OF MECHANICAL ENGINEERING, PRODUCTION ARRANGEMENT

<i>Bodin N.B.</i> Space economy: a unified economic model of effective management and the task for scientific and technological support of State Space Corporation Roscosmos activities (Part II).....	63
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

УДК 621.774:62.762.65

Вайцехович С.М.
Vaitsekhovich S.M.

Применение спирально-профильных труб в качестве гофрированной рабочей части сифонов

Application of spiral profiled tubes as corrugated working part of bellows

Приведены конструктивные особенности сифонов на базе спирально-профильных труб, показано их преимущество по эксплуатационным параметрам в сравнении с традиционными формами сифонов. Предложена схема оригинального байонетного замка для предохранения сварных швов от срезающих нагрузок в местах сварных соединений с трубопроводом. Показана перспективность применения сифонов со спирально-профильной рабочей частью.

The constructional features of bellows on the spiral profiled tube basis are presented, their advantage in operational parameters in comparison with traditional forms of bellows are shown. The scheme of the original bayonet lock for protection of welded joints from shear stresses at welded joints with the pipeline is proposed. The prospects of using bellows with a spiral-profile working part are shown.

Ключевые слова: сифон, жёсткость конструкции, гофры, шаг, спирально-профильная гофра, гидравлическое сопротивление, течение жидкости.

Keywords: bellows, structural stiffness, corrugations, pitch, spiral-profiled corrugation, hydraulic resistance, fluid flow.

Сифоны широко используются в различных областях техники, например в авиастроении, двигателестроении, нефтеперерабатывающей, химической и других отраслях промышленности, то есть там, где требуется обеспечить подвижное соединение трубопроводов для компенсации перемещения труб относительно друг друга. Сифоны должны обладать следующими характеристиками: устойчивостью к коррозии, резистентностью к агрессивным химическим средам, сопротивлением к перепадам температур, экологической безопасностью, длительным сроком использования [1].

В современных установках частота качения законцовок сифона относительно друг друга – от 0,2 до 10 Гц, максимальный угол качения – до 12...15°.

Важной технической характеристикой сифона является его адаптация к осевому усилию и скручивающему моменту, сдвигу, осевому и угловому ходу. Жёсткость сифона зависит от высоты и количества гофров, а при многослойности – от каждого слоя и количества слоёв.

Примеры работы сифонов в трубопроводах под воздействием температуры приведены на рис. 1.

Наиболее подходящим материалом для производства таких сифонов является коррозионно-стойкая сталь, обеспечивающая работу в условиях высоких температур и давлений, агрессивных сред и вибрации.

В результате температурной деформации материала при нагреве и охлаждении длина трубопровода изменяется в осевом, радиальном и угловом направлениях. Поэтому испытания сифонов проводятся на прочность, герметичность и изгиб.

Сифоны получили широкое применение в узлах качения жидкостных ракетных двигателей (кардан в ЖРД) в качестве гибкого соединителя-компенсатора трубопроводов топливных отсеков [2], разделителя в редукторе давления с мембраной свободного прорыва для газогенераторов [3]. На рис. 2 представлена схема установки сифонов в газовой магистрали



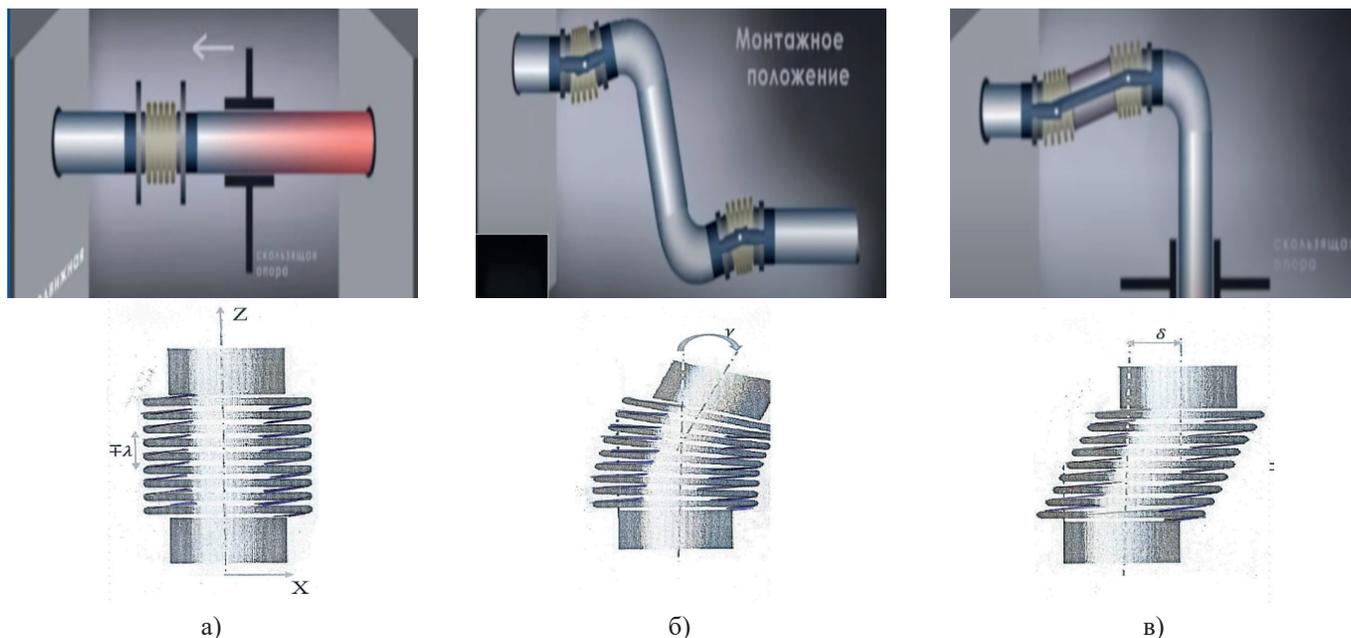


Рис. 1. Работа сильфонов в трубопроводах под воздействием температуры:
 а) осевая деформация; б) угловая деформация; в) сдвиговая деформация

жидкостного ракетного двигателя (ЖРД) для компенсации углового смещения и радиального биения [4, 5].

Назначение сильфонов – обеспечение работоспособности узла качения камеры ЖРД с дожиганием, работающего в среде окислительного высокотемпературного газа ($t = 400 \div 800^\circ\text{C}$) высокого давления (до 600 кгс/см^2) с сохранением устойчивости его противоположных частей при осевом растяжении-сжатии, сдвиге и повороте на различные углы (рис. 2). В сильфоне, представленном на рис. 2, максимально возможное число степеней свободы перемещения стыковочного фланца патрубка на входе в сильфонный компенсатор относительно фланца на его выходе равно шести.

В целях улучшения параметров характеристик сильфонов предлагается в качестве его гофрированной части (гофров, расположенных перпендикулярно основному потоку энергоносителя) использовать полые желобковообразные гофры, расположенные по спирали – спирально-профильные гофры (СПГ), широко применяемые в теплообменных аппаратах и прямооточных сепараторах.

В настоящее время СПГ используются в теплообменниках для увеличения коэффициента теплопередачи, что достигается за счёт винтообразного перемешивания теплового потока, устранения застоя в полостях вершин гофров, компенсации температурного расширения, отклонения системы

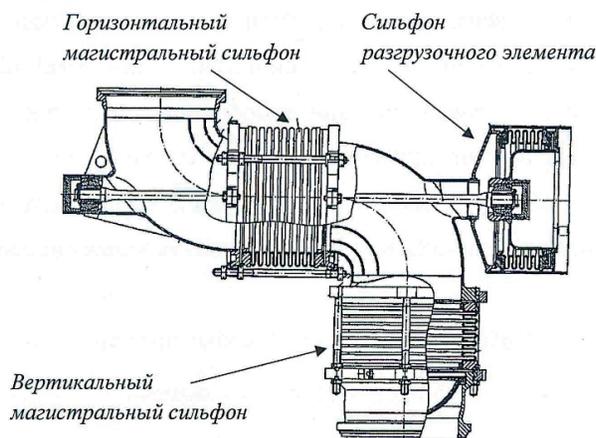


Рис. 2. Сильфонный компенсатор в газовой магистрали ЖРД

трубопровода от соосности, нивелирования вибрационных нагрузок от работающего оборудования.

Рабочая часть сиффона СПГ представляет собой чередование выступов и впадин, выполненных по винтовой линии. Желобковые сквозные полые СПГ позволяют переносить жидкостные, газовые потоки без задержки, не оказывая силового подпора. При этом число заходов спиральных канавок обуславливается диаметром трубной заготовки, глубиной формируемого профиля $h_{пр}$ и шагом спирали $P_{сп}$ [6].

Геометрия гофров желобковой винтообразной формы способствует увеличению площади рабочей поверхности на единицу длины трубы, интенсификации перемешивания слоёв энергоносителя, используя образующиеся завихрители потоков по наискратчайшему пути, от внутреннего объёма потока к наружному, в том числе и в местах вершин гофров.

На рис.3 представлена предлагаемая форма рабочего участка сиффона СПГ, полученного на прокатно-волочильном стане отечественного производства.

У сиффонов традиционной формы с перпендикулярно расположенными относительно продольной оси трубопровода стенками гофров, оканчивающихся выпуклыми полусферами и разделяющими трубу на отдельные ячейки, во впадинах гофров образуется турбулизация, которая создаёт вихревые потоки, противодействующие прохождению основного энергопотока и уменьшающие выходную мощность.

При использовании сиффона со сквозными каналами СПГ – винтообразными желобковыми гофрами – устраняется противодействие, а также застои в вершинах гофров и происходит естественное вымывание осаждающихся на внутренней стенке гофров частиц. В продольном направлении желобообразная форма СПГ обладает существенной упругостью за счёт возможности заметного сжатия-растяжения ширины гофров [6]. Такое свойство винтообразных гофров необходимо для сиффонов в системе трубопроводов, находящихся под воздействием высоких градиентов температур и подверженных вибрационным нагрузкам.

Наряду с упругостью в продольном направлении СПГ обладают значительно большей жёсткостью на изгиб, что конструктивно важно для многих типов трубопроводов, где используются перегородки, поддерживающие длинные трубы.

Компенсирующая способность сиффона СПГ пропорциональна числу гофров. Пружинящие гофры сиффона компенсируют тепловые деформирующие процессы без трения и не требуют целевого обслуживания. Желобковая форма сиффонов снижает гидравлическое сопротивление в компенсаторах трубопроводов, где скорость потока более 6 м/с для жидких сред и более 30 м/с для газообразных сред; снижает влияние температуры проводимой среды; компенсирует вибрацию в случае турбулентного течения при выбросе сжатого воздуха, выхлопных газов, когда сиффон установлен вблизи колена или насоса.

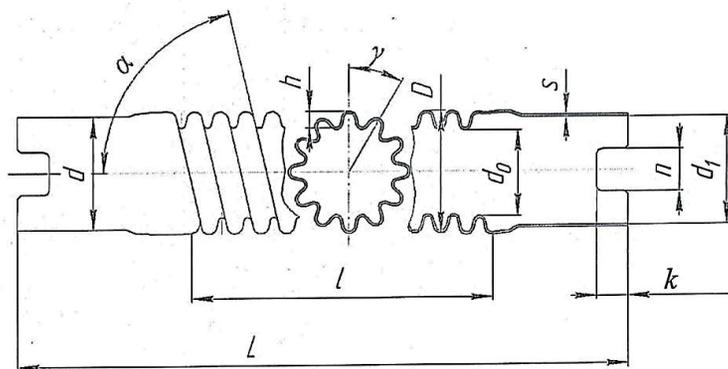


Рис. 3. Схема спирально-профильного сиффона:

D – диаметр описанной окружности гофрообразного участка сиффона; d – наружный диаметр законцовки;
 d_0 – диаметр вписанной окружности гофрообразного участка сиффона; d_1 – внутренний диаметр законцовки;
 n – ширина паза; k – глубина паза; α – угол подъёма винтовой линии; γ – центральный угол между гофрами в поперечном сечении трубы; h – высота гофры; s – толщина стенки сиффона; l – ширина гофрированной части сиффона;
 L – длина сиффона



Выводы

1. Переход с профильной рабочей зоны сильфона на спирально-винтовую позволяет повысить технико-эксплуатационные показатели работы сильфона в условиях осевой неустойчивости, резкого повышения внутреннего давления, присутствия химически активных примесей, окислов, солей и химических реагентов, образующихся в момент запуска двигательной установки.

2. Техническим результатом замены рабочей зоны сильфона на СПГ является повышение долговечности работы сильфона за счёт расположения гофров по спирали, что при повышении

внутреннего давления приводит к раскручиванию трубы, приближая форму гофров к цилиндрической. При снижении давления формы гофров возвращаются к исходному состоянию.

3. Повышение долговечности работы сильфона обеспечивается за счёт создания желобкового спирально-профильного канала, который вследствие конструктивного оформления гофров не позволяет накапливаться соляным продуктам и окисным плёнкам в гребне гофра и способствует очищению трубы от примесных элементов, содержащихся в транспортируемых потоках.

Библиографический список

1. Технология сборки и испытаний космических аппаратов / И.Т. Беляков, И.А. Зернов, Е.Г. Антонов и др. / под общ. ред. И.Т. Белякова, И.А. Зернова. – М.: Машиностроение, 1990. – 352 с.
2. Моисеев В.А. Технология производства жидкостных ракетных двигателей. / В.А. Моисеев, В.А. Тарасов, В.А. Колмыков и др. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 381 с.
3. Новые наукоёмкие технологии в технике: энцикл. В 4 т. Т. 2 / К.С. Касаев, И.В. Апполонов. Ю.П. Астахов и др. / под ред. К.С. Касаева. – М.: Аспеки, 1994. – 379 с.
4. Конструкция и проектирование ЖРД под ред. проф. Г.Г. Гахуна. – М.: Машиностроение, 1989. – С.375.– рис. 14.11.
5. Патент № 2 561 818 МПК F16L 51/02 (2006.01) Сильфонный компенсатор / Кузнецов А.В., Муравьёва О.В., Полянин А.Б., Скуратов Б.И., Солдатов Д.В. Заявка № 2014126170/06; опубл. 10.09.2015. Бюл. №25.
6. Вайцехович С.М. Спирально-профильные трубы: преимущества и перспективы применения в теплообменных аппаратах». / С.М. Вайцехович, Г.Г. Кривенко, В.А. Корнилов // М.: Технология машиностроения – ISSN 1562-322X, 2011.– №12.– С. 31–37.

Вайцехович Сергей Михайлович – канд. техн. наук, старший научный сотрудник, главный научный сотрудник АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева». Тел.: 8(495) 689-95-87. E-mail: ask-mlad@mail.ru

Vaitsekhovich Sergei Mikhailovich – Ph.D. in Engineering Sciences, Senior Research Officer, Principal Research Officer of JSC «NPO «Technomash» named after S.A. Afanasev. Tel.: 8(495) 689-95-87. E-mail: ask-mlad@mail.ru

УДК 006.86

Гаранин И.В., Садковская Н.Е.

Методы повышения качества производства методологиями Lean Six Sigma и PRINCE2

Lean Six Sigma and PRINCE2 production quality improvement methods

Современное наукоемкое производство невозможно представить без применения новейших методов управления и бизнес-инжиниринга. Если 15 лет назад наукоемкое производство в России практически отсутствовало, то сейчас наблюдаются движения в этом направлении, а значит растёт потребность в применении методов его управления и анализа. Эффективность бизнес-процессов оценивается общей ценностью для предприятия, а также конкурентоспособностью применяющейся технологии. От этого зависит достижение всех важных показателей для удовлетворения целей бизнеса. Сейчас огромную популярность получили методы повышения качества на основе методологий Lean Six Sigma – гибкие методики на основе подходов Agile и гибридных подходов PRINCE2. В статье рассмотрено их применение на основе производства радиокомпонентов.

Modern knowledge-based manufacturing is now unimaginable without the latest management and business engineering techniques. If 15 years ago knowledge-based manufacturing in Russia was almost non-existent, now there is progress in this direction, which means a rising need for the application to its management and analysis methods. The effectiveness of business processes is assessed by the overall value to the enterprise, as well as the competitiveness of the applied technology. The achievement of all important metrics to meet business objectives depends on it. The Lean Six Sigma methods of quality improvement – Agile methods based on Agile and hybrid PRINCE2 approaches – are very popular now. The article considers their application based on the production of radio components.

Ключевые слова: радиоэлектронные средства, менеджмент качества, жизненный цикл продукции, стандартизация, обеспечение качества.

Keywords: radioelectronic hardware, quality management, product lifecycle, standardization, quality assurance.

Введение

Согласно международным стандартам качества ISO серии 9000 под процессом имеют в виду определение совокупности всех взаимосвязанных и взаимодействующих видов деятельности, использующих входы для достижения планируемого результата. Процессный подход применяется в обязательном порядке на предприятиях с действующей системой менеджмента качества (СМК), которую в большинстве случаев используют предприятия автомобилестроения. В рамках данного подхода все процессы делятся на основные, вспомогательные и управляющие. Технологические процессы производства продукции, несомненно, относятся к основным

процессам, поскольку именно данный вид деятельности непосредственно направлен на изготовление продукции. Помимо процесса производства радиокомпонентов, в котором предлагается использовать метод Lean Six Sigma, необходимо рассмотреть повышение качества в рамках научно-исследовательской и опытно-конструкторской работы (НИОКР). В этом случае предлагается применение процессного подхода и использования методологии PRINCE2. Данная методология предлагается в рамках улучшения процессов исследования, проектирования и реализации опытных версий продукции и запуска новых проектов.



Применение методологии PRINCE2 в реализации проектов

Проект, с точки зрения методологии PRINCE2, должен иметь обоснование для заказчика. Следовательно, каждый проект должен иметь экономическое обоснование. Это означает, что причина, по которой проект начат, должна иметь смысл с точки зрения бизнеса, а также должна присутствовать четкая окупаемость инвестиций.

Например, проект будет стоить €200 000, но за первые два года он обеспечит компании экономию €800 000. Вопрос: «Имеет ли проект бизнес-обоснование?» равнозначен вопросу: «Имеет ли проект веское экономическое обоснование?». Если в любой момент во время выполнения проекта окупаемость инвестиций снижается (например на 80%), скорее всего, проект будет остановлен.

Документ с экономическим обоснованием детализирует полное обоснование, показывая, почему проект должен быть выполнен, его стоимость, ожидаемые выгоды и временные рамки. Эту информацию также называют бизнес-обоснованием. Документ «Экономическое обоснование» – один из первых документов, создаваемых в ходе проекта, поэтому он предотвращает запуск некоторых проектов, которые приносят немного пользы. Затем бизнес-обоснование проверяется на всем протяжении проекта. Например, это может происходить в конце каждой стадии. Даже те проекты, которые начинаются для соблюдения требований законодательства, нуждаются в обосновании. Например, ценой несоответствия новому законодательству может стать потеря компанией доли рынка или клиентов. Следовательно, это может быть выражено в денежном эквиваленте [1].

Рассматривая принцип непрерывного бизнес-обоснования, нужно понимать, что он обеспечивает необходимость документирования в начале и во время выполнения проекта, так что решения могут приниматься с учётом ценности для бизнеса. Экономическое обоснование постоянно оценивается во время проекта для того, чтобы иметь понимание в его дальнейшей обоснованности для заказчика.

Команды проекта в методологии PRINCE2 должны учиться на уроках и ошибках, извлеченных из предыдущих проектов. Благодаря

этому они должны проявлять инициативу по раскрытию предыдущих извлеченных уроков и принимать их во внимание на протяжении жизни проекта [1].

Проекты уникальны, и это значит, что в них всегда создается что-то новое. Это обуславливает элемент риска, присутствующий в каждом проекте. Нужно отметить, что каждый проект имеет некоторую долю неизвестной компоненты, которую необходимо исследовать. Теперь можно заметить, почему PRINCE2 подталкивает проектную команду к проявлению инициативы по обучению на схожих задачах, которые могли выполняться в той же компании, и, если таких нет, к получению советов от людей извне (например эксперты и консультанты) [1].

«Обучение на опыте» покрывает жизненный цикл проекта от начала и до закрытия. Любой урок, извлеченный во время проекта, должен быть задокументирован. Задокументированные уроки должны передаваться и быть доступными для будущих проектов. PRINCE2 также говорит, что каждый участник проекта должен искать извлеченные уроки самостоятельно, а не ждать, что их кто-то представит.

Детализированное описание продукта будет направлять на правильные ожидания заказчика, что в свою очередь поможет внедрению требуемых продуктов. В определении PRINCE2 указывается, что проект должен иметь фокус на создании и определении продуктов, в частности, требований к качеству. Надлежащее описание продукта будет обеспечивать прозрачность и ясность, так как определяет назначение самого продукта, происхождение, его состав, форму представления, качество и метод его достижения. Поэтому вышеизложенное описание продукта будет облегчать определение нужных ресурсов, действий и взаимозависимостей.

Принцип «Фокус на продуктах» утверждает, что описание продукта должно быть написано так скоро и так ясно, как только это возможно для проекта, чтобы все заинтересованные стороны имели ясное представление о том, чего ожидать. Пункт «планы» излагает принцип фокуса на продуктах, так как описание продуктов основывается на планировании продукта.

Прекрасный практический способ – разбить любую большую задачу или проект на управляемые фрагменты. В PRINCE2 это называется «Управленческими стадиями». Проект в PRINCE2 все время планируется, осуществляется мониторинг и контролируется поэтапно, то есть стадия следует за стадией. Управленческие стадии разделены точками принятия решения управляющим советом проекта (также они известны как «Контрольные точки»).

При завершении каждой стадии управляющий совет проекта делает оценку производительности выполнения крайней стадии, план следующей стадии, его экономическое обоснование, а также принимает решение продолжать проект или остановить. Управляющий совет проекта обладает большим контролем над проектом, когда число стадий достаточно большое, но при этом также увеличивается и объем работ. Меньшее число стадий в проекте означает, что высшее руководство будет иметь меньший контроль и меньший объем работы в составе Управляющего совета проекта.

Конечно, есть преимущества в работе по стадиям, так как они должны обеспечивать надлежащий подход при планировании проекта, поскольку:

- позволяют сепарировать проект на управляемые части;
- обеспечивают одновременно высокоуровневый план для проекта как в целом, так и очень детальный для ближайшей стадии;

- обеспечивают гарантию того, что планы для будущих стадий проекта могут опираться на опыт предыдущих. Допустим, если одна команда реализовывает часть продукта или направление продуктов быстрее, чем ожидалось, это будет принято во внимание при планировании следующей фазы;

- наименьшее число управленческих стадий в проекте равно двум, к ним относятся: «Инициация», а также «Управленческая стадия». При этом процесс закрытия проекта будет являться последней частью второй стадии.

Благодаря методологии PRINCE2 можно избежать случаев, когда выпуск продукта, который ещё на стадии производства стал нецелесообразным в конкурентной среде, либо исследования показали его несостоятельность. Именно готовность остановить производство такого модуля, компонента и оперативное переключение на перспективные направления делают применение методологии актуальной. Также не стоит забывать, что выпуск наукоемких компонентов радиоэлектроники сопряжен с большим числом документов – PRINCE2 дает стандартизированный набор документов, который исключает дублирование и излишнюю бюрократию в согласованиях. Делает процессы предпроектным бизнес-анализом удобными и прозрачными для всех участников, занятых в производстве.

Процесс производства радиоэлектронных компонентов с применением Lean Six Sigma

Lean Six Sigma – это концепция, вобравшая в себя методики менеджмента качества, такие как «Бережливое производство», где имеется фокус на устранение потерь и затрат в производстве, а также концепция «Шесть сигм», которая нацелена на снижение вариабельности процессов и стабилизацию продуктовых характеристик.

Основные выгоды для предприятия:

- рост эффективности и конкурентоспособности;
- повышение эффективности на 20% (в среднем), в том числе за счет производительности;
- усиление командной работы, повышение инициативности и вовлеченности персонала;
- развитие и профессиональный рост персонала;

- дополнительное повышение эффективности производства на 5–6% ежегодно [2].

Особенностью внедрения данного подхода является то, что предприятию не следует спешить с внедрением Lean IT, что может привести к технологическим сбоям. В самом начале необходимо имплементировать требуемые технологические сервисы с описанием схем внедрения для каждого из них.

Это должно включать в себя:

- детализированную схему внедрения процесса или сервиса в эксплуатацию, что требуется для его поддержки на иницирующем этапе и в конце жизненного цикла;
- список задействованного технического персонала и его управленческие роли;



- требования к поставщикам услуг;
- планирование жизненного цикла, контроль качества;
- взаимосвязь с другими отделами.

Помимо этого, следует отметить, что в отличие от производственной методологии Lean, нацеленной на минимизацию всех видов затрат, Lean IT в наукоемкой области должна подстраиваться под скорость развития технологии и изменчивость потребностей заказчиков и внешних изменений рынка. Lean IT отличается от Lean тем, что на производстве последний носит гораздо более статичный характер, поэтому основные изменения в нем можно запланировать заранее. При внедрении Lean IT необходимо учитывать влияние внешних факторов, в особенности актуальных цифровых технологий, что потребует необходимость придания бизнес-процессам цифрового вида. Данная работа должна быть проведена силами работающего на предприятии персонала.

Таким образом, для успешного внедрения Lean IT необходима уверенная приспособляемость к изменяющимся бизнес-процессам – даже незначительный поворот в бизнес-стратегии требует от специалистов оперативного внесения изменений или добавления новой технологии. Чтобы реагировать на данные изменения, необходимо применять динамический буфер управления (Dynamic Buffer Management) – это является еще одной наработкой из концепции промышленного Lean менеджмента, но в Lean IT она поможет наладить управление услугами [3]. У отделов, занятых в производстве электронных компонентов, всегда передовой опыт и ресурсы для оптимизации рабочих процессов, в этом случае важно занять реалистичную позицию в вопросе формирования темпов построения цифровизации процессов.

Что касается применения подходов Agile, тут стоит особо подчеркнуть, что производство должно быть налажено максимально гибко.

Вывод

Применение лучших подходов к процессному управлению и внедрение передовых методик повышения качества продукции могут повысить производственную производительность радиоэлектронных компонентов в рамках НИОКР и их разработку до выстраивания гибкой и эффек-

Ведь именно держа «руку на пульсе» технологического развития и проводя анализ конкурентной среды, можно добиться востребованности выпускаемой продукции.

На основе постулатов Agile можно понять их особую востребованность в такой сфере, как производство радиоэлектронных компонентов, до текущего времени в России в основном применяли последовательные процессы и жестко следовали плану, что уменьшало в разы конкурентные тактико-технические характеристики и гибкость производства новых компонентов оборудования.

Бизнес-процессы должны следовать следующим постулатам:

1. Сотрудничество с заказчиком приоритетнее, чем согласованное условие по контракту.
 2. Постоянное отслеживание трендов.
 3. Персонал и идеи важнее следования плану, необходимо поощрять регистрации патентов.
 4. Готовность к изменениям важнее следования первоначальному плану.
 5. Постоянное стремление совершенствовать продукт.
 6. Проектом занимаются мотивированные личности, которые обеспечены нужными условиями работы, поддержкой и доверием.
 7. Тесное, ежедневное общение заказчика с разработчиками на протяжении всего проекта.
- Если говорить о третьем определении, то это отсылка к методологии PRINCE 2. Проект PRINCE2 должен включать в себя семь принципов:
1. Постоянное бизнес-обоснование.
 2. Обучение на опыте прошлого.
 3. Определенные роли и зоны ответственности.
 4. Управление по стадиям.
 5. Управление по методу исключения.
 6. Внимание на продукты.
 7. Специальные изменения для соответствия в проектной среде [4].

тивной производственной линии. Гибкость будет способствовать не только более эффективному и конкурентному выпуску продукции, но и большей скорости изменений, которая в настоящее время требуется на рынке, чтобы оставаться лидером отрасли.

Библиографический список

1. David Hinde. PRINCE2 STUDY GUIDE. – John Wiley & Sons Limited, 2017. – pp.63.
2. Michael L. George Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Speed, 1st Edition. – CORDER TRADE LLC, 2002. – pp. 127–130.
3. Daniel-Jones. Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation. – Simon & Schuster, 2011. – pp. 3–5.
4. Аджайл манифест // Россия. Стандарт гибкой методологии. Аджайл, 2022. – URL:<https://agilemanifesto.org> (дата обращения: 26.09.2021).

Гаранин Иван Васильевич – Институт радиотехнических и телекоммуникационных систем, кафедра управления качеством и сертификации РТУ МИРЭА, аспирант, бизнес-партнер по цифровым технологиям ООО Альфа Банк.

Тел.: 8(916)414-39-90

E-mail: Garanin_i.v@mail.ru

Ivan Vasilyevich Garanin – Institute of Radio Engineering and Telecommunication Systems, Department of Quality Management and Certification, RTU MIREA, postgraduate student, Business Partner in Digital Technologies, Alfa Bank LLC.

Tel.: 8(916)414-39-90

E-mail: Garanin_i.v@mail.ru

Садковская Наталья Евгеньевна – Институт радиотехнических и телекоммуникационных систем, кафедра управления качеством и сертификации РТУ МИРЭА, доцент кафедры, профессор.

Тел.: 8 (917) 555-19-37

E-mail: natsadkovskaya@rambler.ru

Sadkovskaya Natalia Evgenievna – Institute of Radio Engineering and Telecommunication Systems, department of quality management and certification RTU MIREA, associate professor of the department, professor.

Tel.: 8 (917)555-19-37

E-mail: natsadkovskaya@rambler.ru



УДК 629.78:004

*Жаворонский П.С., Пантелеев К.Д., Рахмилевич Е.Г.,**Цырков А.В., Юрцев Е.С.**Zhavoronskii P.S., Panteleev K.D., Rakhmievich E.G.,**Tsyrkov A.V., Iurtsev E.S.*

**Цифровое производство космической техники.
Задачи и направления развития. Научно-технический задел
от АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева»
в области цифрового производства**

**Digital manufacturing of space hardware.
Challenges and directions for development. Scientific and technological advance
from JSC «Afanasev «NPO «Technomac»
in the digital manufacturing field**

Сделан акцент на создание научно-обоснованных методов и решений по организации цифрового производства изделий ракетно-космической техники. Дано представление о техническом уровне производственных систем ракетно-космической промышленности как двухуровневой модели надежности технологической системы. Раскрывается сформированный АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева» научно-технический потенциал в области цифрового производства.

Emphasis is placed on the creation of science-based methods and solutions to organize digital manufacturing of aerospace products. An idea of the engineering level in the aerospace industry production systems as a two-level model of the technological system reliability is given. The scientific and technical potential in the digital manufacturing field formed by JSC «Afanasev «NPO «Technomac» is disclosed.

Ключевые слова: цифровизация, цифровое производство, космическая техника, жизненный цикл изделия, научно-технический задел.

Keywords: digitalization, digital manufacturing, space hardware, product lifecycle, scientific and technological advance.

В условиях ужесточения мировой конкуренции и нарастания военных угроз фактор цифровизации производственных систем (ПС) предприятий ракетно-космической промышленности (РКП) как инструмента управления их эффективностью стал критическим. Он позволяет существенно сократить сроки подготовки производства изделий ракетно-космической техники (РКТ), обеспечить координацию взаимодействия институтов генеральных конструкторов,

руководителей приоритетных технологических направлений, ведущих технологов отрасли и представителей государственных заказчиков в рамках соответствующих проектных задач на различных стадиях жизненного цикла изделий РКТ, упорядочить, унифицировать и формализовать основные процедуры управления программами развития ПС РКП на уровнях руководства предприятий, профильных департаментов и руководства Госкорпорации «Роскосмос».

**Организационные и теоретические предпосылки,
цель и задачи цифровизации производственных систем предприятий РКП**

В 2019 году утверждена «Стратегия цифровой трансформации Государственной корпорации по космической деятельности «Роскосмос»

на период до 2025 года и перспективу до 2030 года» (далее – Стратегия Госкорпорации «Роскосмос»). Комплекс работ по реализации Стратегии Госкор-



порации «Роскосмос» включает последовательно выполняемые блоки мероприятий:

- технологический аудит (ТА) с оценкой технического и цифрового уровня предприятий РКП для выявления структурных проблем и обоснования задач организации цифрового производства;
- создание эффективных технологических систем (ТС) и элементов систем организации цифрового производства на уровне ERP и MES-систем.

В настоящее время цифровизация производства в РКП сдерживается факторами неоднородности оборудования по техническому уровню, слабой нормативно-методической обеспеченностью и координацией мероприятий по цифровизации ПС. Реализуемые на сегодняшний день мероприятия по созданию и использованию цифровых технологий в производстве изделий РКТ не позволяют в полном объеме решить задачи Стратегии Госкорпорации «Роскосмос».

Анализ задач Стратегии Госкорпорации «Роскосмос», выполненный по работам Капустина Н.М., Колобова А.А., Омельченко И.Н., Орлова А.И., Павлова В.В., Фалько С.Г., Ставровского М.Е., Цыркова А.В., Утенкова В.М., Ключко В.Н., Лопоты А.В., Савинова Ю.И., Пантелеева К.Д., показал неполноту применяемых в отрасли моделей и методов организации цифрового производства изделий РКТ, а также необхо-

димость разработки общеотраслевого системного подхода к формированию цифрового облика ПС РКП с ранних стадий жизненного цикла изделий (ЖЦИ) РКТ.

Учитывая изложенное, цель обеспечения мероприятий Стратегии Госкорпорации «Роскосмос» состоит в создании научно обоснованных методов и решений по организации цифрового производства изделий РКТ.

Достижение поставленной цели требует решения следующей совокупности взаимосвязанных комплексов задач:

- анализа методов решения целевых задач по организации цифрового производства в РКП, поставленных на основе данных технологического аудита предприятий;
- разработки цифровых моделей надежности выполнения заданий ПС с начальных стадий ЖЦИ РКТ;
- разработки методов контроля состояния технологических систем на основе предиктивных технологий управления жизненным циклом (ЖЦ) оборудования;
- алгоритмизации и внедрения результатов исследований в виде информационно-программных средств автоматизации управления высокотехнологичным оборудованием в условиях цифрового производства.

Методические аспекты цифровизации технологических процессов и производств ракетно-космической промышленности

Задача повышения эффективности внедрения технологий «цифрового производства» в обеспечение Стратегии Госкорпорации «Роскосмос» требует разработки общеотраслевого системного подхода к формированию и сопровождению цифрового облика производственных систем с ранних стадий создания изделий РКТ.

Анализ отраслевого, отечественного и мирового опыта по внедрению новых элементов «Индустрии 4.0» показал, что для реализации единого отраслевого подхода по цифровизации процессов организации производства в РКП наиболее перспективным представляется комплекс решений на основе методологии производственно-ориентированного управления (ПОУ), позволяющий реализовать методические решения по управлению жизненным циклом изделий

(ЖЦИ) РКТ, обеспечивая взаимодействие PLM и ERP комплексов (рис. 1) [1–3].

При этом для создания перспективной системы управления предприятием отрасли на основе методологии ПОУ должны быть разработаны модели оценки уровня цифровизации как составляющей комплекса показателей технического уровня (ТУ) ПС, структурной декомпозиции с учетом условий слабоструктурированной задачи управления надежностью ТС изготовления изделий РКТ.

В АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева» разработаны методические положения по определению числового значения ТУ ПС, под которым понимается суммарный показатель, численно характеризующий степень совершенства техники, технологии, оборудования, в том числе



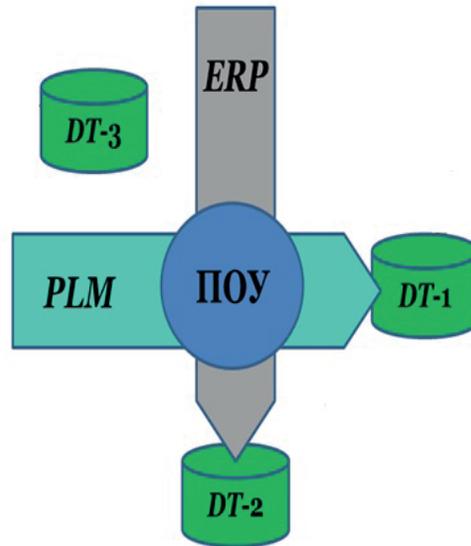


Рис. 1. Концептуальная схема методологии ПОУ

и уровень цифровизации процессов предприятия, достигнутый или планируемый на определенный момент времени.

С учетом зарубежных практик сформирован облик «идеального» предприятия, принятый в качестве ориентира для сравнения и оценки ТУ ПС РКП. ТУ рассчитывается на основе показателей основных (нормируемых) видов работ. Каждый вид работ описывается одним или несколькими определителями ТУ [4]. По результатам ТА сформирован комплекс проектных задач цифровизации процессов организации производства изделий РКТ предприятий РКП.

С учетом слабой структуризации процессов организации производства в условиях перехода от опытного к серийному производству изделий РКТ модель комплекса задач представлена в виде нечеткой двухуровневой системы [5–7]:

$$\tilde{Z} = (\tilde{Z}, \tilde{P}), \tag{1}$$

где $\tilde{Z} = \{\tilde{Z}_{ij}\}$ – нечеткое множество задач цифровизации процессов организации производства; $\tilde{P} = \{\tilde{P}_{ij}\}$ – нечеткое множество отношений иерархической соподчиненности задач; $i = (1; 2)$ – номер уровня задачи; j – номер задачи в рамках уровня.

На первом уровне решаются задачи формирования планов реконструкции, технического перевооружения и модернизации ИТ – инфраструктуры для повышения эффективности ПС цехов предприятий РКП.

На втором уровне решаются задачи контроля и регулирования текущего состояния ТС (оборудования) участков и рабочих мест в рамках сформированных ПС цехов предприятий РКП.

Типовая модель задачи первого уровня имеет вид:

$$\tilde{Z}_{1j} = (\tilde{M}(\tilde{S}_{1j}), \tilde{Q}_{1j}, \tilde{U}_{1j}) \tag{2}$$

где $\tilde{M}(\tilde{S}_{1j}) = (\tilde{S}_{1j}, W_{1j})$ – модель исходной ситуации формирования плана технического перевооружения и модернизации ИТ – инфраструктуры ПС j -го цеха; $\tilde{S}_{1j} = (\tilde{K}_{1j}, \tilde{T}_{1j}, \tilde{PC}_{1j})$ – модель структуры конструкторско-технологического состава изделий РКТ и ПС j -го цеха; W_{1j} – номенклатура показателей вариантов K_{1j}, T_{1j}, PC_{1j} ; $\tilde{Q}_{1j} = \{C_{\Sigma}, W_{\Sigma}, t_{np}, \varphi\}_{1j}$ – модель цели реорганизации ПС j -го цеха, где $C_{\Sigma_{1j}}$ – среднее значение (математического ожидания) оценки стоимости реорганизации ПС j -го цеха; $W_{\Sigma_{1j}}$ – номенклатура целевых показателей реорганизации ПС j -го цеха; $\varphi: W_{\Sigma_{1j}} \rightarrow \max$ – целевая функция управления реорганизации ПС j -го цеха; $C_{\Sigma_{1j}} \leq C_{npzad}, t_{np} \leq t_{npzad}$ – целевые требования к показателям затрат и времени (его предельное значение) реорганизации ПС j -го цеха.

Необходимо отметить, что основной вклад в повышение эффективности ПС предприятий РКП вносят мероприятия обеспечения надежности ТС серийного производства. Поэтому в подавляющем большинстве случаев решение задачи первого

уровня сводится к обеспечению требуемого уровня надежности ТС серийного производства РКП.

С учетом изложенного в работе для первого уровня представлено решение задачи управления надежностью ТС производства изделий РКП путем формирования планов реконструкции, технического перевооружения и модернизации ИТ – инфраструктуры ПС цехов предприятий РКП.

Модель задачи второго уровня имеет вид:

$$F_2 = F(T, Q_{TOuP}, U_{TOuP}) \quad (3)$$

где T – модель модуля технологического оборудования, определяющего интегральный показатель надежности ТС;

$$Q_{TOuP} = \{C_{\Sigma TOuP}, \omega_T, \Phi_{TOuP}\}_i \quad (4)$$

(4) – модель цели управления надежностью ТС. В (3) и (4) $C_{\Sigma TOuP}$ – оценка среднего значения (математического ожидания) оценки стоимости программы ТОиР; ω_T – номенклатура производственно-технологических факторов, определяющих состояние оборудования; TC_i . В (3) и (4) $C_{\Sigma TOuP}$ – целевая функция управления ТОиР; P_{TC} – оценка среднего значения (математического ожидания) интегрального показателя надежности ТС; $P_{TC} \geq P_{тсзад}$, $t_{пр} \leq t_{прзад}$ – целевые требования к надежности ТС и времени (его предельному значению) программы ТОиР; $\tilde{U}_{TOuP} = \{\tilde{u}_{TOuP}\}$ – нечеткое множество программ ТОиР.

На втором уровне идентифицируются и структурируются виды производственно-технологических факторов, формируются регрессионные модели зависимостей целевых функций вероятности отклонений показателей надежности ТС от производственно-технологических факторов вида с оценкой вклада факторов в величину разбросов параметров:

$$Y_j = b_{0j} + \sum_{i=1}^N b_{ij} x_i, \quad (5)$$

где Y_j – целевая функция; b_{ij} – коэффициенты регрессии; x_i – производственно-технологические факторы (детерминированные величины дефектов, износа элементов, обеспечивающих точность оборудования: шпинделя, подшипников, шариково-винтовых пар, зубчатых и ременных передач, электродвигателей, насосов и т.д.).

В АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева» обобщен отраслевой опыт, сформулирован единый подход и разработана типовая модель процесса контроля и регулирования стабильности значений показателей надежности ТС в условиях опытного и серийного производств. Классифицированы основные производственно-технологические факторы, влияющие на стабильность параметров создаваемых изделий РКП, методика организации ТОиР на предприятиях отрасли в соответствии с ГОСТ 34479-2018.

Научно-технический задел АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева» в области цифрового производства

В рамках Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы» с 20 мая 2016 г. по 31 декабря 2018 г. ФГУП «НПО «Техномаш» (Индустриальный партнер) совместно с ФГБОУ ВО РТУ – МИРЭА (головной исполнитель) разработан комплекс информационно-программных средств, обеспечивающих автоматизацию управления высокотехнологичным оборудованием с числовым программным управлением, обеспечивающий следующие функции:

1. Мониторинг технологического оборудования, контроль основных параметров, фиксация времени работы, определение количества произведенной продукции.

2. Управление жизненным циклом управляющих программ обработки деталей на станках с численно-программным управлением (ЧПУ), создание, постпроцессирование, загрузка управляющей программы на станок с ЧПУ, верификация и архивирование.

3. Организация сменно-суточного планирования производства, диспетчирование, выдача производственных заданий всем участникам производственного процесса, мониторинг и ресурсное обеспечение выполнения производственного задания.

4. Взаимодействие с любыми существующими на предприятии автоматизированными информационными системами.

Комплексное обеспечение информационной безопасности.



Выводы

В настоящее время для решения задач Стратегии Госкорпорации «Роскосмос» целесообразно на базе разработанного научно-методического обеспечения и комплекса информационно-программных средств провести мероприятия:

1. Совершенствование научно-методического подхода, разработка (уточнение) технических требований к промышленным технологиям информационной поддержки индустриального (жизненного) цикла образцов РКТ, их интеграции в информационно-аналитические системы Госкорпорации «Роскосмос».

2. Разработка (уточнение) проектов научно-методических, организационных и нормативно-правовых документов обеспечения создания и функционирования информационной системы поддержки ЖЦИ РКТ, включая методическое обеспечение обоснования стратегии управления,

нормативно-правовые формы реализации непрерывного сопровождения по всем его стадиям с обеспечением соответствующего финансирования.

3. Разработка технических предложений по реализации промышленной технологии информационной поддержки ЖЦИ РКТ на базе головного предприятия отрасли, основанной на использовании средств ИПИ-технологий индустриального цикла, и ее интеграции в информационно-аналитические системы Госкорпорации «Роскосмос».

4. Создание на базе головного предприятия отрасли демонстрационного макета (применительно к перспективному комплексу технологии информационной поддержки ЖЦИ РКТ) с целью выявления условий, повышающих эффективность процесса управления индустриальным (жизненным) циклом образца.

Библиографический список

1. Лопота А.В., Цырков Г.А. Принципы построения системы управления проектно-производственной деятельностью для создания сложной технической продукции // Информационные технологии в проектировании и производстве: Науч.-техн. журн. – 2015. – № 2. – С. 19–28.

2. Управление жизненным циклом продукции с позиций нового уклада организации производственных систем. Цырков А.В., Юрцев Е.С., Рагуткин А.В., Цырков Г.А., Ермохин Е.А. Качество и жизнь. – 2019. – № 2 (22). – С. 28-34.

3. Реализация системы управления проектно-производственной деятельностью для создания сложной технической продукции Цырков А.В., Юрцев Е.С., Рагуткин А.В., Цырков Г.А., Ермохин Е.А. Информационно-технологический вестник. – 2019. – № 4 (22). – С. 147-161.

4. Опыт ФГУП НПО Техномаш в проведении технологического аудита уровня цифрового развития предприятий ракетно-космической промышленности // Юрцев Е.С., Рахмилевич Е.Г., Чернодод И.И., Захаров В.А., Шурко А.Н., Каргапольцев Д.М. // Станкоинструмент. – 2020. – № 3 (20). – С. 76–81.

5. Рагуткин А.В., Сидоров М.И., Юрцев Е.С. Модели организации цифрового машиностроительного производства: монография / А.В.Рагуткин, М.И.Сидоров, Е.С.Юрцев; под ред. А.В. Рагуткина // М.: Эко-Пресс, 2021. – 289 с.

6. Управление жизненным циклом продукции с позиций нового уклада организации производственных систем / Е.С. Юрцев, А.В. Рагуткин [и др.] // Качество и жизнь. – 2019. – № 2(22). – С. 28-34.

7. Пантелеев К.Д., Юрцев Е.С. Программно-целевой подход к управлению показателями технического уровня перспективных изделий космической техники // Вестник «НПО «Техномаш». – 2021. – № 1 (14). – С. 28-31.

Жаворонский Павел Сергеевич – инженер-технолог 2 категории АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева».

Тел.: 8(495) 689-31-73 доб. 24-93.

E-mail: Zhavoronskij@tmnpo.ru

Zavoronskii Pavel Sergeevich – Category 2 Process engineer of JSC «Afanasev «NPO «Technomac».

Tel.: 8(495) 689-31-73 ext. 24-93.

E-mail: Zhavoronskij@tmnpo.ru

Пантелеев Константин Дмитриевич – ведущий научный сотрудник АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева».

Тел.: 8(495) 689-95-26, доб. 97-01.

E-mail: K.Panteleev@tm.fsa

Panteleev Konstantin Dmitrievich – Leading Research Officer of JSC «Afanasev «NPO «Technomac».

Tel.: 8(495) 689-95-26 ext. 97-01.

E-mail: K.Panteleev@tm.fsa

Рахмилевич Евгений Георгиевич – директор центра АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева».

Тел.: 8(495) 689-31-73, доб. 25-58.

E-mail: E.Rahmilevich@tmnpo.ru

Rakhmilevich Evgenii Georgievich – Center Director of JSC «Afanasev «NPO «Technomac».

Tel.: 8(495) 689-31-73 ext. 25-58.

E-mail: E.Rahmilevich@tmnpo.ru

Цырков Александр Владимирович – главный научный сотрудник АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева».

Тел.: 8(495) 689-31-73 доб. 24-93.

E-mail: A.Tsyrcov@tmnpo.ru

Tsyrcov Aleksandr Vladimirovich – Principal Research Officer of JSC «Afanasev «NPO «Technomac».

Tel.: 8(495) 689-31-73 ext. 24-93.

E-mail: A.Tsyrcov@tmnpo.

Юрцев Евгений Сергеевич – заместитель директора центра АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева»

Тел.: 8(495) 689-95-26, доб. 95-26.

E-mail: E.Yurcev@tmnpo.ru

Iurtsev Evgenii Sergeevich – Deputy Center Director of JSC «Afanasev «NPO «Technomac».

Tel.: 8(495) 689-95-26, ext. 95-26.

E-mail: E.Yurcev@tmnpo.ru



УДК 658.562.5

Кондратенко А.Н.
Kondratenko A.N.

Методика определения технического уровня технических средств, технологического и испытательного оборудования, систем

Methodology for determining the engineering level of technical means, process and test equipment, systems

Разработана методика определения технического уровня наземных объектов космических ракетных комплексов, производственной и испытательной базы организаций и предприятий ракетно-космической промышленности, основанная на учете физического капитала, разработанной классификации средств, технологического и испытательного оборудования, систем по техническому уровню и на применении оригинального принципа агрегирования их количественных показателей в обобщенный показатель технического уровня. Установлена функциональная зависимость технического уровня объектов наземной космической инфраструктуры, производственной и испытательной базы организаций и предприятий ракетно-космической промышленности от капитальных вложений в основные фонды.

The methodology for determining the engineering level of ground objects of space missile systems, production and test base at organizations and enterprises of the aerospace industry, based on the accounting of physical capital, developed means classification, process and test equipment, systems on the engineering level and on the application of the original principle of aggregating their quantitative indicators into a generalized indicator of the engineering level has been developed. The functional dependence of the engineering level among the ground space infrastructure facilities, production and testing facilities of organizations and enterprises in the aerospace industry on capital investments in fixed assets has been established.

Ключевые слова: классификация, космический ракетный комплекс, методика, наземные объекты, системы, средства, технический уровень, технологическое и испытательное оборудование, чистые зоны и помещения.

Keywords: classification, space missile complex, methodology, ground facilities, systems, means, engineering level, process and test equipment, clean areas and rooms.

Развитие подходов и методов определения технического уровня объектов эксплуатации или производства

В целях оценки состояния технико-экономического (производственного) потенциала различных видов деятельности в последние годы проводились многочисленные исследования производственных мощностей и уровня их загрузки, стоимости и износа основных производственных фондов [1–3]. Вместе с тем исследуемые технико-экономические показатели отражают количественные характеристики технико-экономического потенциала и практически не дают информации о техническом уровне (ТУ) средств, технологического и испытательного оборудования, систем (СОС). В частности, износ основных фондов

«сигнализирует» о предстоящем в определенный период сокращении их количественного состава (выбытии), увеличении производственных затрат на получение продукции требуемого качества и на дополнительное обслуживание и ремонт основных фондов.

Для случая космических ракетных комплексов (КРК) расчет (оценка) максимально достижимого при определенных условиях количества пусков, определяемого мощностью КРК, проводится с учетом практически всего состава СОС, в том числе находящихся в процессе ремонта и модернизации, а также дает лишь косвенное пред-

ставление о ТУ СОС КРК посредством анализа номенклатуры выполняемых работ и оказываемых услуг (уровня их технологичности). Также искаженная оценка ТУ СОС формируется на основе его привязки к доле СОС со сроком эксплуатации менее $5 \div 10$ лет или доле обновленных и новых основных производственных фондов.

В настоящее время Росстат применяет укрупненную классификацию отраслей по уровню технологического развития, определяемого по отношению затрат на научно-исследовательские опытно-конструкторские работы (НИОКР) к валовой добавленной стоимости. В классификации выделяются виды деятельности высокого технологического уровня и среднетехнологичные (высокого уровня) виды деятельности. К первой группе относится, например, производство электронных компонентов, аппаратуры для радио, телевидения и связи, летательных аппаратов, а ко второй – производство машин и оборудования, не вошедших в предыдущую группу. Вместе с тем материалы и комплектующие изделия высокотехнологичных отраслей изготавливаются по кооперации на предприятиях, имеющих различный ТУ объектов эксплуатации или производства. Единый подход к определению ТУ объектов эксплуатации или производства отсутствует, что связано с различием критериев, применяемых для его оценки [4–5].

В настоящей работе предложена новая методика определения ТУ наземных объектов (НО) КРК, объектов производственной и испытательной базы организаций и предприятий РКП, представляющих комплексный (агрегированный) показатель ТУ используемых СОС НО КРК, которая основана:

- на классификации средств, технологического и испытательного оборудования, систем по ТУ для различных технологических процессов;
- на принципе агрегирования количественных показателей ТУ средств, технологического и испытательного оборудования, систем в обобщенный показатель ТУ НО КРК, объектов производственной и испытательной базы организаций и предприятий РКП.

В части классификации средств, технологического и испытательного оборудования, систем по ТУ особое внимание в предложенной методике уделено основным направлениям научно-технического прогресса:

– механизации, автоматизации и роботизации, замене машин принципиально новыми техническими системами, которые изменяют положение, роль человека в процессе производства и которые превращают человека из исполнителя технологических операций в наладчика и контролера сложного оборудования, автоматических систем;

– изменениям в технических средствах и системах, связанных с развитием микроэлектроники, программного обеспечения, информационных технологий, созданием чистых зон и помещений, обеспечением безопасности технологических процессов.

В разработанной методике в основу агрегирования количественных показателей ТУ СОС в обобщенный показатель ТУ НО КРК, объектов производственной и испытательной базы организаций и предприятий РКП положена ценность средств, оборудования и систем (товара) – денежная оценка их полезности, которая определяется равновесием предельной полезности товара (цены спроса) и предельных издержек на производство товара (цены предложения) [6].

Прежние методики определения технического уровня основываются на концепции учета трудозатрат в соответствии с трудовой теорией стоимости [7], полагавшей, что новая стоимость создается только наемными рабочими. Вместе с тем очевидна их неприменимость по мере совершенствования средств производства и перехода к «безлюдным технологиям». Например, в действующем руководящем нормативном документе [8] показатель применения прогрессивного технологического оборудования определяется отношением трудоемкости изготовления изделия на прогрессивном оборудовании к трудоемкости изготовления изделия. Если учесть, что выполнение технологических операций на прогрессивном, высокопроизводительном оборудовании требует минимального по времени присутствия работников, то указанный показатель стремится к нулю.

В части ценообразования теория трудовой стоимости на практике реализовалась в модели затратного ценообразования, в которой цены формировались на основе затрат труда, что консервировало низкую эффективность производства и технический прогресс.



Классификация средств, технологического и испытательного оборудования, систем для различных технологических процессов

В настоящей работе получили развитие основные подходы, сформулированные в [4, 5, 9], применительно к рассмотрению ТУ различных видов реализации технологических процессов на НО КРК, объектов производственной и испытательной базы организаций и предприятий РКП, отражению степени автоматизации выполнения управляющих, информационных и вспомогательных функций.

Для определения ТУ СОС ранее предложенная в [9] классификация оборудования для промышленных предприятий обобщена на случай наземной космической инфраструктуры и дополнена с учетом чистых зон и помещений (ЧЗП), модульных или встроенных в существующие строительные конструкции, соответствующих определенному классу чистоты в соответствии с ГОСТ Р ИСО 14644-4-2002 [10], аналогично [4, 5] для промышленных предприятий. Модифицированная классификация элементов (средств, оборудования, систем и ЧЗП) по степени возрастания ТУ 1 от 1 до 7 имеет вид:

- СОС с ручным управлением – $l = 1$;
- простые СОС частично механизированные – $l = 2$;
- простые СОС полностью механизированные – $l = 3$;
- СОС частично автоматизированные – $l = 4$;
- СОС полностью автоматизированные и ЧЗП 8-го класса чистоты – $l = 5$;
- СОС автоматизированные с программным управлением и ЧЗП 7-го класса чистоты – $l = 6$;
- гибкие автоматизированные и программируемые системы и ЧЗП 6-го и выше класса чистоты – $l = 7$.

Применительно к техническим средствам, технологическому оборудованию, технологическим системам и ЧЗП основные термины и определения представлены в [10–16]. Учет ЧЗП особенно актуален при определении ТУ сборочных, испытательных и аппаратных технологических процессов для ракет-носителей, космических аппаратов. На НО КРК ЧЗП с классом чистоты более высоким чем шестой встречаются достаточно редко – ЧЗП таких классов чистоты используются в основном в производстве интегральных

микросхем с расстоянием между проводниками менее 2 мкм, фармацевтическом производстве и хирургии, которые в настоящей работе не рассматриваются. Термин «оборудование» применяется также к ЧЗП.

Способы повышения ТУ СОС технологий производства работ зависят от технологического процесса. Например, в сборочно-сварочном производстве ЧЗП не используются, при финишной сборке наиболее существенным является класс чистоты ЧЗП, а при проведении испытаний и аппаратурных процессов – уровень автоматизации выполнения управляющих, информационных, вспомогательных функций автоматизированной системы испытаний (АСИ) и автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУТП). Таким образом, основное проявление повышения ТУ СОС:

- при $1 \leq l \leq 3$ – сокращение затрат ручного труда при росте l ;
- при $3 \leq l \leq 7$ – автоматизация выполнения управляющих, информационных и вспомогательных функций при росте l ;
- при $5 \leq l \leq 7$ – соответственное изменение класса чистоты ЧЗП с 8-го по 6-й при росте l ;

ТУ $l=1$ соответствуют ручные орудия для производства работ без использования энергии неживой природы, которые ни в одном из рассматриваемых видов производств практически не используются. ТУ $l=7$ отвечает оборудование с системами обеспечения его функционирования в автоматическом режиме, обладающее свойствами быстрой переналадки при изменении предметов труда, позволяющее реализовать любой закон регулирования простой сменой программы.

Далее подробнее рассмотрим классификацию СОС НО КРК для процессов:

- сварки;
- сборки и испытаний;
- аппаратурных;
- транспортных, погрузочно-разгрузочных и установочных.

Для случая производственной и испытательной базы организаций и предприятий РКП к вышеперечисленным процессам добавляются механические процессы.

1. Процессы сварки

В настоящее время на НО КРК сварка практически не используется в технологических процессах. Однако предстоит создание и последующая эксплуатация КРК сверхтяжелого класса (СТК). В отечественной практике известно, что поскольку РН Н-1 обладала большими габаритами, ее ступени поставлялись в виде табельных фрагментов, из которых в монтажно-испытательном корпусе (МИК) для РН Н-1 производилась сварка баков и сборка ступеней ракеты. Поэтому для общности изложения в настоящем разделе целесообразно рассмотреть классификации сварочных процессов как на производственной и испытательной базе организаций и предприятий РКП, так и на НО КРК.

В сварочных процессах используется энергия неживой природы и, как правило, физические усилия работника при проведении технологических операций минимальны, поскольку в случае закрепления и размещения крупногабаритных свариваемых изделий применяется вспомогательное оборудование: манипуляторы, позиционеры, кантователи, вращатели, роликовые стенды, поворотные столы и др. Сварочное оборудование, имеющее ТУ $l=1$ и $l=2$, отсутствует.

Сварочному оборудованию с ТУ $l=3$ соответствуют инверторные аппараты для ручной дуговой сварки и аргоно-дуговой сварки с использованием плавящегося электрода или электрода с покрытием.

Сварочное оборудование с ТУ $l=4$ представляет собой инверторные полуавтоматы, в которых

непрерывная подача электрода обеспечивается применением электродной проволоки. Сварка ведется при постоянном токе в активном или инертном газе или с применением самозащитной проволоки.

Сварочное оборудование с ТУ $l=5$ производит не только непрерывную подачу электродной проволоки, но и перемещение сварочного инструмента или свариваемого изделия по заданной программе. При этом автоматизирован процесс регулирования напряжения дуги изменением по заданному закону скорости подачи электродной проволоки при отклонении напряжения дуги от номинального значения. Наибольшее распространение получили два вида автоматического оборудования: подвесные (неподвижные и самоходные) головки и сварочные тракторы.

Сварочное оборудование с ТУ $l=6$ по сравнению с оборудованием с ТУ $l=5$ является программируемым, способным производить сварку по многочисленным контурам, требующим изменения положения сварочного инструмента и параметров сварки. Как правило, такое оборудование полностью укомплектовано цифровыми системами: слежения за линией стыка, регистрации и контроля параметров режима. Такого рода системами оснащаются, например, установки для фрикционной сварки с перемешиванием, электронно-лучевой сварки и др.

Сварочного оборудования с ТУ $l=7$ данной классификацией не предусмотрено.

2. Сборочно-испытательные процессы

Автоматизация сборочных процессов является чрезвычайно затратным мероприятием. Так, например, при выполнении сборки и испытаний, подготовки к пускам и пусках РКП на НО КРК время выполнения вспомогательных переходов сборочных операций превышает время технологических переходов.

Для выполнения технологических переходов применяется ручной механизированный инструмент (электрический, пневматический, гидравлический). Для выполнения вспомогательных работ используются сборочные приспособления следующих видов: зажимные, установочные,

рабочие, контрольные, для изменения положения объектов в ходе сборки, универсально-сборные приспособления (универсальная сборная переналаживаемая оснастка), приспособления для пригоночных и вспомогательных работ. Для закрепления и изменения положения крупногабаритных изделий в ходе сборки используются сборочные стенды.

ТУ l технологического оборудования, используемого в сборочных операциях, соответствует $l=2$ или $l=3$ при использовании механизированных сборочных приспособлений, сборочных стендов.



ТУ СОС в сборочно-испытательных процессах определяется ТУ СОС для проведения испытаний и классом чистоты зон и помещений.

Основным результатом проведения испытаний является измерение определенных характеристик объекта в заданных условиях. Постоянное увеличение функциональной сложности, интеграции изделий, широкое внедрение цифровых методов обработки, передачи информации и микропроцессорных устройств обуславливают постоянное изменение контрольно-испытательной аппаратуры. Повышающиеся требования к объектам испытаний по стойкости к воздействию внешних факторов, надежности, долговечности обуславливают значительное увеличение объема испытаний и приводят к увеличению трудоемкости испытаний и контроля. ТУ испытательного оборудования определяется, в первую очередь, уровнем автоматизации управляющих, информационных и вспомогательных функций АСИ с использованием цифровых методов сбора, обработки, хранения и передачи информации.

Минимальный ТУ СОС для проведения испытаний $l=3$ поскольку физические усилия работников инженерно-технического персонала при проведении технологических операций испытаний минимальны.

В испытательных СОС, соответствующих ТУ $l=3$, выполнение управляющих, информационных и вспомогательных функций не автоматизировано. Управление параметрами испытаний производится в ручном режиме на основании показаний контрольно-измерительных приборов. Не осуществляется автоматическое выполнение формирования и сбора информации. Как правило, проверка результатов испытаний проводится на основании визуального осмотра.

На СОС с ТУ $l=3$ проводят [16]:

- испытания на герметичность способом аквариума;
- испытания на герметичность сварных швов с использованием воздушно-гелиевой смеси и течеискателя;
- пневматические и гидравлические испытания до предельного паспортного уровня;
- механические испытания на стендах статических, динамических, вибродинамических испытаний;

– климатические испытания в камерах влаги и дождевания, камерах песка и пыли, камерах соляного и морского тумана и т.д.

Испытательные СОС с ТУ $l=4$ автоматически выполняют только информационные функции (формирование и сбор информации), а решения по управлению принимает и реализует оператор. Информационные функции могут выполняться двумя способами:

- без использования программно-технического комплекса (ПТК) – оператор получает контрольно-измерительную информацию о состоянии технологического объекта управления (ТОУ);
- с использованием ПТК – ПТК обрабатывает информацию от ТОУ, определяет комплексные технологические и технико-экономические показатели, на основании которых оперативный инженерно-технический персонал оценивает ход технологического процесса и контролирует состояние и работу СОС. Данные из информационно-вычислительного комплекса выводятся на пульт управления. Управляющие воздействия направляются с пульта управления и через управляющие органы реализуются в ТОУ.

Испытательные СОС с ТУ $l=5$ включают АСИ с ПТК в режиме «советчика». Отличие от уровня $l=4$ состоит в том, что поступающая в ПТК информация анализируется, и оперативный инженерно-технический персонал получает решения-советы по управлению ТОУ. На оперативный персонал в этих системах возлагаются функции принятия окончательных решений и организации воздействий на ТОУ. АСИ с ПТК в режиме «советчика» автоматически выполняет функции информационные, локального управления и с помощью модели процесса формирует советы по выбору управляющих воздействий с учетом критерия.

Испытательные СОС с ТУ $l=6$ используют АСИ, выполняющую автоматически все функции, включая управление процессом по критерию. ПТК включен в замкнутый контур автоматического управления.

АСИ с ПТК может быть реализована в нескольких вариантах:

ПТК выполняет функции центрального управляющего устройства (супервизорное управление) – на основании поступающей информации и ее обработки ПТК формирует в качестве управ-



ляющих воздействий задания на контуры автоматического регулирования и непосредственно выставляет их на регуляторах;

ПТК выполняет функции прямого цифрового управления – регулирующие воздействия передаются непосредственно через управляющие органы на ТОО, регуляторы используют лишь в качестве резерва.

Роль оперативного инженерно-технического персонала в обоих случаях сводится к контролю функционирования ПТК. Оператор вмешивается в ход процесса управления лишь в непредвиденных аварийных ситуациях. ПТК позволяют изменением программы реализовать любой закон регулирования и создает возможности для разработки гибких систем, так как простой сменой программы легко изменить закон регулирования.

3. Аппаратурные процессы

В аппаратурных операциях особые требования предъявляются к надежности управления технологическими процессами. Необходимость быстрого вмешательства в ход реакции при отклонениях параметров в случайные моменты времени делает труд производственно-технического персонала в аппаратурных процессах напряженным. При этом напряженность труда связана с увеличением не физической нагрузки, а, как правило, умственной, обусловленной необходимостью осмысления возникших технологических ситуаций, принятия решений часто в кратчайшие сроки.

ТУ оборудования для проведения аппаратурных процессов $l=1$ не реализуется.

ТУ $l=2$ могут иметь аппараты открытого типа, в которых ручным способом производится, например, заправка, слив компонентов СЧ РКН или СЧ КА. В настоящее время такие аппараты устарели и встречаются крайне редко.

В аппаратах, соответствующих ТУ $l=3$, управление производится в ручном режиме на основании показаний контрольно-измерительных приборов. Не осуществляется автоматическое выполнение формирования и сбора информации.

Аппараты с ТУ $l=4$ и $l=5$ имеют функциональную структуру аналогичную функциональной структуре испытательных средств,

Для испытательных СОС с ТУ $l=7$ к функциям испытательных СОС предыдущего уровня добавляются функции хранения, обработки результатов измерений и их анализ: расчет физических значений параметров, усреднение параметров, определение расчетных неизменяемых параметров, построение экспериментальных характеристик объекта испытаний, анализ их устойчивости, статистический анализ и пр. Также могут реализовываться вспомогательные функции АСИ, которые состоят в контроле функционирования технических и программных средств самой АСИ и представления этой информации инженерно-техническому персоналу или осуществления управляющих воздействий на соответствующие компоненты обеспечения АСИ.

оборудования и систем с ТУ $l=4$ и $l=5$ с терминологическим различием – функции АСИ выполняет АСУТП.

В аппаратах с ТУ $l=6$ реализуется диалоговый режим, при котором в отличие от режима «советчика» оператор имеет возможность корректировать постановку и условия задачи, решаемой ПТК при выработке рекомендаций по управлению технологическим объектом управления. При диалоговом режиме инженерно-технический персонал имеет возможность получать по запросу через монитор дополнительную информацию о настоящем, прошлом и будущем процесса и лишь после этого принимать решение о целесообразности изменения технологического режима.

Аппараты с ТУ $l=7$ имеют функциональную структуру, аналогичную функциональной структуре испытательным СОС с ТУ $l=7$. Различия в технологическом уровне при одинаковом функционале обусловлено определенной индивидуальностью объектов испытаний, требующей обработки результатов измерений и их анализа.

В большинстве применяемых аппаратов периодического действия реализуется режим «советчика» – $l=5$, а в аппаратах непрерывного действия – диалоговый режим, а также режимы супервизорного управления и непосредственного цифрового управления – $l=6$ и $l=7$.



4. Транспортные, погрузочно-разгрузочные и установочные процессы

Рассмотрим используемые специализированные СОС для транспортных, погрузочно-разгрузочных и установочных процессов НО КРК [14, 15, 17]:

- на этапе транспортирования составных частей РКН на космодром или позиционный район технического комплекса используются средства и оборудование укладки и закрепления составных частей РКН и необходимое технологическое оборудование на транспорте, дооборудованные общепромышленные, специализированные и специальные железнодорожные, автодорожные, морские и воздушные транспортные средства;

- на этапе разгрузки транспорта используются средства подведения средств обслуживания, перегрузки составных частей РКН, в том числе подъема и перемещения на одно из рабочих мест МИК;

- на этапе демонтажа технологического оборудования с составных частей РКН и их подготовки к автономным испытаниям средства укладки составных частей РКН на стенды, ступени или же на монтажно-стыковочные тележки, средства размещения около испытуемых объектов технологического оборудования;

- на этапах автономных испытаний бортовых систем РН и сборки РКН используются монтажно-стыковочные тележки, подъемные механизмы;

- на этапах укладки РКН на специальный транспорт, предназначенный для его доставки к месту старта, транспортировки РКН на стартовый комплекс, установки РКН на пусковой стол, включающий в себя операции центрирования РКН относительно пусковой установки, сближения опор пусковой установки и опор РКН используется специальный транспорт, предназначенный для доставки РКН и составных частей РКН к месту старта, транспортно-установочный агрегат, специальное доводочное устройство плавной доводки транспорта до положения, в котором будет выполнен перевод РКН в вертикальное положение.

Рассмотрим классификацию используемых специализированных СОС по ТУ для транспортных, погрузочно-разгрузочных и устано-

вочных процессов НО КРК, производственной и испытательной базы организаций и предприятий РКП.

Специализированные машины и механизмы частично механизированные ($l=2$). Оперативное время является временем машинно-ручных работ, в которых при выполнении технологических операций одновременно применяется энергия человека и неживой природы. Основные трудоемкие операции выполняются машинами и механизмами, а их управление и некоторые вспомогательные операции – вручную. Все действия по управлению машинами и механизмами с помощью рукояток, рычагов, штурвалов, маховичков, кнопок и прочего инженерно-технический персонал выполняет вручную. Оперативное время, как правило, не разделяется на основное и вспомогательное.

Специализированные машины и механизмы полностью механизированы ($l=3$). Выполнение операций осуществляется машинами и механизмами, а за человеком остается управление этой техникой и контроль. Действия по их управлению выполняются вручную или механизированы (частично механизированы). Работы, выполняемые на машинах и механизмах, как правило, характеризуются относительно небольшой длительностью, четко выраженной прерывностью и повторяемостью. Значителен удельный вес основного времени, величина которого зависит от режимов выполняемых операций. В настоящее время указанные машины и механизмы часто оснащаются системами ручного ввода данных и цифровой индикацией.

Машины и механизмы частично автоматизированные ($l=4$) – автоматизируются лишь некоторые операции. Характеризуется тем, что элементы основной, а иногда и вспомогательной работы осуществляются в автоматическом режиме – функцией инженерно-технического персонала является контроль. Примером техники такого уровня являются машины и механизмы, на которых автоматически осуществляются технологические операции, а вспомогательные переходы требуют вмешательства инженерно-технического персонала, в основном для укладки и закрепления составных частей РКН при погрузке или разгрузке

и запуска работы машин и механизмов. В технике с ТУ $l=4$ используются программные роботы, программа действия которых не изменяется в процессе работы, а также роботы с манипуляторами, работа которых основана на ручном и дистанционном управлении.

Машины и механизмы полностью автоматизированы ($l=5$) – большая часть операций выполняется автоматически, то есть на основе совершенной технологии и прогрессивных методов организации выполнения операций с применением надежных СОС, действующих по заданной программе, выполняются все основные производственно-технологические функции без непосредственного участия человека, а лишь под его контролем; человек подключается к управлению только на отдельных этапах, которые нельзя доверить автоматам, или их применение оказывается неэффективным. В автоматизированных транспортных, погрузочно-разгрузочных и установочных процессах НО КРК используются программные роботы с сенсорным обеспечением, реагирующие на изменение внешней среды и реализующие программу своей работы в соответствии с этими изменениями относительно ориентиров и упоров. Система управления программных роботов в данном случае базируется на микропроцессорных устройствах. В работе СОС с ТУ $l=5$ используется цикловое программное управление (ЦПУ), при котором полностью или частично программируется их цикл работы по стандартизированным и унифицированным операциям (технологической информации), а размерная (геометрическая) информация (перемещения рабочих органов механизмов) задается с помощью предварительно налаживаемых путевых упоров и ориентиров. Система ЦПУ является аналоговой системой управления замкнутого типа. Для программирования команд используют программаторы механические, гидравлические, пневматические, электрические, оптические. Системы ЦПУ сравнительно просты в эксплуатации и обладают достаточной надежностью.

В соответствии с рассматриваемой классификацией СОС с ТУ $l=4$ и $l=5$ должны иметь следующие обязательные признаки:

– полная автоматизация элементов основной работы (технологических переходов). Для СОС

с $l=4$ вспомогательные переходы требуют вмешательства инженерно-технического персонала. На оборудовании с $l=5$ возможно выполнение нескольких последовательных технологических операций без вмешательства инженерно-технического персонала;

– аналоговые системы управления: механические или с аппаратным управлением (электрические, гидравлические, пневматические, оптические);

– значительное время на подготовку (наладку) технических средств, технологического оборудования и систем.

Автоматизированные СОС с числовым программным управлением ($l=6$). Выполнение работы СОС с ТУ $l=6$ осуществляется автоматически по программе, заданной в дискретном (цифровом) коде, начиная от 3D-модели и виртуализации транспортных, погрузочно-разгрузочных и установочных процессов вплоть до передачи управляющих команд рабочим органам СОС. Программа содержит как технологическую, так и геометрическую информацию. В состав СОС входят адаптивные роботы (второе поколение роботов), управление которыми осуществляется посредством ЭВМ, микропроцессоров. Адаптивные роботы обеспечены сенсорами, реагирующими на изменение внешней среды, способны собирать, анализировать и перерабатывать информацию, принимать корректировку своей работы в соответствии с внешней информацией.

Как и для случая с ТУ $l=6$ работа гибких автоматизированных и программируемых специализированных СОС с ТУ $l=7$ основана на автоматическом выполнении операций по программе, заданной в дискретном (цифровом) коде, использовании 3D-моделей и виртуализации транспортных, погрузочно-разгрузочных и установочных процессов. При этом в состав специализированных СОС входят интеллектуальные (интегральные) роботы – третье поколение роботов, обладающее элементами искусственного интеллекта роботов. Интеллектуальные роботы оснащаются современной микропроцессорной техникой, специальными навигационными и телекоммуникационными системами, ЭВМ и соответствующим программным обеспечением, способны распознавать неизвестную обстановку,



адаптироваться в ней, обладают памятью, зрением, слухом, автоматически вырабатывают решения в соответствии с поставленными производствен-

ными задачами – вырабатывают управляющие решения в различных изменяющихся условиях окружающей обстановки.

5. Механические процессы (механическое производство)

Механические процессы реализуются на производственной базе организаций и предприятий РКП.

Простое оборудование частично механизированное ($l=2$). Оперативное время является временем машинно-ручных работ, в которых при выполнении технологических операций одновременно применяется энергия человека и неживой природы. Все действия по управлению машиной с помощью рукояток, рычагов, штурвалов, маховичков, кнопок и пр. производственный рабочий выполняет вручную. Оперативное время, как правило, не разделяется на основное и вспомогательное.

Простое оборудование полностью механизированное ($l=3$). Обработка предмета труда осуществляется машиной, а действия по ее управлению выполняются вручную или механизированы. Действия по управлению рабочими органами машины выполняются вручную или механизированы (частично механизированы). Работы, выполняемые на оборудовании, характеризуются небольшой длительностью, четко выраженной прерывностью и повторяемостью. Значителен удельный вес основного времени, величина которого зависит от режимов работы оборудования. В настоящее время указанное оборудование часто оснащается системами ручного ввода данных и цифровой индикацией.

Оборудование частично автоматизированное ($l=4$). Характеризуется тем, что элементы основной, а иногда и вспомогательной работы осуществляются в автоматическом режиме – функцией работника является контроль. Примером оборудования такого уровня являются станки-полуавтоматы, на которых автоматически осуществляются технологические переходы, а вспомогательные переходы требуют вмешательства работника, в основном, для установки или снятия заготовки и пуска оборудования.

Оборудование полностью автоматизированное ($l=5$). Характеризуется тем, что в автоматическом режиме осуществляются не только элементы

основной работы, но и все или практически все элементы вспомогательной работы. Примером такого оборудования служат станки-автоматы, в которых автоматически осуществляются технологические переходы, а и вспомогательные переходы могут потребовать вмешательства работника только для периодической загрузки заготовок на партию изделий. В станках-автоматах и полуавтоматах необходимая последовательность команд задается программноносителем, который выполнен в виде материального аналога (кулачков, копиров, шаблонов, упоров и т. д.). Однако при смене предмета труда нужно изготовить новый программноноситель и осуществить переналадку станка. Такие станки обладают высокой производительностью, но время их переналадки достаточно велико и используются в основном в крупносерийном и массовом производстве.

В большей степени в единичном и мелкосерийном производстве используются станки с цикловым программным управлением (ЦПУ), при котором полностью или частично программируется цикл работы станка, режимы обработки и смена инструмента (технологическая информация), а размерная (геометрическая) информация (перемещения рабочих органов станка) задается с помощью предварительно налаживаемых путевых упоров, устанавливаемых на специальных линейках или барабанах. Система ЦПУ является аналоговой системой управления замкнутого типа. Для программирования команд используют программаторы механические, электрические, гидравлические или пневматические. Системы ЦПУ сравнительно просты в эксплуатации и обладают достаточной надежностью. По сравнению со станками-автоматами и полуавтоматами станки с ЦПУ требуют значительно меньшее время на переналадку при переходе с обработки одной детали к другой.

Таким образом, в соответствии с рассматриваемой классификацией оборудование с $l=4, 5$ должно иметь следующие обязательные признаки:

– полная автоматизация элементов основной работы (технологических переходов). Для оборудования с $l=4$ вспомогательные переходы требуют вмешательства работника. На оборудовании с $l=5$ возможно последовательное выполнение нескольких технологических переходов без вмешательства работника;

– аналоговые системы управления: механические или с аппаратным управлением (электрические, гидравлические или пневматические);

– значительное время на наладку и переналадку оборудования.

Оборудование, автоматизированное с числовым программным управлением ($l=6$).

Выполнение рабочего цикла оборудования с ТУ $l=6$ осуществляется автоматически по программе, заданной в дискретном (цифровом) коде, начиная от чертежа детали, вплоть до передачи рабочим органам станка. Программа содержит как технологическую, так и геометрическую информацию. Управление оборудованием обеспечивает их быструю переналадку без смены

и перестановки механических элементов, то есть значительное сокращение подготовительно-заключительного времени.

К оборудованию с ТУ $l=6$ относятся, например, станки с ЧПУ и многоцелевые (многооперационные) станки (МС), которые представляют собой оборудование для комплексной обработки заготовок с числовым программным управлением и автоматической сменой инструментов. В отличие от станков с ЧПУ, в которых предусмотрена автоматическая смена инструмента, в МС запас инструментов создается в инструментальных магазинах, а не в револьверных головках, причем запас инструментов может исчисляться сотнями единиц. Использование МС для обработки технологически сложных заготовок минимизирует вспомогательное время, причем в этом случае один МС может заменить несколько станков с ЧПУ.

Гибкий производственный модуль ($l=7$) можно получить, связав МС с роботом для подачи заготовок и снятия готовых деталей.

Определение весовых коэффициентов при расчете комплексного показателя технического уровня

ТУ производства \bar{l} является комплексным показателем, который получается агрегированием показателей ТУ отдельных единиц СОС с определенными весами ω_l :

$$\bar{l} = \sum_{l=1}^7 \omega_l \times l, \quad (1)$$

где $\sum_{l=1}^7 \omega_l = 1$.

Рассмотрим два варианта определения весового коэффициента ω_l , определяющего значимость влияния группы СОС, имеющего ТУ равный l , количество которого примем равным n_l , на ТУ всего производственного процесса:

– вариант 1. Весовой коэффициент ω_l равен отношению трудоемкости работ, выполняемых с использованием указанной группы СОС, и общей трудоемкости работ, выполняемых на всем СОС;

– вариант 2. Весовой коэффициент ω_l равен отношению стоимости указанной группы СОС к стоимости всего СОС, используемого в про-

изводственном процессе. Понятие стоимости в дальнейшем будет уточнено.

Обратим внимание на предельный случай, когда производственно-технологический процесс полностью автоматизирован и в выполнении ряда производственно-технологических операций не предполагается участие персонала. Трудоемкость операций, где не используется «живой» труд, равна нулю, а соответствующие высокотехнологические СОС никак не влияют на комплексный показатель ТУ производства. Получили явное противоречие.

Одним из главных критериев, отличающих СОС с более высоким ТУ, является его более высокая производительность. Например, применение в механообрабатывающем производстве станков с ЧПУ (ТУ $l=6$) вместо оборудования с ТУ $l=3$ обеспечивает рост производительности труда на фрезерных работах примерно в $3 \div 4$ раза, на токарных работах – примерно в $2 \div 3$ раза, на расточных работах – в $2,2 \div 3,3$ раза. В среднем один станок с ЧПУ заменяет три станка с ТУ $l=3$, а МС – $6 \div 7$ таких станков. Вместе с тем переход



на применение в производстве СОС с более высоким ТУ сдерживает опережающий рост стоимости такого СОС по сравнению с увеличением его производительности.

Целесообразность использования ω_i в соответствии с вариантом 1 или 2 рассмотрим на примере сборочно-испытательных процессов, в котором m единиц СОС с ТУ l_0 поочередно (последовательно) заменяются на m единиц СОС с ТУ l_1 , при этом:

$$l_1 > l_0 \quad (2)$$

При дальнейшем рассмотрении предполагается:

– производительность труда при работе на СОС с ТУ l_1 в $k > 1$ раз выше, чем на СОС с ТУ равным l_0 [5, 18];

– стоимость единицы СОС с ТУ l_1 в $c > 1$ раз больше стоимости единицы СОС с ТУ l_0 .

Рассмотрим темпы роста (цепные) ТУ \tilde{l}_{li} для первого варианта определения весового коэффициента ω_i по трудоемкости, темпы роста (цепные) ТУ \tilde{l}_{ci} для второго варианта определения весового коэффициента ω_i по стоимости, а также темпы роста (цепные) производительности труда \tilde{p}_i в зависимости от увеличения на i единиц количества СОС с ТУ l_1 . ТУ, производительность труда и их темпы роста определяются по (3)–(7):

$$\begin{aligned} l_{li} &= \frac{l_0(m-i) + l_1 \frac{i}{k}}{(m-i) + \frac{i}{k}} = \\ &= \frac{l_0 k(m-i) + l_1 i}{k(m-i) + i} = \frac{am+i}{bm-i} \times s \end{aligned} \quad (3)$$

где

$$a = \frac{l_0 k}{l_1 - l_0 k}, \quad b = \frac{k}{k-1}, \quad s = \frac{l_1 - l_0 k}{k-1}, \quad (4)$$

$$l_{ci} = \frac{l_0(m-i) + l_1 ic}{(m-i) + ic} = \frac{am+i}{bm-i} \times s \quad (5)$$

$$\tilde{l}_{ci} = \frac{l_{ci+1}}{l_{ci}} = \frac{am+i+1}{bm-i-1} \times \frac{am+i}{bm-i},$$

где

$$a = \frac{l_0}{l_1 c - l_0}, \quad b = \frac{1}{1-c}, \quad s = \frac{l_1 c - l_0}{1-c}, \quad (6)$$

$$\begin{aligned} p_i &= \frac{(m-i) + ik}{m} = \frac{m+i(k-1)}{m}, \\ \tilde{p}_i &= \frac{p_{i+1}}{p_i} = 1 + \frac{k-1}{m+i(k-1)}. \end{aligned} \quad (7)$$

При непосредственном сравнении получаем: $l_{li+1} > l_{li}$, $l_{ci+1} > l_{ci}$ и $p_{i+1} > p_i$. (8)

Исследуем поведение функции темпов роста при изменении i . Производная темпов роста производительности труда всегда отрицательна:

$$\tilde{p}_i' = -\frac{(k-1)^2}{(m+i(k-1))^2} < 0 \quad (9)$$

при $\forall: i \geq 0, k > 1, m \geq 1$.

Функция темпов роста производительности труда \tilde{p}_i – монотонно убывающая функция (от i).

Производная (по i) \tilde{l}_i' темпов роста технического уровня l_i ($\tilde{l}_i' = \tilde{l}_i'$ для (4) при определении весового коэффициента ω_i по трудоемкости и $\tilde{l}_i' = \tilde{l}_{ci}'$ для (6) при определении весового коэффициента ω_i по стоимости) определяется по формуле (10):

$$\tilde{l}_i' = -\frac{m(b+a)(m(b-a)-2i-1)}{(bm-i-1)^2(am+i)^2}. \quad (10)$$

Исследуем знаки сомножителей $(b+a)$ и $(m(b-a)-2i-1)$ в (10) для случая (6) при определении весового коэффициента ω_i по стоимости:

$$\begin{aligned} b+a &= \frac{l_0}{(l_1 c - l_0)(1-c)} < 0, \\ \text{при } \forall: l_1 > l_0 \geq 1, c > 1. \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} (m(b-a)-2i-1) &< 0, \\ \text{при } \forall: m \geq 1, i \geq 0, b \text{ и } a \text{ по (6)}. \end{aligned} \quad (12)$$

В (12) $a = \frac{l_0}{l_1 c - l_0} > 0$, $b = \frac{1}{1-c} < 0$, при $\forall: l_1 > l_0 \geq 1$, а значит $m(b-a) < 0$.

Из (10) – (12) следует:

$$\tilde{l}_{ci}' < 0 \text{ при } \forall: i \geq 0, m \geq 1, l_1 > l_0 \geq 1, c > 1. \quad (13)$$

Функция темпов роста ТУ \tilde{l}_{ci}' для варианта определения весового коэффициента ω_i по сто-



имости – монотонно убывающая функция (от i). Из (9) и (13) следует положительная корреляция темпов роста производительности труда \tilde{P}_i и темпов роста ТУ \tilde{T}'_{ci} для \forall допустимых условий: $i \geq 0$, $m \geq 1$, $l_1 > l_0 \geq 1$, $c > 1$ (обе функции монотонно убывающие).

Исследуем знаки сомножителей $(b+a)$ и $(m(b-a)-2i-1)$ в (10) для случая (4) при определении весового коэффициента ω_i по трудоемкости. Из (4) следует:

$$(b+a) = \frac{(l_1 - l_0)k}{(k-1)(l_1 - l_0 k)},$$

$$(b-a) = \frac{k}{k-1} \left(1 + \frac{l_0(k-1)}{l_1 - l_0 k} \right). \quad (14)$$

$$\min(m(b-a)-2i-1) = (m(b-a)-2m+1) =$$

$$= \frac{m}{k-1} \left(1 - \frac{l_1(k-1)}{l_1 - l_0 k} \right) + 1. \quad (15)$$

Из (14) и (15) получаем при $l_1 < l_0 k$:

$$(b+a) < 0 \text{ и } (m(b-a)-2m+1) > 0$$

при $\forall : i \geq 0$, $m \geq 1$, $l_1 > l_0 \geq 1$, $k > 1$ (16)

Из (10) и (14), (16) следует:

$$\tilde{T}'_{ci} > 0 \text{ при } \forall : i \geq 0,$$

$$m \geq 1, l_1 > l_0 \geq 1, k > 1 \text{ при } l_1 < l_0 k. \quad (17)$$

Функция темпов роста ТУ \tilde{T}_{ci} для варианта определения весового коэффициента ω_i по трудоемкости при $l_1 < l_0 k$ (17) – монотонно возрастающая функция (от i). Из (9) и (17) следует отрицательная корреляция темпов роста производительности труда \tilde{P}_i и темпов роста ТУ \tilde{T}_{ci} для \forall допустимых условий: $i \geq 0$, $m \geq 1$, $l_1 > l_0 \geq 1$, $k > 1$ и $l_1 < l_0 k$ (темп производительности труда – функция монотонно убывающая, темп ТУ – функция монотонно возрастающая).

Отдельного рассмотрения требует случай:

$$l_1 = l_0 k. \quad (18)$$

При выполнении (18) и (3) имеем:

$$l_{ii} = \frac{l_0 k m}{k m + i(1-k)}, \quad \tilde{T}_{ii} = 1 - \frac{1-k}{k m + (i+1)(1-k)}, \quad (19)$$

$$\tilde{T}'_{ii} = \frac{(1-k)^2}{(k m + (i+1)(1-k))^2}. \quad (20)$$

Из (17) и (20) следует:

$$\tilde{T}'_{ii} > 0 \text{ при } \forall : i \geq 0,$$

$$m \geq 1, l_1 > l_0 \geq 1, k > 1 \text{ при } l_1 \leq l_0 k. \quad (21)$$

Функция темпов роста ТУ \tilde{T}_{ii} для варианта определения весового коэффициента ω_i по трудоемкости при $l_1 \leq l_0 k$ (21) – монотонно возрастающая функция (от i). Из (9) и (21) следует отрицательная корреляция темпов роста производительности труда \tilde{P}_i и темпов роста ТУ \tilde{T}_{ii} для \forall допустимых условий: $i \geq 0$, $m \geq 1$, $l_1 > l_0 \geq 1$, $k > 1$ и $l_1 \leq l_0 k$ (темп роста производительности труда – функция монотонно убывающая, темп роста ТУ – функция монотонно возрастающая).

Таким образом, из (9), (13) и (21) показана несостоятельность определения весового коэффициента ω_i , определяющего значимость влияния группы СОС по трудоемкости (вариант 1).

На рис. 1 и 2 на конкретном примере рассмотрены темпы роста (цепные) производительности труда, а также ТУ \tilde{T} для двух вариантов определения ω_i в зависимости от увеличения количества СОС, обеспечивающих снижение трудоемкости в $k = 1,5$ раза и $k = 2$ раза соответственно. Для рассматриваемых на рис. случаев $l_0 = 3$, $l_1 = 5$, $c = 2$, $m = 20$ [2, 5, 18].

Случай $l_0 = 3$, $l_1 = 5$, $c = 2$, $m = 20$, $k = 2$ удовлетворяет условию (21) и рассмотрен выше.

Для случая $l_0 = 3$, $l_1 = 5$, $c = 2$, $m = 20$, $k = 1,5$, как показано выше по (9) и (13), всегда выполняется $\tilde{P}'_i < 0$ и $\tilde{T}'_{ci} < 0$. Из (3), (4) и (10) следует:

$$l_{ii} = \frac{9m+1}{3m-i}, \quad \tilde{T}_{ii} = \frac{9m+i+1}{3m-i-1} \cdot \frac{3m-i}{9m+1}, \quad \tilde{T}'_{ii} =$$

$$= \frac{12m(6m+2i-1)}{(3m-i-1)^2(9m+i)^2} > 0 \quad (22)$$

для \forall допустимых $i \geq 0$, $m \geq 1$.



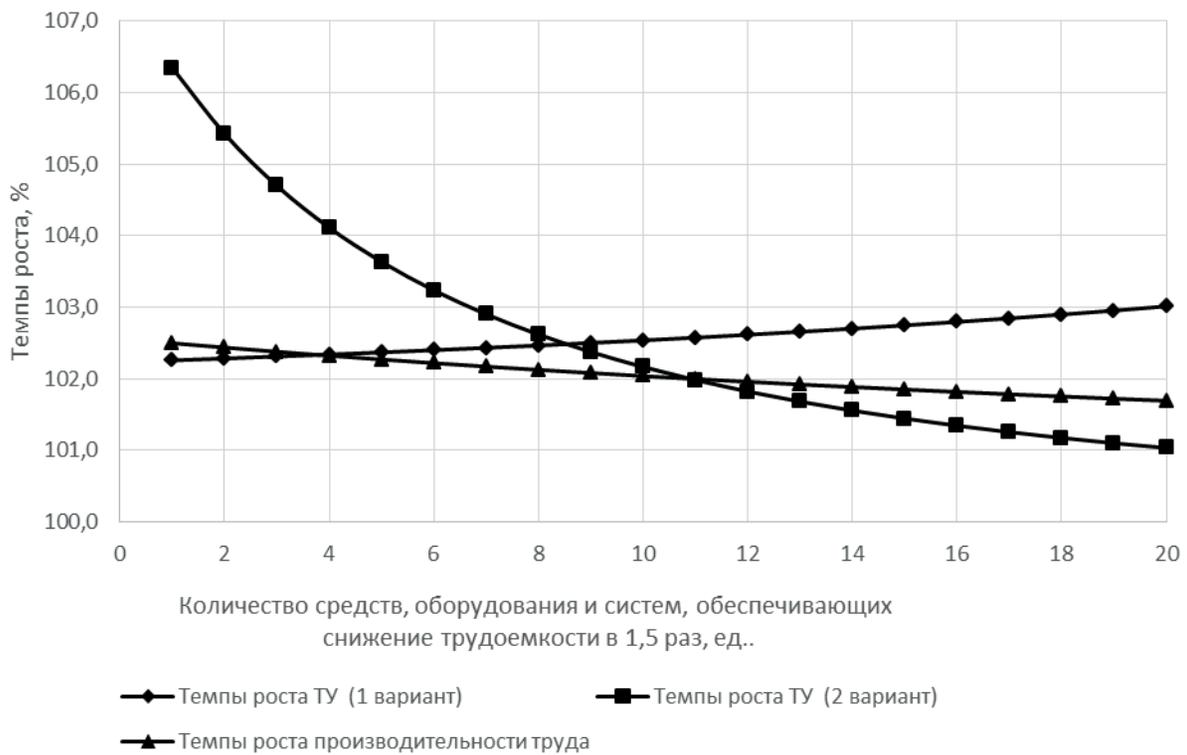


Рис. 1. Темпы роста при замене действующих СОС на новые СОС, обеспечивающие снижение трудоемкости в $k=1,5$ раза

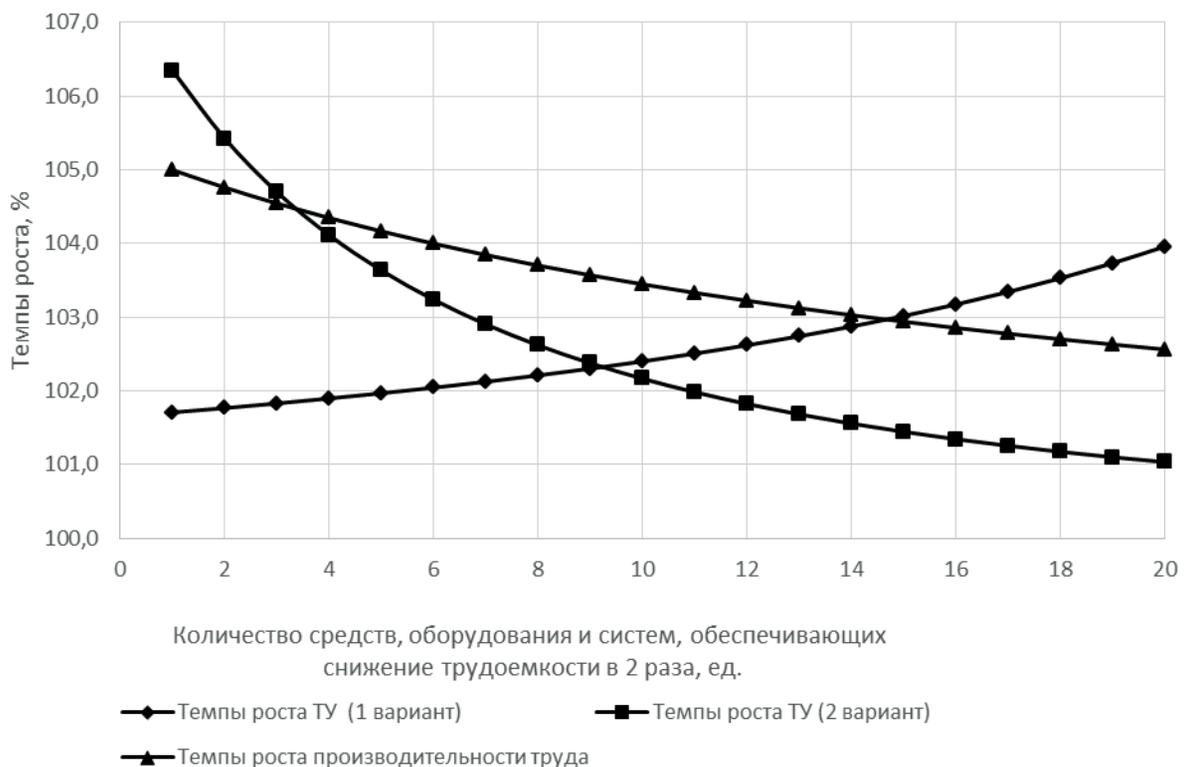


Рис. 2. Темпы роста при замене действующих СОС на новые СОС, обеспечивающие снижение трудоемкости в $k=2$ раза

Графики показывают сильную положительную связь (корреляцию) производительности труда и ТУ производственных процессов, определяемых с использованием ω_l в соответствии с вариантом. Связь производительности труда и ТУ производственных процессов, определяемых с использованием ω_l в соответствии с вариантом 1, является отрицательной. Объяснение указанной отрицательной связи состоит в следующем. Из (1) следует, что при замене какой-либо единицы СОС на единицу СОС с более высоким ТУ одновременно с увеличением l происходит снижение трудоемкости работ, выполняемых на новой, установленной единице СОС. Таким образом, увеличение ТУ \tilde{T} нивелируется и использование в (1) весовых коэффициентов, определяемых в соответствии с вариантом 1, необоснованно.

Следует также отметить, что в большинстве практически реализуемых ситуаций имеет место опережающий рост стоимости СОС с увеличением l по сравнению с увеличением их производительности. Это обстоятельство имеет свое объяснение:

- реализуется большая информативность результатов измерений контролируемых (проверяемых) параметров при меньшем количестве испытаний;
- повышается точность и оперативность автоматизированного анализа контролируемых параметров в реальном масштабе времени;
- повышается качество выполняемых работ;
- снижается зависимость выполняемых работ от опыта и квалификации исполнителя работ,
- при автоматизированном объективном контроле фактических действий исполнителя работ (при сборе, испытаниях, погрузочно-разгрузочных и установочных операциях) исключаются затраты на дополнительные работы, связанные с возможными отступлениями от требований технологической документации при выполнении технологических работ.

Таким образом, весовой коэффициент ω_l при определении ТУ по (1) необходимо определять равным отношению стоимости группы СОС, имеющего ТУ равный l , количество которого n_l к стоимости всех СОС, используемых в производственном процессе:

$$\omega_l = \frac{c_l}{c}, \quad (23)$$

$$c_l = \sum_{k=1}^{n_l} c_k, \quad (24)$$

$$c = \sum_{i=1}^7 c_i, \quad (25)$$

$$\sum_{l=1}^7 \omega_l = 1, \quad (26)$$

где: c_{lk} – полная учетная стоимость единицы СОС с номером k , имеющего ТУ равный l , приведенная к ценам текущего года с использованием индексов-дефляторов МЭР «Инвестиции в основной капитал»; n_l – количество единиц СОС, имеющих ТУ l . Сумма весовых коэффициентов ω_l равна 1 (2).

Сумма в (24) является полной учетной стоимостью единиц СОС, имеющих ТУ равный l , приведенной к ценам текущего года. Соответственно, сумма в (24) является полной учетной стоимостью всех единиц СОС на НО КРК, приведенной к ценам текущего года.

Использование в (23)–(26) полной учетной стоимости, приведенной к ценам текущего года, обусловлено следующими факторами:

- ТУ СОС l не изменяется в течение реального срока службы, если не проводилась его модернизация (переоценка), а изменение ТУ технологических переделов \tilde{T} может происходить только при выбытии части СОС или вводе в эксплуатацию новых СОС. В связи с этим в (23)–(26) используется полная учетная стоимость СОС, поскольку остаточная стоимость в течение срока службы СОС постоянно снижается и обращается в ноль по истечении установленного срока полезного использования. Рыночная стоимость СОС на текущий момент также демонстрирует понижательный тренд, причем ее определение представляет непростую задачу [19];
- использование в (23)–(26) индексов-дефляторов обусловлено необходимостью учета инфляционных процессов. Приведение к ценам текущего года осуществляется с применением индексов-дефляторов цен текущего года к ценам года ввода СОС в эксплуатацию или года последней проведенной переоценки, модернизации.



Определение технического уровня

В (23)–(26) учитываются СОС независимо от их срока эксплуатации, если они используются при выполнении работ на НО КРК, на производственной и испытательной базе организаций и предприятий РКП и, следовательно, поддерживаются в работоспособном состоянии. Вместе с тем при необходимости количество СОС в указанных формулах можно ограничить, установив на усмотрение эксплуатирующей (заказывающей) организации для единицы СОС минимальный «входной барьер» на уровне 50÷500 тыс. руб.

Отдельно остановимся на стоимости создания ЧЗП. По результатам анализа проектов-аналогов при создании и модернизации ЧЗП средняя стоимость 1 кв. м ЧЗП, которые являются модульными конструкциями, в ценах 2021 года составляет:

- 75 тыс. руб. → класс 8 ИСО;
- 80–90 тыс. руб. → класс 7 ИСО;
- 100–115 тыс. руб. → класс 6 ИСО.

Здесь удельные стоимости приведены без учета стоимости систем вентиляции, в том числе управления вентиляцией помещения, в котором размещается ЧЗП, а также стоимости систем силового энергоснабжения и других видов инженерно-технического обеспечения. Стоимость ЧЗП, которые встроены в существующие строительные конструкции, можно определять, исходя из стоимости ЧЗП-аналогов, представляющих модульные конструкции.

ТУ технологий производства работ на НО КРК, на производственной и испытательной базе организаций и предприятий РКП, рассчитываемый по (1), легко выразить через ТУ и стоимости групп СОС, осуществляющих процессы сварки, сборки и испытаний, аппаратурные процессы, транспортные, погрузочно-разгрузочные и установочные процессы, механические процессы:

$$\tilde{l} = \frac{\tilde{l}^{cs} \cdot c^{cs} + \tilde{l}^{c-u} \cdot c^{c-u} + \tilde{l}^{an} \cdot c^{an} + \tilde{l}^{mn-py} \cdot c^{mn-py} + \tilde{l}^{mex} \cdot c^{mex}}{c^{cs} + c^{c-u} + c^{an} + c^{mn-py} + c^{mex}} \quad (27)$$

где: \tilde{l}^{cs} и c^{cs} – соответственно ТУ и стоимость сварочных СОС; \tilde{l}^{c-u} и c^{c-u} – соответственно ТУ и стоимость СОС в сборочно-испытательных процессах; \tilde{l}^{an} и c^{an} – соответственно ТУ и стоимость СОС в аппаратурных процессах; \tilde{l}^{mn-py} и c^{mn-py} – соответственно ТУ и стоимость СОС в транспортных, погрузочно-разгрузочных и установочных процессах; \tilde{l}^{mex} и c^{mex} – соответственно ТУ и стоимость СОС в механических процессах.

При оценке ТУ технологических процессов НО КРК и объектов производственной и испытательной базы организаций и предприятий РКП в целом следует исходить из того, что ТУ прогрессивного состояния НО КРК и их составных частей, объектов производственной и испытательной базы организаций и предприятий РКП составляет величину $\geq 4 \div 5$.

В заключение приведем выражение для вычисления изменения ТУ объектов производственной и испытательной базы организаций и предприятий РКП, объектов наземной космической инфраструктуры, в том числе НО КРК, $\Delta \tilde{l}$, в зависимости от изменения стоимостей c_l , описываемых формулой (24), на величину Δc_l :

$$\Delta \tilde{l} = \tilde{l}_1 - \tilde{l} = \frac{\sum_{l=1}^7 (c_l + \Delta c_l) \cdot l}{\sum_{l=1}^7 (c_l + \Delta c_l)} - \frac{\sum_{l=1}^7 c_l \cdot l}{\sum_{l=1}^7 c_l} \quad (28)$$

$$\Delta \tilde{l} = \frac{\sum_{l=1}^7 \Delta c_l \cdot l}{\sum_{l=1}^7 (c_l + \Delta c_l)} - \frac{\tilde{l} \cdot \sum_{l=1}^7 \Delta c_l}{\sum_{l=1}^7 c_l} = \frac{\sum_{l=1}^7 \Delta c_l \cdot (l - \tilde{l})}{\sum_{l=1}^7 (c_l + \Delta c_l)} \quad (29)$$

Целесообразно (29) использовать для отслеживания динамики ТУ НО КРК в целом, по СЧ НО КРК в целом, по производственной и испытательной базе организаций и предприятий РКП в целом для оценки эффективности проводимых мероприятий по реконструкции и техническому перевооружению, новому строительству.



Выводы

1. Разработана новая классификация технических средств, технологического оборудования и технологических систем НО КРК, производственной и испытательной базы организаций и предприятий РКП по техническому уровню для различных технологических процессов. В разработанной классификации учтены уровни механизации, автоматизации, роботизации и информатизации СОС НО КРК, объектов производственной и испытательной базы организаций и предприятий РКП, а также их изменения, связанные с развитием программного обеспечения, информационных технологий, созданием чистых зон и помещений в монтажно-испытательных корпусах, обеспечением безопасности технологических процессов.

2. Предложен оригинальный принцип агрегирования количественных показателей технического уровня технических средств, технологического и испытательного оборудования, систем НО КРК, объектов производственной и испытательной базы организаций и предприятий РКП в обобщенный показатель технического (технологического) уровня НО КРК, объектов производственной и испытательной базы организаций и предприятий РКП. Обобщенный показатель технического (технологического) уровня НО КРК, объектов производственной и испытательной

базы организаций и предприятий РКП определяется с учетом ценности отдельных технических средств, технологического и испытательного оборудования или систем НО КРК, объектов производственной и испытательной базы организаций и предприятий РКП, являющейся денежной оценкой их полезности.

3. Разработана новая методика определения технического уровня технических средств, технологического и испытательного оборудования, систем НО КРК, объектов производственной и испытательной базы организаций и предприятий РКП, основанная на определяющей роли физического капитала.

4. Установлена зависимость технического уровня НО КРК, производственной и испытательной базы организаций и предприятий РКП от капитальных вложений в основные производственные фонды.

Автор благодарит О.В. Жемердеева (АО «ЦНИИМаш») за обсуждение актуальных вопросов методологии определения технического уровня промышленных производств РКП, а также за ряд ценных идей и предложений по написанию настоящей статьи в части технического уровня промышленных производств РКП.

Библиографический список

1. Галимов Д., Гнидченко А., Михеева О., Рыбалка А., Сальников В. Производственные мощности обрабатывающей промышленности России: важнейшие тенденции и структурные характеристики // Вопросы экономики. – 2017. – №5. – С. 60–88.
2. Кондратенко А.Н. Оценка состояния и приоритетные направления развития ракетно-космической промышленности // Вестник «НПО «Техномаш» – 2020. – № 2 – С. 21.
3. Власов Ю.В., Кузин А.И., Поморцев П.М., Кондратенко А.Н. Состояние технологической готовности производств и метрологического обеспечения производственно-технологической базы отрасли для бездефектного производства перспективных изделий РКТ, проблемные вопросы и предложения по их решению // Вестник «НПО «Техномаш» – 2019. – № 9. – С. 79–83.
4. Жемердеев О.В., Кондратенко А.Н.. Определение состояния технического потенциала предприятий на основе модифицированной модели факторов производства // 17-я Международная конференция. Авиация и космонавтика – 2018 (19–23 ноября 2018 г., Москва). Тезисы. – М.: Люксор, 2018. – С. 608–609.
5. Жемердеев О.В., Кондратенко А.Н. Метод определения состояния технического потенциала предприятий на основе модифицированной модели факторов производства // Вестник Московского авиационного института. – 2018. – т. 26, №1. – С. 230–235.
6. Маршалл Альфред. Принципы экономической науки. [Электронный ресурс] – URL: docviewer.yandex.ru://Принципы экономики Маршалл. Язык русский (дата обращения: 20.10.2021).



7. Карл Маркс Капитал. Критика политической экономии. Том 1. [Электронный ресурс] URL: <http://www.esperanto.mv.ru/Marksismo/Kapital1/index.html>. (дата обращения: 20.10.2021).
8. РД 50-532-85. Методические указания. ЕСТПП. Аттестация технологических процессов. – М.: Издательство стандартов, 1986. – 59 с.
9. Ришар Ж. Аудит и анализ хозяйственной деятельности предприятия. Глава 18. – М.: Аудит, ЮНИТИ, 1997. – 375 с.
10. ГОСТ Р ИСО 14644-4-2002 Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды. Часть 4. Проектирование, строительство и ввод в эксплуатацию. – М.: Стандартинформ, 2010. – 40 с.
11. ГОСТ 23004-78 Механизация и автоматизация технологических процессов в машиностроении и приборостроении. Основные термины, определения и обозначения. – М.: Издательство стандартов, 1978. – 40 с.
12. Проектирование чистых помещений // Пер. с англ. под ред. В. Уайта. – М.: Клинрум, 2004. – 360с.
13. Whyte W. (editor). Cleanroom design. – John Wiley & Sons Ltd, 2000. – 323 p.
14. Ширяев С.А. Транспортные и погрузочно-разгрузочные средства: учебник для вузов / С.А. Ширяев, В.А. Гудков, Л.Б. Миротин; под ред. С.А. Ширяева. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 848 с.
15. Морозова В.С., Поляцко В.Л. Транспортные и погрузочно-разгрузочные средства: учебное пособие / сост.: В.С. Морозова, В.Л. Поляцко. – Челябинск: ЮУрГУ, 2010. – 96 с.
16. Барвинок, В.А. Сборочные, монтажные и испытательные процессы в производстве летательных аппаратов: учебник для высших технических учебных заведений / Барвинок В.А. [и др.]. – М.: Машиностроение, 1996. – 576 с.
17. Белоусова Е.А. Управление транспортным обеспечением объектов ракетно-космического назначения ...: на правах рукописи, диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук / научный руководитель д-р экон. наук Савченко-Бельский В.Ю. – М.: Минобрнауки России, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Государственный университет управления, на правах рукописи, 2014. – 175 с.
18. Иванов Е.А. Механизация и автоматизация производства как фактор роста производительности труда: на правах рукописи, диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук / научный руководитель д-р экон. наук Гольбин Я.А. – Минск: АН БССР, Институт экономики, 1983. – 139 с.
19. Смоляк С.А. Оптимизация ремонтной политики и оценка стоимости машин с учетом их надежности // ж. Новой экономической ассоциации. – 2014. – №2 (22). – С. 102–131.

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

Kondratenko Aleksandr Nikolaevich - Ph.D. in Engineering Sciences, Expert of JSC «Afanasev «NPO «Technomac».
Tel.: 8(495) 689-96-90.
E-mail: A.Kondratenko@tmnpo.ru

УДК 658.5

Рябчиков П.В., Лобастов М.М., Лобанов А.В., Матюхина С.В., Галерка С.М.
Riabchikov P.V., Lobastov M.M., Lobanov A.V., Matyukhina S.V., Galerka S.M.

Технологическая или производственная надёжность? Обоснование терминологии

Technological or manufacturing reliability? Terminology justification

Статья посвящена вопросу обоснования применения терминологии в производстве технически сложных изделий в части обеспечения надёжности изделия. Акцентируется внимание на составляющую надёжности изделия на этапе производства. Проведен обзор документов по стандартизации.

The article deals with the justification issues for the terminology application in the manufacturing of technically complex products in terms of ensuring the product reliability. Emphasis is placed on the reliability component of the product at the manufacturing stage. A review of standardization documents was conducted.

Ключевые слова: надёжность, технологическая надёжность, стадии жизненного цикла.

Keywords: reliability, technological reliability, life cycle stages.

Коллективом авторов центра качества и технологической надёжности АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева» проведен анализ документов по стандартизации в целях формирования единой терминологии в развитие теории надёжности. При этом сделан акцент на процессы управления надёжностью – менеджмента надёжности на производственной стадии жизненного цикла изделий.

Введение

Вопросы обеспечения надёжности продукции являются важнейшей задачей организации-разработчика изделий. Основные показатели надёжности закладываются на этапе разработки тактико-технического задания на создание изделия. Прогнозирование обеспечения надёжности происходит на начальных стадиях работ, как правило, на стадии эскизного проектирования. Именно тогда конструктор закладывает основные «составляющие» надёжности – создает схему деления, структурную схему, схему резервирования, обеспечивает оптимальный подбор

материалов и т.д. При этом на этапе производства показатели надёжности изделия практически невозможно повысить, а возможно только их ухудшение [1]. Если происходит обратное, то с высокой долей вероятности можно утверждать, что общие требования по надёжности изделия заданы ошибочно или занижены. То есть возникает понимание о некой составляющей надёжности изделия в целом, которая проявляется на стадии производства, реализации технологического процесса. Так как же правильно назвать данную составляющую?

1. Терминология межгосударственных стандартов

По мнению авторов, самый весомый стандарт в области терминологии в теории надёжности – это ГОСТ 27.005-2015 [2], который не разделяет этапность обеспечения надёжности по стадиям жизненного цикла изделий.

Межгосударственный стандарт ГОСТ 27.004-85 [3] устанавливает термин «Техноло-

гическая система» как «Совокупность функционально взаимосвязанных средств технологического оснащения, предметов производства и исполнителей для выполнения в регламентированных условиях производства заданных технологических процессов или операций». Объектом для менеджмента надёжности является



собственно производство и технология. Происходит управление надёжности производством, то есть фактически оценивается вероятность воспроизведения технологической системой готовности к выпуску продукции. Данная терминология никак не затрагивает ту составляющую надёжности изделия, которой возможно управлять при производстве (реализации технологического процесса).

2. Терминология национальных стандартов

ГОСТ Р 55977-2014 [5] не устанавливает термины, связанные с обеспечением надёжности. Вместе с тем в разделе 5.3 указано, что одной из основных функций подсистемы является технологическое обеспечение надёжности и качества изделий.

Требования ГОСТ 23502-79 [6] устанавливают порядок технологического прогона изделия бытового назначения. Под технологическим прогоном понимается кратковременная процедура проверки изделия перед передачей в эксплуатацию. В качестве примера такого прогона можно привести требования о проведении прокатки автомобилей на стенде или по кольцу перед передачей их в сеть по реализации. В самом тексте стандарта технологические методы обеспечения надёжности не указываются, однако наименование стандарта относит его к группе «Обеспечение надёжности на этапе производства».

3. Терминология отраслевых документов по стандартизации

Требования ОСТ 45.63-96 [11] устанавливают, что «работы по обеспечению надёжности должны быть обязательными при разработке, изготовлении и эксплуатации средств электросвязи».

Рекомендации Р 50-109-89 [12] устанавливают состав работ на стадии серийного изготовления. При этом общими положениями документа установлено следующее: «Работы по обеспечению надёжности должны быть неотъ-

ГОСТ 27.202-83 [4] устанавливает методологию оценки надёжности изделий по параметрам качества. При этом в преамбуле стандарта указывается, что документ «устанавливает технические требования к методам оценки надёжности технологических систем по параметрам качества изготавливаемой продукции». Также устанавливается необходимость проведения работ на этапе технологической подготовки производства.

Требования ГОСТ Р 56005-2014 [7] осуществляют регулирование при создании трубопроводной арматуры. В стандарте применяются формулировки «надёжность на этапе изготовления» и «надёжность, обеспечиваемая производственным процессом».

Текст ГОСТ Р 50995.0.1-96 [8] содержит упоминание о «надёжности при производстве продукции».

Требования ГОСТ Р 27.015-2019 [9] устанавливают методы обеспечения надёжности на стадии «изготовление и производство системы».

ГОСТ Р МЭК 60300-3-3-2021 [10] указывает цели и задачи по определению стоимости жизненного цикла и устанавливает взаимосвязи между надёжностью и стоимостью жизненного цикла. При этом одна из шести стадий жизненного цикла – «производство».

емлемыми и обязательными составляющими работ по разработке, изготовлению, ремонту и эксплуатации изделий».

Руководящий документ РД 92-0326-93 [13] устанавливает структуру и основной состав работ системы технологического обеспечения надёжности, выполняемых на всех этапах создания и серийного производства изделий военной ракетно-космической техники.

4. Терминология по стадиям жизненного цикла

Если объединить перечисленные выше названия стадий жизненного цикла, предложенные в национальных стандартах, и изучить государственные военные стандарты, то управление надёжностью можно осуществлять в соответствии со следующими стадиями:

- проектирование (разработка);
- производство (изготовление);
- эксплуатация (в том числе при ремонте).

В разделе 5.2 ГОСТ Р 27.015-2019 [9] установлены требования по обеспечению проектной надёжности. По тем же критериям ранжируются

оценки на этапах проектирования и разработки, производства и изготовления, эксплуатационной приемки и усовершенствования системы в разделе 6.3 «Типы оценок». ГОСТ Р 51901.3-2007 [14] требует непрерывности процесса обеспечения надёжности в зависимости от потребностей проекта.

Таким образом, можно выделить три составляющие надёжности: первая – проектирование, вторая – производство и третья – эксплуатация (улучшение).

С точки зрения выделения составляющих надёжности в зависимости от стадий жизненного цикла, термины звучат так: «проектные составляющие надёжности», «производственные составляющие надёжности», «эксплуатационные составляющие надёжности». В таком виде термины громоздки, поэтому в отраслевых регламентах их названия упрощены без принципиального изменения их толкования.

В процессе создания любого устройства основными общетехническими стандартами,

используемыми всеми без исключения организациями, являются стандарты Единой системы конструкторской документации (ЕСКД) и Единой системы технологической документации (ЕСТД). Поэтому термины «конструктивная надёжность», «технологическая надёжность» и «эксплуатационная надёжность» изделий встречаются в научной литературе и в документах отраслевого фонда документов по стандартизации. Соответственно устанавливаются методы обеспечения надёжности:

- конструктивные, например резервирование, выбор материала, запас прочности и т.д.;
- технологические, такие как режимы и методы обработки, прочность при испытаниях, ужесточение допусков, повышение чистоты поверхности и т.д.;
- эксплуатационные (условия эксплуатации, совершенствование методов диагностики, техническое обслуживание и ремонт и т.д.).

Заключение

Термин, характеризующий составляющую надёжности изделия на этапе производства (изготовления), в нормативной документации не установлен. Верными и справедливыми в отношении изделий (не включая технологические системы) могут быть следующие термины: надёжность на этапе производства (изготовления), производственная надёжность, надёжность, обеспечиваемая технологическим процессом, и технологическая надёжность. Вместе с тем можно отметить, что в 70-е годы прошлого столетия в научно-исследовательском институте технологии машиностроения (НИИТМ) (сегодня – АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева») создавались отраслевые технологические системы. Одной из них стала «Система техно-

логического обеспечения надёжности изделий». По крайней мере, для организаций ракетно-космической промышленности термин «Технологическая надёжность» понятен и известен. Авторы предлагают при проведении работ по стандартизации в ближайшие годы уточнить устаревшие отраслевые документы по стандартизации по системе технологического обеспечения надёжности и ввести термин «Технологическая надёжность». В дальнейшем целесообразно развивать систему технологического обеспечения надёжности методами стандартизации, в том числе предложить организациям промышленности систематизированные методы обеспечения технологической надёжности, а также методику их внедрения и контроля за реализацией.

Библиографический список

1. Актуальные вопросы развития теории надёжности. Технологическая надёжность изделий / Рябчиков П.В., Назаренко М.А. // Технология машиностроения. – 2022. – №7. – С.5–12 / ISSN1562-322X.
2. ГОСТ 27.002-2015 Надёжность в технике. Термины и определения. – М.: Стандартинформ, 2016. – 23 с.
3. ГОСТ 27.202-83 Надёжность в технике. Системы технологические. Термины и определения. – М.: Стандартинформ, 2002. – 16 с.
4. ГОСТ 27.004-85 Надёжность в технике. Системы технологические. Методы оценки надёжности по параметрам качества изготавливаемой продукции. – М.: Стандартинформ, 2002. – 39 с.



5. ГОСТ Р 55977-2014 Система технологического обеспечения разработки и постановки на производство изделий космической техники. Основные положения. – М.: Стандартинформ, 2019. – 14 с.
6. ГОСТ 23502-79 Государственный стандарт союза ССР Обеспечение надежности на этапе производства. Технологический прогон изделий бытового назначения. – М.: ГК СССР по стандартам, 1980. – 22 с.
7. ГОСТ Р 56005-2014 Арматура трубопроводная. Методика обеспечения надежности и безопасности при проектировании и изготовлении с использованием метода структурирования функции качества. – М.: Стандартинформ, 2015. – 52 с.
8. ГОСТ Р 50995.0.1-96 Технологическое обеспечение создания продукции. Основные положения. – М.: Госстандарт, 1996. – 16 с.
9. ГОСТ Р 27.015-2019 (МЭК 60300-3-15:2009) Надежность в технике. Управление надежностью. Руководство по проектированию надежности систем. – М.: Стандартинформ, 2019. – 53 с.
10. ГОСТ Р МЭК 60300-3-3-2021 Надежность в технике. Менеджмент надежности. Стоимость жизненного цикла. – М.: Стандартинформ, 2020. – 39 с.
11. ОСТ 45.63-96 Обеспечение надежности средств электросвязи. Основные положения. – Центральный научно-исследовательский институт связи, 1997.
12. Р 50-109-89 Рекомендации. Надежность в технике. Обеспечение надежности изделий. Общие требования. – ВНИИНМАШ/Росстандарт, 1991.
13. РД 92-0326-93 Руководящий документ. Методические указания. Система технологического обеспечения надежности изделий. – ГП НПО Техномаш.– 1993 – 34 с.
14. ГОСТ Р 51901.3-2007 Менеджмент риска. Руководство по менеджменту надежности. – М.: Стандартинформ, 2020. – 57 с.

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

Тел.: 8 (495) 689-95-94, доб. 23-09.

E-mail: p.ryabchikov@tmnpo.ru

Riabchikov Pavel Viacheslavovich – Center Director of JSC «Afanasev «NPO «Technomac».

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

E-mail: p.ryabchikov@tmnpo.ru

Лобастов Максим Михайлович – заместитель главного конструктора АО «НПО Энергомаш им. академика В.П. Глушко».

Тел.: 8(495) 286-90-99.

E-mail: Maksim.Lobastov@npoem.ru

Lobastov Maksim Mikhailovich – Deputy Chief Designer of JSC «NPO Energomash» named after academic V.P. Glushko».

Tel.: 8(495) 286-90-99.

E-mail: Maksim.Lobastov@npoem.ru

Лобанов Андрей Владимирович – главный специалист АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева».

Тел. 8(495) 689-95-36, доб. 97-08.

E-mail: a.lobanov@tm.fsa

Матюхина Светлана Валериевна – главный специалист АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева».

Тел. 8(495) 689-96-54, доб. 96-54.

E-mail: S.Matyuhina@tmnpo.ru

Matyukhina Svetlana Valerievna – Principal Specialist of JSC «Afanasev «NPO «Technomac».

Tel.: 8(495) 689-96-54, ext. 96-54.

E-mail: S.Matyuhina@tmnpo.ru

Галерка Сергей Михайлович – руководитель направления АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева».

Тел. 8(495) 689-95-55, доб. 24-39.

E-mail: S.Galerka@tmnpo.ru

Galerka Sergey Mikhailovich – Area Head of JSC «Afanasev «NPO «Technomac».

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

E-mail: S.Galerka@tmnpo.ru

Lobanov Andrei Vladimirovich – Principal Specialist of JSC «Afanasev «NPO «Technomac».

Tel.: 8(495) 689-95-36, ext. 97-08.

E-mail: a.lobanov@tm.fsa

УДК 614.71:658.382

*Круглов И.А., Круглова Ю.В., Сазонов С.Н., Шмелева А.Н., Рябчиков П.В.
Kruglov I.A., Kruglova Yu. V., Sazonov S.N., Shmeleva A.N., Riabchikov P.V.*

Проблемные вопросы реализации требований по промышленной чистоте в ракетно-космической промышленности

Problematic issues in the implementation of industrial cleanliness requirements in the aerospace industry

В статье рассматриваются прикладные проблемы организаций ракетно-космической промышленности при реализации требований по обеспечению промышленной чистоты. Проведен анализ и предложены направления работ по совершенствованию деятельности.

The article considers applied problems in organizations of the aerospace industry in the implementation of requirements to ensure industrial cleanliness. There has been an analysis and proposed directions of work to improve the activities.

Ключевые слова: качество, надежность, промышленная чистота, стерильность, планетарная безопасность.

Keywords: quality, reliability, industrial cleanliness, sterility, planetary safety.

Наличие посторонних деталей, инструмента и частиц не раз приводило к авариям и катастрофам при эксплуатации авиационной и ракетно-космической техники. Трижды Герой Советского Союза А.И. Покрышкин в своих воспоминаниях говорил, что из-за забытого при ремонте инструмента в бою погибали прославленные летчики [1].

К примеру, недавний случай. Самолет Airbus A320-200 (регистрационный номер VH-VFF авиаконпания Jetstar), выполнявший рейс JQ-930 из Брисбена (штат Квинсленд) в Кэрнс (штат Квинсленд), набирал скорость для взлета, когда

экипаж получил сигнал о падении мощности правого двигателя при разгоне, примерно на скорости 40 км/ч [2]. Экипаж отказался от взлета и сумел остановить самолет на взлетно-посадочной полосе. Диспетчерская башня сообщила экипажу, что они видели вспышку от правого двигателя, экипаж другого самолета сообщил, что тоже видел пламя от правого двигателя. Исследования установили, что причиной аварии стала забытая при капитальном ремонте бита от отвертки (рис.1), с ней самолет совершил более 100 полетов.



Рис.1. Часть отвертки из двигателя Airbus A320-200



К сожалению, не избежала аварий, связанных с попаданием посторонних частиц, и ракетно-космическая промышленность России [3]. В 2011 году ракета-носитель «Союз-У» потерпела аварию. Потерян транспортный грузовой корабль «Прогресс М-12» с 2,6 тоннами полезной нагрузки для Международной космической станции (МКС). Обломки упали на территории Алтая. К аварийному отключению двигательной установки третьей ступени привело засорение трубопровода подачи горючего.

Через год, в 2012 году, ракета-носитель «Протон-М» с разгонным блоком «Бриз-М» не смогла вывести спутники – российский аппарат «Экспресс-МД2» и индонезийский «Telkom 3». Причиной аварии явилось нарушение технологии изготовления жиклеров, что привело к их частичной непроходимости для газа наддува топливного бака.

1. Нормативное обеспечение и общие проблемные вопросы

Ряд стандартов [5–7] достаточно полно регламентирует требования к чистым помещениям, процессам их проектирования и монтажа. Стандарты [8–11] задают общие требования и терминологию в области обеспечения промышленной чистоты. Отдельно разработана группа стандартов по категоричности (классам) жидкостей и газов с точки зрения загрязнений [12–13].

Ракетно-космическая отрасль всегда была «локомотивом» в решении технологических проблем. Еще до выпуска вышеуказанных ГОСТ отраслевой системой стандартизации издан ряд стандартов, регламентирующих процедуры реализации требований к промышленной чистоте ОСТ 92-0300-92, ОСТ 92-0069-86, ОСТ 92-4301-86 (разработчики – НПО «Техномаш» и КБ «Салют» им. В.М. Мясищева). Прогресс не стоит на месте, и АО «Институт проектирования предприятий машиностроительной промышленности» (АО «Ипромашпром») в 2022 году завершает разработку стандарта Госкорпорации «Роскосмос» – «Объекты наземной космической инфраструктуры. Промышленная чистота. Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды. Проектирование. Отраслевые нормы технологического проектирования».

Приведенные примеры показывают, что вопросы обеспечения промышленной чистоты – актуальная научно-техническая задача для многих отраслей промышленности. При этом целесообразно провести разграничительную линию между собственно вопросами промышленной чистоты, культурой производства и обеспечением биологической защиты (стерильностью). Последнее перечисление более характерно для фармацевтического производства. Данные требования подробно установлены ГОСТ Р 59293-2021 [4] и в настоящей статье не рассматриваются. В последнее время вопросы обеспечения биологической защиты в части защиты нашей планеты от возможных микроорганизмов извне, а также наоборот – недопущение неконтролируемого распространения форм жизни от космической деятельности человечества на другие планеты – приобретают актуальность.

При всем обилии требований к промышленной чистоте, связанным средам, установленных в документах по стандартизации, самый важный вопрос: «Как устанавливать нормы промышленной чистоты применительно к изделиям?» остается открытым. Единственным документом, в котором можно найти ответ на этот вопрос является стандарт [10]. Основная идея стандарта – требования к установлению измеримых показателей норм промышленной чистоты должны быть экономически оправданы и необходим скрупулезный анализ с учетом следующих факторов:

- особенности конструкции;
- интенсивность использования (работы);
- технологичность конструкции;
- нормы промышленной чистоты на разных стадиях жизненного цикла;
- нормы промышленной чистоты технологической базы;
- систематизация загрязнителей;
- определение факторов, вызывающих загрязнение;
- определение влияния загрязнения на работоспособность и надёжность изделия.

Пример методики установления норм промышленной чистоты приведен в [14]. Прило-



жение А [10] рекомендует устанавливать следующие нормы промышленной чистоты:

- на детали и сборочные единицы – на два класса выше, чем у конечной продукции;
- на газы и жидкости – на один класс выше у продукции.

Дополнительные рекомендации отсутствуют, при этом не описано, как выполняются обозначенные нормы. Если транслировать данное знание на ракетно-космическую промышленность, то сборку ракеты-носителя необходимо проводить в помещении класса чистоты не ниже 8,0, а изготавливать детали (и, соответственно, подготавливать их к сборке) – в помещениях класса 6,0. Тяжело представить механический цех в помещении класса чистоты 6,0, хотя возможно представить подготовку деталей на класс 6,0.

В разрабатываемом АО «Ипромашпром» стандарте, о котором упоминалось выше, разработчиками даны рекомендации об установлении классов чистоты помещений в зависимости от видов изделий ракетно-космической техники. По мнению авторов статьи, выбранное разработчиками стандарта направление в целом верное, но требует некоторых дополнительных исследований. К примеру, разработчики стандарта предлагают для осуществления заправки разгонных блоков применять помещения классов 9÷8,5 ИСО. С одной стороны, импонирует то, что

разработчики стандарта не побоялись оговорки ГОСТ Р ИСО 14644–1–2017, а именно: «Класс 9 ИСО соответствует обычным офисным, производственным и другим помещениям, не являющимся чистыми помещениями, и в Российской Федерации не применяется» и ввели класс 9 ИСО как самостоятельный класс. Данная оговорка не соответствует текущему состоянию работ по обеспечению промышленной чистоты, и её целесообразно исключить из требований ГОСТ Р ИСО 14644–1–2017. При этом необходимо учитывать фактическое конструктивное исполнение изделий ракетно-космической техники (РКТ) и практический опыт выполненных работ. К примеру, на рис. 2 представлена заправочная станция разгонного блока «Бриз-М» на космодроме Байконур.

С учетом специфики применяемых при заправке горючего и окислителя и того, что заправочная станция находится в степи, ни о каком классе чистоты помещения не может быть и речи, так как помещение, собственно, отсутствует.

Вопрос установления норм чистоты актуален во всем мире. К примеру, технические стандарты национального управления по авиации и исследованию космического пространства (англ. National Aeronautics and Space Administration – NASA) NASA–STD-6016A и NASA–STD-5017A [15-16] на вопросы обеспечения промышленной чистоты



Рис.2. Заправочная станция РБ «Бриз-М»



дают уклончивую информацию, как например: «Должны иметь установленное требование чистоты». Конкретные требования отсутствуют.

Существенно дальше в вопросах обеспечения промышленной чистоты продвинулись зарубежные производители электrorадиокомпонентов. В стандартах, действующих до 2019 года, содержится указание, что класс чистоты помещения должен соответствовать размеру самого маленького топологического элемента

микросхемы. В относительно новом стандарте VDA19 установлено, что максимальная величина токопроводящей частицы не должна превышать 50% от размера самого маленького зазора между контактами в печатной плате. Стоит отметить, что в зарубежной литературе более прижился термин «Техническая чистота». Например, в организациях-производителях автокомпонентов в Германии внедрен стандарт ZVEI «Техническая чистота для высоковольтных компонентов».

2. Проблемные вопросы организаций ракетно-космической промышленности в части обеспечения промышленной чистоты

Основной проблемный вопрос по обеспечению нормативных требований в ракетно-космической промышленности (РКП) заключается в том, что два основных документа по стандартизации, регламентирующие такие процессы (ОСТ 92-0300-92, ОСТ 92-0069-86, ОСТ 92-4301-86), разработаны ещё до выхода ГОСТ Р ИСО 14644-1-2017. Соответственно, категории помещений не соответствуют классам, установленным в национальном стандарте. «Слепое» введение новых классов в старые документы может привести к тому, что большинство существующих чистых помещений в РКП просто будут признаны не соответствующими требованиям, что приведет к остановке производства.

Еще одним проблемным вопросом является отсутствие регламентации требований в зависимости от класса (категории) чистого помещения. Установлены общие требования сразу по всем категориям. К примеру, запрет на применение в помещениях, где контролируется запыленность, документации на бумажных носителях: «ТД должна оформляться на непылящих материалах типа диазокальки – по ГОСТ 13.2.007 или диазобумаги – по ТУ 13-7309005-60283 с защитой от износа плёночными покрытиями, в том числе полиэтиленовой плёнкой». При этом требования всех стандартов по системе менеджмента качества обязательно требуют ведения записей о выполнении операции. Работа по извлечению документа из пленки, проставление записи и упаковывание обратно – «лишние» операции с точки зрения обеспечения промышленной чистоты. Перевод всей документации в электронную форму – грамотное решение вопроса обеспечения промышленной

чистоты. Данное решение требует значительных финансовых затрат, которые невозможно включить в цену изделия. Также следует отметить, что любое электронное устройство является источником электромагнитного излучения, которое, в свою очередь, также может являться концентратором загрязнения. Возможно, стоит провести дополнительные исследования и внести разрешение на применение современной офисной бумаги в чистых помещениях с «невысокими» классами чистоты.

Как и национальные стандарты, отраслевые стандарты допускают «использовать любой непылящий материал, не являющийся источником и аккумулятором загрязнителей». При этом методик оценки «пылимости» материалов крайне мало. И уровень этой «пылимости» также целесообразно оценивать с привязкой к конкретной норме промышленной чистоты.

При внесении изменений в отраслевые стандарты следует учитывать, что часть изделий РКТ разработана достаточно давно, и в конструкторской документации на них физически отсутствуют нормы промышленной чистоты. В любом случае внесение изменений в отраслевые основополагающие документы по обеспечению промышленной чистоты должно обеспечивать реализацию следующих принципов:

- сохранение возможности функционирования имеющихся чистых помещений до их реконструкции (не навредить);
- разумное инженерно-экономическое обоснование установления норм промышленной чистоты для изделий и сред;
- разумные требования к помещениям в зависимости от их класса и особенностей конструкции.

3. Предложения по дальнейшему направлению работ

в области обеспечения промышленной чистоты изделий ракетно-космической техники

Перспективным направлением работ можно назвать проведение исследований конструктивных элементов изделий РКТ и их составных частей в части построения матрицы отказов по причинам [17] несоблюдения требований промышленной чистоты. Результат работы позволит выработать рекомендации по установлению минимально достаточных норм промышленной чистоты будущих изделий (пример на рис. 3).

Целесообразно провести исследования в части необходимости установления требований конструкторской документации на изделия РКТ и их составные части по выявлению типовых конструкций, производство которых возможно осуществлять в помещениях без контроля параметров среды (или минимальные контрольные параметры – температурно-влажностный режим). Выполнение данных работ позволит сформировать требования по обеспечению промышленной чистоты для соответствующих изделий (выделение магистралей, зон, обеспечение технологическими заглушками т.д.).

Следующим направлением работ должен стать анализ требований ГОСТ Р ИСО 14644–1–2017 и ОСТ 92-0069-86 в части установления обоснования соответствия классов и категории чистоты промышленных помещений.

В дальнейшем следует инициировать разработку методики установления требований к чистым помещениям в зависимости от требований к нормам промышленной чистоты, установленных в конструкции изделий. В завершении исследования возможно установить требования по видам мероприятий по обеспечению промышленной чистоты для помещений с разными классами и установить требования по обеспечению чистоты, в том числе путем конкретизации требований по культуре производства.

Реализация указанных выше мероприятий позволит оптимизировать затраты на организацию и поддержание чистых помещений, гармонизировать требования нормативных документов и обеспечить создание научно-технического задела для разработки новых перспективных изделий.

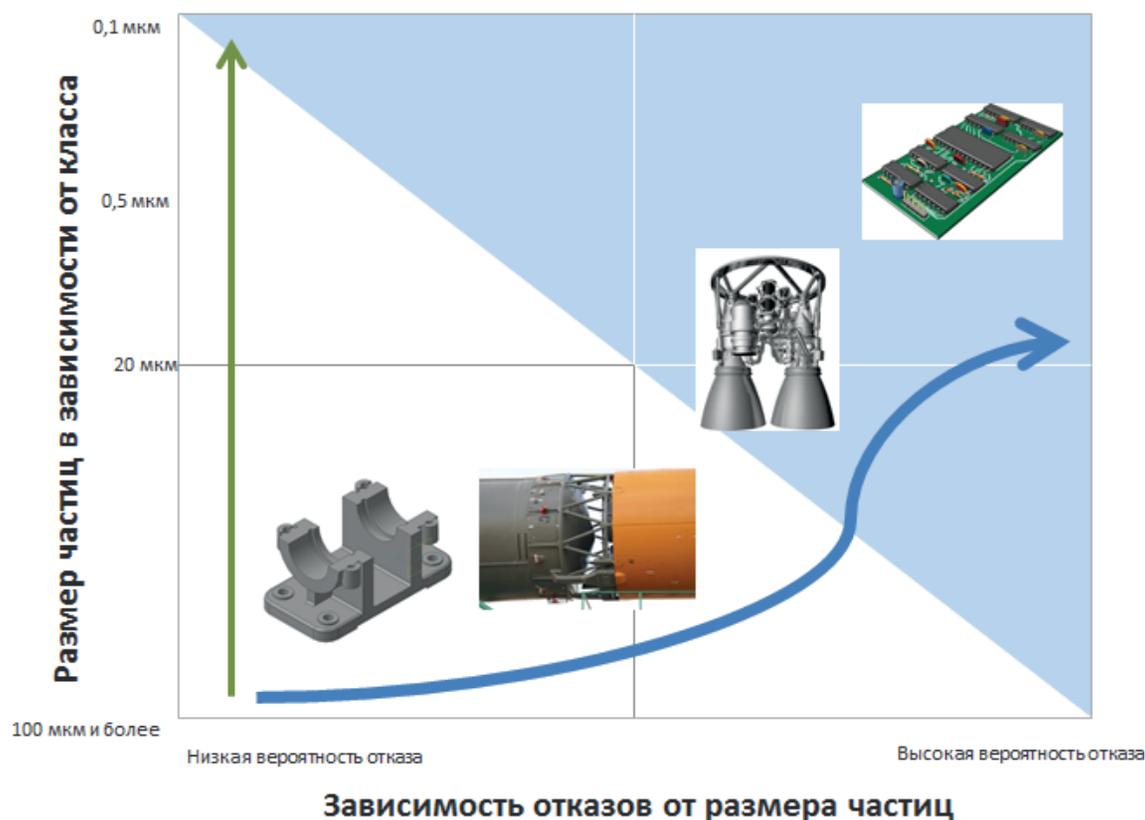


Рис.3. Пример построения матрицы отказов



Библиографический список

1. Покрышкин А.И. Небо войны. – М.: Воениздат, 1980.– 287 с.
2. Airportia / News/ JQ930 – Incident: Jetstar A320 at Brisbane on Oct 23rd 2020 2a. – p/62.
3. Дорохин Ю. Н. Неисправности производственного характера ракетно-космической техники. Проблемные вопросы технологической подготовки производства / Ю.Н. Дорохин, П.В. Рябчиков, М.М. Лобастов // Вестник «НПО «Техномаш». – 2020. – № 4(13). – С. 61–63.
4. ГОСТ Р 59293-2021 Чистота воздуха в производстве медицинских изделий. – М.: Стандартинформ, 2021. – 20 с.
5. ГОСТ Р 56639–2015 Технологическое проектирование промышленных предприятий. Общие требования. – М.: Стандартинформ, 2019. – 24 с.
6. ГОСТ Р 56640–2015 Чистые помещения. Проектирование и монтаж. Общие требования. – М.: Стандартинформ, 2019. – 24 с.
7. ГОСТ Р ИСО 14644–1–2017 Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды. Часть 1. Классификация чистоты воздуха по концентрации частиц. – М.: Стандартинформ, 2019. – 35 с.
8. ГОСТ 24869-98 Промышленная чистота. Общие положения. – Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1998. – 7 с.
9. ГОСТ Р 51109-97 Промышленная чистота. Термины и определения. – М.: Стандартинформ, 2004. – 16 с.
10. ГОСТ Р 51610-2000 Чистота промышленная. Установление норм промышленной чистоты при разработке, производстве и эксплуатации продукции. – М.: Госстандарт, 2000. – 7 с.
11. ГОСТ Р 51752-2001 Чистота промышленная. Обеспечение и контроль при разработке, производстве и эксплуатации продукции. – М.: Госстандарт, 2000. – 11 с.
12. ГОСТ 17433-80 (СТ СЭВ 1704-79) Промышленная чистота. Сжатый воздух. Классы загрязненности. – М.: Издательство стандартов, 1981. – 4 с.
13. ГОСТ 17216-2001 Чистота промышленная. Классы чистоты жидкостей. – Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2001. – 11с.
14. ГОСТ 28028-89 Промышленная чистота. Гидропривод. Общие требования и нормы». – Москва: Госстандарт, 1990. – 13 с.
15. NASA-STD-6016A / STANDARD MATERIALS AND PROCESSES REQUIREMENTS FOR SPACECRAFT / NASA Technical Standard is published by the National Aeronautics and Space Administration (NASA), 2016. – 143 p.
16. NASA-STD-5017A / DESIGN AND DEVELOPMENT REQUIREMENTS FOR MECHANISMS/ NASA Technical Standard is published by the National Aeronautics and Space Administration (NASA), 2016. – 77 p.
17. Рябчиков П. В. Анализ видов последствий и критичности отказов как фундамент для разработки перечня особо важных (ответственных), критичных (специальных) технологических процессов и операций / П. В. Рябчиков, И. А. Круглов, В. В. Жуков // Труды ФГУП НПО «Техномаш». Системы и приборы управления. – 2021. – № 1. – С. 30–34.

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

Тел.: 8 (495) 689-95-94, доб. 23-09.

E-mail: I.Kruglov@tmnpo.ru

Kruglov Igor Aleksandrovich – Deputy Center Director of JSC «Afanasev «NPO «Technomac»».

Тел.: 8 (495) 689-95-94, ext. 23-09.

E-mail: I.Kruglov@tmnpo.ru

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

Тел.: 8 (495) 749-91-63.

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

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

Тел.: 8 (495) 749-91-63.

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

Сазонов Станислав Николаевич – специалист центра АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева».

Тел.: 8 (495) 689-95-94, доб. 23-93.

E-mail: S.Sazonov@tm.fsa

Sazonov Stanislav Nikolayevich – Center Specialist of JSC «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasev.

Тел.: 8 (495) 689-95-94, ext. 23-93.

E-mail: S.Sazonov@tm.fsa

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

Тел.: 8 (999) 976-75-19.

E-mail: shmeleva9696@mail.ru

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

Тел.: 8 (999) 976-75-19.

E-mail: shmeleva9696@mail.ru

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

Тел.: 8 (495) 689-95-94, доб. 23-09.

E-mail: P.Ryabchikov@tmnpo.ru

Riabchikov Pavel Viacheslavovich – Center Director of JSC «Afanasev «NPO «Technomac»».

Тел.: 8 (495) 689-95-94, ext. 23-09.

E-mail: P.Ryabchikov@tmnpo.ru



УДК 629.78: 006

Илингина А.В., Устьянцев Е.В., Поротикова О.П.
Ilingina A.V., Ustiantsev E.V., Porotikova O.P.

Разработка стандартов в обеспечение стабильности качества и надежности создаваемых изделий и технологий в условиях серийного производства ракетно-космической техники

Standards development to ensure stability of quality and reliability for engineered products and technologies in the conditions of serial production in aerospace equipment

Разработанный АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева» национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 59861-2021 «Ракетно-космическая техника. Аттестация специальных, особо ответственных технологических процессов изготовления изделий» регламентирует порядок аттестации специальных, особо ответственных технологических процессов изготовления деталей и сборочных единиц изделий ракетно-космической техники в обеспечение стабильности показателей качества и надежности изделий. Статья описывает краткое содержание нормативного документа, а также процесс обсуждения стандарта в организациях отрасли.

The national standard of the Russian Federation GOST R 59861-2021 «Rocket and Space Equipment. Certification of special, highly critical technological processes of products manufacturing», developed by JSC «Afanasev «NPO «Technomac», regulates the procedure of special, highly critical processes of manufacturing parts and assemblies of aerospace equipment products for ensuring stability of product quality and reliability indexes. The article describes a summary on the regulatory document being developed, as well as the discussion process of the standard in industry organizations.

Ключевые слова: специальный технологический процесс, особо ответственный технологический процесс, критичные (особо ответственные) элементы изделия, стабильность технологического процесса, основные (критические) эксплуатационные характеристики, технологическая подготовка производства.

Keywords: special process, a particularly critical process, critical (particularly important) product elements, process stability, main (critical) performance characteristics, process design

Приказом Агентства по техническому регулированию и метрологии Российской Федерации от 22.11.2021 № 1540-ст с 01.03.2022 введен в действие ГОСТ Р 59861-2021 [1] (далее – стандарт).

Стандарт устанавливает общие требования к работам по организации и порядку проведения аттестации специальных, особо ответственных технологических процессов (ТП) и операций при постановке на производство изделий ракетной и космической техники военного, двойного, гражданского и коммерческого назначения, а также при серийном производстве в случае модернизации изделий.

При разработке стандарта собраны и учтены предложения и замечания более 25 организаций

отрасли и другие материалы [2, 3]. В обсуждении работ по стандартизации ракетно-космической техники (РКТ) за предыдущие годы в части проведения аттестации специальных, особо ответственных технологических процессов и операций приняли участие многие организации и предприятия ракетно-космической промышленности (РКП): АО «Красмаш», АО «ИСС», АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева», АО «Российские космические системы», АО «КБХиммаш» им. А.М. Исаева», АО «УКВЗ», АО «РКЦ «Прогресс», АО «НИИ КП», АО «ЦНИИмаш», АО «НПО Энергомаш», ЗАО ЗЭМ РКК «Энергия» им. С.П. Королева, АО «НПО Лавочкина»,

АО «ГРЦ им. Макеева», ПАО НПО «Искра», 4 ЦНИИ МО РФ, АО КБСМ, ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша», АО «НПЦ АП», АО «ЦЭНКИ». Разработка стандарта – актуальный вопрос не только для организаций отрасли, но и предприятий, использующих специальные и особо ответственные технологические процессы изготовления изделий.

При необходимости и по согласованию с представителем заказчика на основании стандарта могут разрабатываться стандарты организаций, конкретизирующие отдельные требования к аттестации ТП с учетом специфики изготавливаемых изделий, производства и сложившейся практики работ.

Разработанный стандарт – один из составляющих нормативных документов, устанавливающих единые требования, предъявляемые к объектам аттестации, специальным и особо ответственным ТП, включая особо ответственные операции сборки, монтажа, регулировки, настройки, испытаний, контроля, необходимые при проведении аттестации, а также при проведении проверок в рамках научно-технического сопровождения создания изделий и авторского надзора.

Объектами аттестации являются специальные и особо ответственные ТП, включенные в утвержденные перечни специальных и особо ответственных ТП, которые составляет организация-разработчик конструкторской документации (КД) совместно с организацией-изготовителем, корректируя их в дальнейшем по результатам производства и эксплуатации изделий.

В рамках создания отраслевого единого информационного пространства для дальнейшей систематизации в стандарте определены и регламентированы (с учетом иерархии определений в ГОСТ и ОСТ РКП) применяемые в отрасли термины с соответствующими определениями: критичный процесс, критичные (особо ответственные) элементы изделия, особо ответственные операции (технологический процесс), специальный технологический процесс и т.д. Также определены цели, основные задачи и порядок аттестации ТП.

Наряду с проверкой и оценкой качества выполнения работ по подготовке к реализации специальных и особо ответственных ТП осу-

ществляется проверка и оценка состояния документации, оборудования, оснастки, инструмента, средств измерений, производственной среды, обеспечение промышленной чистоты, охраны труда, охраны окружающей среды и экологической безопасности, квалификации исполнителей. Проводится проверка соблюдения процедур принятия корректирующих и предупреждающих действий по выявлению и исследованию причин дефектов, отказов и нестабильности параметров ТП. Предлагается выбор метода аттестации, по которому проводится оценка и подтверждение состояния ТП. При этом для нового ТП выбирается аналитический метод. Для неаттестованных ТП, но отработанных и внедренных, предлагается статистический метод аттестации.

В стандарте приводятся состав и содержание типовых проверок для аналитического и статистического метода. Рассматриваются следующие вопросы:

- на каком этапе организуют и проводят аттестацию ТП;
- какие виды аттестации устанавливают при организации и проведении аттестации;
- порядок проведения первичной аттестации, периодической аттестации, внеплановой аттестации, сроки действия аттестатов.

Предложена примерная программа аттестации ТП, предусматривающая испытания контрольных образцов, оценку воспроизводимости специальных характеристик и точности, стабильности процесса, периодичности контроля контролируемых параметров, аттестацию испытательного оборудования, персонала, рабочих мест, оценку применяемых методов неразрушающего контроля для выявления скрытых дефектов. По решению комиссии возможна замена индивидуальной программы аттестации специального, особо ответственного ТП на типовую.

В случаях отрицательных результатов периодической аттестации ТП в протоколе указывают выявленные несоответствия и сроки их устранения. Разрабатываются и выполняются корректирующие мероприятия по устранению выявленных недостатков в изготовлении деталей, сборочных единиц (ДСЕ) и изделий. По результатам анализа причин несоответствий и отказов РКТ по причине нарушения требований специальных, особо ответ-



ственных технологических процессов и операций в стандарте рассматриваются случаи приостановки действия аттестата на ТП.

В целях приведения отчетной документации в рамках РКП к единой форме рекомендуется при аттестации ТП использовать приведенные в приложениях к стандарту формы А–Е.

Анализ действующих нормативных документов Госкорпорации «Роскосмос» показал, что стандарт на сегодняшний день является практически единственным нормативным отраслевым документом, регламентирующим технологические аспекты обеспечения качества изделий РКТ при их изготовлении на предприятиях отрасли, и рас-

пространяется на производство комплектующих, поставляемых ракетно-космической отрасли смежными предприятиями. Разработанный стандарт актуален при оценке стабильности качества и надежности изделий РКТ, изготавливаемых в условиях недостаточной стабильности технологических процессов.

Стандарт является одним из нормативных документов, разработанных в помощь специалистам АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева» и используемых при проведении анализа и оценки технологической готовности производственной и экспериментальной базы организаций и предприятий РКП.

Библиографический список

1. ГОСТ Р 59861-2021 Ракетно-космическая техника. Аттестация специальных, особо ответственных технологических процессов изготовления изделий. – М.: РСТ, 2021. – 25 с.
2. ГОСТ Р 58124-2018 Системы космические. Обеспечение производственной технологичности создания изделий. Основные положения. – М.: Стандартинформ, 2018. – 12 с.
3. ГОСТ Р 15.301-2016 Система разработки и постановки продукции на производство. Продукция производственно-технического назначения. Порядок разработки и постановки продукции на производство. – М.: Стандартинформ, 2018. – 15 с.

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

Тел.: 8(495) 689-96-90

E-mail: a.ilingina@tmnpo.ru

Ilingina Alla Valerevna – Center Director of JSC «Afanasev «NPO «Technomac».

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

E-mail: a.ilingina@tmnpo.ru

Поротикова Ольга Петровна – главный специалист АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева»

Тел.: 8(495) 689-31-73 доб. 23-99

E-mail: O.Porotikova@tmnpo.ru

Porotikova Olga Petrovna – Principal Specialist of JSC «Afanasev «NPO «Technomac».

Tel.: 8(495) 689-31-73 ext. 23-99

E-mail: O.Porotikova@tmnpo.ru

Устьянцев Евгений Валерьевич – начальник отделения АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева».

Тел. 8(495) 689-96-35, доб.96-35

E-mail: E.Ustjancev@tmnpo.ru

Ustiantsev Evgeniy Valerevich – Division Head of JSC «Afanasyev «NPO «Technomac».

Tel. 8(495) 689-96-35, ext. 96-35

E-mail: E.Ustjancev@tmnpo.ru

УДК 629.78

Сумбуров С.А., Жуков В.В., Тарасова Т.А., Мурашова Е.А.
Sumburov S.A., Zhukov V.V., Tarasova T.A., Murashova E.A.

Общие сведения о подготовке частных заключений о технологической готовности ракет космического назначения и их составных частей к лётным испытаниям и пускам

General information on preparing private conclusions on the technological readiness of space rockets and their components for flight tests and launches

В статье отражены основные составляющие механизма подготовки частных заключений, разрабатываемых АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева», в частности о технологической готовности ракет космического назначения и их составных частей к лётным испытаниям. Также рассмотреть цель и основание выдачи заключений, структурные элементы, алгоритм планирования и проведения работ по выдаче заключений, включая варианты оценки результатов работы экспертной комиссией, отражаемые в частных заключениях.

The article reflects the main elements in the mechanism of preparing private conclusions developed by JSC «Afanasev «NPO «Technomac», in particular on the technological readiness of space rockets and their components for flight tests. The purpose and basis for providing conclusions, the structural elements, the algorithm for planning and conducting the work of providing conclusions, as well as options for evaluating the results of the expert committee, reflected in the private conclusions.

Ключевые слова: частное заключение, ракетно-космическая техника, технологическая готовность, ракета-носитель, технология изготовления.

Keywords: private conclusion, aerospace equipment, technology readiness, launch vehicle, manufacturing technology.

Работы по подготовке частных заключений о технологической готовности ракет космического назначения (РКН) и их составных частей (СЧ) к лётным испытаниям разрабатываются АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева» в соответствии с требованиями технических заданий (ТЗ), договоров и запросами, полученными от АО «ЦНИИмаш».

Нормативно-правовой базой при подготовке частных заключений о технологической готовности ракетно-космической техники (РКТ) и их СЧ к лётным испытаниям являются требования Положения РК-98-КТ, РК-11-КТ, Временного положения о порядке выдачи заключений о технической готовности ракетных и космических комплексов и их составных частей к лётным испытаниям, пускам РКН и запускам космических аппаратов (КА) головными научно-исследовательскими организациями ракетно-кос-

мической промышленности (РКП) (ПЗ-2020) и другой нормативной документации.

Частные заключения о технологической готовности изделий РКТ выдаются для контроля качества работ и выполнения требований по техническому уровню, качеству, безопасности, надёжности, технологическому и метрологическому обеспечению, заданных в тактико-техническом задании (ТТЗ).

В соответствии с Положением РК-98-КТ (РК-11-КТ) выдача частных заключений о технологической готовности изделий к лётным испытаниям осуществляется в следующих случаях:

– перед началом лётных испытаний (или в соответствии с программой лётных испытаний (ПЛИ) в процессе лётных испытаний) вновь разрабатываемых или модернизируемых комплексов, а также их составных частей – отдельных ракет-носителей (РН), КА, разгонных блоков (РБ),



сборочно-защитных блоков (СЗБ), конверсионных ракетных комплексов;

– перед проведением каждого запуска пилотируемого космического корабля (ПКК) или автоматического космического комплекса в рамках пилотируемой программы;

– перед проведением пусков отечественных и зарубежных КА, требующих адаптации средств выведения, в том числе при попутных запусках КА (включая иностранные) совместно со штатной полезной нагрузкой;

– в отдельных случаях при пусках опытных или серийных комплексов по указанию государственного заказчика или государственной комиссии, а также по указанию государственной комиссии после аварийного пуска, пуска с отказами составных частей в полете на последующий пуск или при переходе в процессе летных испытаний от лётно-конструкторских испытаний к зачётным испытаниям (если таковые предусмотрены ПЛИ);

– в отдельных случаях по требованию заказчика, в том числе на комплексы различного назначения, в соответствии с указанием Госкорпорации «Роскосмос».

Частные заключения о технологической готовности изделий РКТ выдаются на основании результатов работ по научно-техническому (технологическому) сопровождению, авторскому надзору, а также экспертизе материалов головных организаций-разработчиков и предприятий-изготовителей изделий.

В рамках реализации полномочий, предусмотренных Федеральным законом от 13.07.2015 № 215-ФЗ [1], Госкорпорацией «Роскосмос» утверждено ПЗ-2020, в соответствии с которым АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева» осуществляет выдачу частных заключений по вопросам:

– результатов проведения научно-технологического сопровождения технологических и материаловедческих работ;

– технологии создания и технологической готовности машиностроительных производств РКТ и метрологического обеспечения ее производственно-технологической базы;

– анализа технологичности создаваемых изделий РКТ (средств выведения (СВ), КА и их СЧ);

– оценки выполнения мероприятий, предусмотренных конструкторской документацией

(КД), по обеспечению чистоты в баках и полостях при изготовлении изделий РКТ (СВ, КА и их СЧ) и достаточности этих мероприятий;

– анализа отступлений от принятой технологии изготовления РН, РБ, КА, головных обтекателей (ГО), переходной системы (ПС) и их СЧ, в том числе анализа ведомости допущенных отступлений (ВДО), карточек разрешения (КР) и решений по отступлениям от технологии изготовления;

– анализа производственных несоответствий, дефектов и отказов, выявленных в результате изготовления и наземной экспериментальной отработки (НЭО) изделий (СВ, КА и их СЧ), а также при проведении летных испытаний (ЛИ) изделий (в том числе при работе аварийных комиссий);

– анализа результатов контроля за стабильностью качества изготовления изделий РКТ (СВ, КА и их СЧ) при устоявшемся серийном производстве.

Материалы для подготовки частных заключений от организаций-разработчиков и предприятий-изготовителей изделий поступают в АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева» на основании запросов. Для выдачи частных заключений о технологической готовности изделий РКТ создана экспертная комиссия из специалистов АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева».

Выдача частных заключений осуществляется в соответствии с алгоритмом:

– получение запроса на подготовку и выдачу частного заключения от АО «ЦНИИмаш»;

– проверка наличия ТЗ и заключенного договора, в рамках которого проводится работа по выдаче частного заключения;

– рассылка писем-запросов в головные организации-разработчики и предприятия-изготовители изделий;

– экспертиза материалов для подготовки частных заключений о технологической готовности изделий;

– итоговый анализ и систематизация материалов по результатам изготовления и испытаний, оценка технической готовности изделий;

– оформление частного заключения, его согласование и утверждение.

Частное заключение о технологической готовности изделия структурно содержит следующие элементы:



- основание для проведения работ по выдаче частного заключения;
- общая характеристика изделия;
- результаты проведенного анализа технологической готовности производств и изделий РКТ;
- предложения и рекомендации;
- обобщенные выводы о технологической готовности производств и изделий РКТ;
- приложения (при необходимости).

В выводах приводят:

- оценку достигнутых уровней технического состояния и надежности изделий, результаты оценки качества изготовления изделия комплекса и результаты контроля надежности в соответствии с требованиями конструкторской документации;
- перечень дополнительных операций (работ) технологического графика подготовки изделия в эксплуатирующей организации, необходимых для закрытия замечаний по отступлениям от технологии изготовления изделий;
- предложения, рекомендации или конкретные мероприятия, направленные на повышение уровня технического состояния и надежности изделий;
- качественную оценку результатов изготовления изделий.

Библиографический список

1. О Государственной корпорации по космической деятельности «Роскосмос»: Федеральный закон от 13.07.2015 № 215-ФЗ, пункт 17, статья 7; одобрен Советом Федерации 08.07.2015.

Сумбуров Сергей Алексеевич – главный специалист центра качества и технологической надежности АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева».

Тел.: 8(495) 689-96-88, доб. 22-37.

E-mail: S.Sumburov@tmnpo.ru

Sumburov Sergei Alekseevich – Principal Specialist of Center for Quality and Technological Reliability of JSC «Afanasev «NPO «Technomac»».

Тарасова Татьяна Алексеевна – ведущий специалист центра качества и технологической надежности АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева».

Тел.: 8(495) 689-95-94, доб. 97-79.

E-mail: T.Tarasova@tmnpo.ru

Tarasova Tatiana Alekseevna – Leading Specialist of Center for Quality and Technological Reliability of JSC «Afanasev «NPO «Technomac»».

В отдельных случаях по указанию государственной комиссии, государственного заказчика или после аварийного пуска частные заключения дополнительно содержат:

- анализ полноты и достаточности принятых и реализованных мероприятий в подтверждение эффективности принятых технологических решений по устранению причин аварий или невыполнения программ (задач) полета;
- оценку результатов предшествующих наземных испытаний и эффективности проведенных мероприятий по повышению качества и надежности, реализации рекомендаций государственных аварийных комиссий.

Дополнительно при подготовке частных заключений специалисты АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева» участвуют в инспекционном контроле на заводах-изготовителях изделий РКТ и их СЧ.

На основании частного заключения о технологической готовности, подготовленного экспертной комиссией АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева», составляется общее заключение в АО «ЦНИ-Имаш», которое представляется для государственной комиссии перед проведением запуска изделия.

Жуков Владимир Владимирович – главный специалист ФГУП МОКБ «Марс» – филиала ФГУП ВНИИА.

Тел.: 8(499) 978-92-03.

E-mail: Zhukov_vl@bk.ru

Zhukov Vladimir Vladimirovich – Principal Specialist of FSUE МОКБ «Mars» – branch of FSUE VNIIA.

Мурашова Елена Александровна – ведущий специалист центра качества и технологической надежности АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева».

Тел.: 8(495) 689-95-36, доб. 22-89.

E-mail: E.Myrashova@tm.fsa

Murashova Elena Aleksandrovna – Leading Specialist of Center for Quality and Technological Reliability of JSC «Afanasev «NPO «Technomac»».



УДК 629.7:006

Кондратенко А.Н.
Kondratenko A.N.

Актуальные вопросы метрологического обеспечения ракетно-космической промышленности

Current Issues of Metrological Support for aerospace industry

Для современного этапа развития ракетно-космической промышленности рассмотрены актуальные вопросы метрологического обеспечения при разработке и внедрении инноваций, планировании и реализации мероприятий по повышению эффективности современных производств и испытательных баз. На основе анализа текущего технического состояния испытательного оборудования, условий его применения, а также предъявляемых технических требований к методам и средствам испытаний разработан организационный подход к практической реализации принципа аттестации испытательных средств «по состоянию». Показаны методологические особенности проведения метрологической экспертизы технической документации. Поставлен вопрос о целесообразности возможного создания отраслевого института метрологии ракетно-космической промышленности.

The actual issues of metrological support for development and implementation of innovations, planning and implementation of measures to improve the modern manufacturing and testing bases efficiency are considered for the modern stage of aerospace industry development. Based on the analysis of the current technical state of testing equipment, conditions of its application, as well as technical requirements to methods and means of testing, an organizational approach to practical implementation of the principle of testing facilities «by state» certification is developed. The methodological peculiarities of metrological examination of technical documentation are shown. The question of the reasonability to establish a branch metrology institute for the aerospace industry has been raised.

Ключевые слова: аккредитация, аттестация, калибровка, метрологическое обеспечение, ракетно-космическая промышленность, ракетно-космическая техника, средства измерений, испытания, контроль.

Keywords: accreditation, qualification, calibration, metrological support, aerospace industry, aerospace equipment, measuring instruments, testing, control.

В целях успешного создания и производства перспективных изделий ракетно-космической техники (РКТ) одним из важнейших направлений является метрологическое обеспечение, являясь самостоятельным видом технического обеспечения, определяет качество изделий РКТ, прогресс в развитии перспективных изделий РКТ, получение требуемых характеристик изделий и технологических процессов; гарантирует полноту, точность и достоверность измерений, проводимых при производстве и испытаниях РКТ.

Организация метрологического обеспечения строится на основе требований и положений законов Российской Федерации «Об обеспечении

единства измерений» [1], «О стандартизации» [2] и ряда нормативных правовых актов. В настоящее время в части, не противоречащей [1], действуют семь постановлений Правительства Российской Федерации, 31 правило по метрологии и около трёх тысяч документов в ранге национальных стандартов и рекомендательных (методических) документов по метрологии, образующих основу для практической деятельности в области метрологии.

В Госкорпорации «Роскосмос» создана и функционирует система метрологического обеспечения качества РКТ, целью которой является установление и применение научных и организационных основ, технических средств, правил и норм, необ-

ходимых для достижения единства и требуемой точности измерений. Координируют эту работу головные организации метрологической службы Госкорпорации «Роскосмос» – АО «ЦНИИмаш» и АО «НПО «Техномаш» им С.А. Афанасьева».

Метрологическое обеспечение может включать в себя различные этапы технологических процессов:

- установление рациональной номенклатуры измеряемых параметров и оптимальных норм точности измерений;
- технико-экономическое обоснование и выбор средств измерений, испытаний и контроля;
- стандартизация, унификация и агрегатирование используемой контрольно-измерительной техники; разработка, внедрение и аттестация современных методик выполнения измерений, испытаний, контроля;
- поверка, метрологическая аттестация и калибровка контрольно-измерительного и испытательного оборудования;
- контроль за производством, состоянием и использованием контрольно-испытательной аппаратуры; разработка и внедрение стандарта организации и предприятия;
- внедрение международных и отраслевых стандартов; проведение метрологической экспертизы проектов; проведение анализа состояния измерений;
- и т.п.

Проводимые техническое перевооружение, технологическая модернизация, соответствующая реконструкция и новое строительство предприятий и организаций ракетно-космической промышленности (РКП) при интенсивном внедрении новых наукоемких технологий обуславливают обязательное опережающее развитие технических средств метрологии, в том числе измерительных и калибровочных возможностей

метрологического обеспечения. Необходимы инновации в упреждающем развитии методологии и техники измерений, а также развитию нормативно-технической базы. В докладе Национального института стандартов и технологий (NIST) США дана наиболее полная оценка основных факторов, сдерживающих ускорение разработки и внедрения инноваций и повышение технологической и технико-экономической эффективности современных производств и испытательных баз передовых космических государств на мировом рынке современных технологий. Отмечается одиннадцать основных направлений, в которых остро ощущается потребность инноваций в упреждающем развитии методологии и техники измерений [3], суть которых сводится к трем обобщающим и основополагающим положениям:

- основным препятствием на пути инноваций практически во всех сферах экономики, медицины, здравоохранения, обороны, экологии по-прежнему остается недостаточная точность различных методов и средств измерения (СИ);
- практически во всех новых технологиях сдерживающим фактором служит отсутствие точных и достаточно чувствительных датчиков различных величин, необходимых для реализации мониторинга процессов в реальном масштабе времени и создания систем управления не только новыми технологическими процессами, но и условиями окружающей среды;
- отсутствие стандартов, эталонов, подходящих систем единиц, протоколов для оценки качества создаваемых технологий, включая недостаточную совместимость и неэффективное взаимодействие программного и аппаратного обеспечения устройств управления разрабатываемых технических средств, которые нередко служат непреодолимым барьером для инноваций во многих развивающихся технологиях.

1. Основные задачи, стоящие перед метрологическими службами организаций и предприятий РКП

Во-первых – это задача полного охвата вопросов научно-технического и организационно-методического обслуживания методов и средств качественного инструментального контроля и анализа, цель которого получение первичной информации для любой потребности организации и предприятия

(качество продукции; входной контроль материалов, неразрушающий контроль и т.д.).

Во-вторых – это задача комплексного инструментального контроля и аттестации испытательных средств всех назначений (для методов испытаний – только метрологическая экспертиза).



В-третьих – это задача инструментального контроля основных эксплуатационно-технических параметров уникального технологического и энергетического оборудования (специальных сооружений), обеспечивающих его надежность и безопасность (на основе соответствующих нормативно-методических документов), независимо от систематической работы по технической эксплуатации этих средств со стороны специализированных служб.

В-четвертых – это метрологический инструментальный контроль выходных и ответственных параметров особо важных и сложных изделий и сооружений на стадии после приемки службой технического контроля или в процессе приемочных испытаний.

В-пятых – это периодический метрологический контроль важнейших параметров всех видов производственно-экологически опасных объектов, явлений, в том числе тяготеющих к чрезвычайным ситуациям.

В-шестых – метрологическое обслуживание средств (систем) автоматизации, принимая во внимание, что системы автоматического управления – это совокупность различных по конструкции и физико-технической основе измерительных преобразователей.

На всех этапах подтверждения метрологических характеристик производств, испытательных баз, профильной продукции РКП необходимо решение следующих основных задач:

- техническое перевооружение и модернизация материально-технической базы предприятий, и прежде всего в части кардинального обновления состава эталонной базы, средств поверки, калибровки, контроля и испытаний, лабораторного оборудования, опытно-экспериментального и серийного (мелкосерийного) производства;

- повышение научно-технического уровня научной продукции и услуг предприятий до мирового, обеспечение их конкурентоспособности на мировом и отечественном рынках;

- совершенствование организационных структур организаций и предприятий, способных динамично и гибко реагировать на возникающие изменения, в том числе в части потребностей отрасли в метрологическом обеспечении, стандартизации и сертификации;

- расширение существующих и строительство новых объектов, реконструкция и капитальный ремонт зданий, сооружений и коммуникаций, обеспечивающих бесперебойную работу основного оборудования, прежде всего эталонного;

- обеспечение устойчивого финансового положения организаций и предприятий с созданием достойных условий и качества жизни для всех категорий работающих;

- сохранение и совершенствование кадрового научно-технического потенциала с улучшением его качественного профессионального состава;

- развитие международных и межрегиональных связей как на многосторонней, так и двусторонней основе;

- активизация деятельности в рамках различных правительственных и неправительственных отечественных и зарубежных организаций.

Бурное развитие вычислительной техники, информационных и телекоммуникационных технологий ставит перед метрологией новые задачи и открывает новые возможности:

- новые информационные технологии облегчают сотрудничество между метрологическими лабораториями, способствуют более быстрому, доступному и эффективному обучению персонала, обмену информацией и т.д.;

- развитие вычислительной техники сделало возможным осуществлять некоторые сличения и поверки на расстоянии. Во многих случаях это сокращает расходы на транспортировку и время их проведения;

- необходимо разработать более эффективные процедуры для надёжного контроля над вычислительной техникой, используемой в метрологии.

Метрологические службы организаций и предприятий отрасли должны в установленном порядке предоставлять услуги по поверке и калибровке СИ сторонним организациям и предприятиям на необходимом уровне, в том числе осуществлять хранение эталонов и измерительного оборудования соответствующей точности. По финансово-экономическим соображениям невозможно, а иногда и не нужно, чтобы каждая организация или предприятие имели собственное эталонное оборудование, коэффициент использо-



вания которого не превышает 10÷20%. Организации и предприятия (например, территориально объединённые) должны участвовать в отраслевом сотрудничестве и отраслевом разделении труда.

Совершенствование поверочной деятельности в РКП целесообразно осуществлять за счет обновления имеющихся в федеральных государственных

учреждениях центров стандартизации и метрологии поверочной базы, приобретения нового современного поверочного оборудования и освоения новых видов поверки (более 80 % такого оборудования 15–20 летней давности ввода в эксплуатацию) [4], прежде всего эталонным поверочным оборудованием в виде вторичных эталонов.

2. Калибровка средств измерений

Основные задачи развития калибровки средств измерений:

- расширение объемов калибровочных работ в условиях сужения сфер обязательного метрологического контроля и надзора;

- обеспечение развития калибровочных работ в процессе применения в Российской Федерации стандартов ИСО серии 9000, 14000 и т.д., связанных с признанием системы управления качеством продукции и обеспечения тем самым ее конкурентоспособности на мировом рынке;

- гармонизация правил российской системы калибровки с международными рекомендациями в области калибровки как важного инструмента, обеспечивающего взаимное признание результатов калибровки при торговом и научно-

техническом международном сотрудничестве.

Важным условием международного взаимного признания результатов измерений и испытаний является создание национальной системы аккредитации Российской Федерации с включением в нее в качестве подсистемы системы аккредитации измерительных лабораторий. Другим важным аспектом развития системы аккредитации измерительных лабораторий является признание того, что сегодня измерительная лаборатория представляет собой сложную информационно-измерительную структуру, включающую средства измерений, документально оформленные методы и методики выполнения измерений, а также квалифицированных измерителей-метрологов и условия, в которых эти измерения производятся.

3. Аттестация испытательного оборудования

Аттестация испытательного оборудования, функцией которой является воспроизведение требуемых условий испытаний, предполагает определение нормируемых точностных характеристик оборудования, их соответствия требованиям нормативной документации. Основные положения и порядок аттестации испытательного оборудования устанавливает ГОСТ Р 8.568-97 [5].

Испытания – одна из наиболее трудоемких и дорогостоящих процедур программ обеспечения надежности оборонной техники [6, 7]. Достоверность и эффективность испытаний изделий РКТ во многом определяются результатами решения комплекса задач по метрологическому обеспечению испытаний. В частности – определение возможности воспроизведения условий испытаний в пределах допускаемых отклонений, а также установление пригодности испытательного оборудования подтверждается в процессе его аттестации.

При проведении анализа состояния работ по аттестации испытательного оборудования, применяемого в организациях и на предприятиях отрасли, выяснилось, что более 40% средств испытаний не аттестовано.

Системную основу аттестации испытательного оборудования составляет априорная информация о зависимости характеристик технических средств испытаний (ТСИ) от характеристик объектов испытаний. Эффективное использование этой зависимости позволяет оптимизировать методы и средства аттестации. Далее на основе анализа этих составляющих представлен организационный подход к практической реализации принципа аттестации «по состоянию». Основным принципом решения этой задачи предлагается и обосновывается принцип аттестации «по состоянию» с учетом текущего технического состояния испытательного оборудования, условий его применения, а также предъявляемых технических требований к методам и средствам испытаний.



3.1. Анализ нормативных требований к испытаниям

Требования, изложенные в нормативных документах, на методы испытаний продукции, оказывают непосредственное влияние на методы и средства аттестации испытательного оборудования. При отработке изделия подвергаются исследовательским и контрольным испытаниям. Цель испытаний – предварительная оценка технических, метрологических и эксплуатационных характеристик образца и установление соответствия требованиям технического задания, а также определение готовности к государственным испытаниям.

Исследовательские испытания, к которым относятся отработочные, доводочные, граничные, провоцирующие и другие, как правило, проводятся на стадии проектирования при испытании макетов или составных частей и опытных образцов. Такие виды испытаний направлены на выявление «слабых» элементов и узлов; в ходе испытаний уточняются режимы контрольных и приемо-сдаточных испытаний. Контрольным испытаниям (предварительным и государственным – для опытных образцов; периодическим, приемо-сдаточным и типовым – для серийной продукции), в первую очередь, предварительным, подвергаются опытные образцы после их изготовления и при успешных результатах исследовательских испытаний.

Важнейшее отличие исследовательских испытаний от контрольных заключается в следующем: уровни воздействия внешних факторов в целях определения коэффициента запаса прочности в процессе исследовательских испытаний могут быть выше уровней, встречающихся в эксплуатации.

Перечень контролируемых параметров образцов при исследовательских испытаниях устанавливается априори и уточняется в процессе испытаний, в то время как этот перечень в процессе контрольных и отбраковочных испытаний

заранее известен и установлен в нормативном документе. Исследовательским испытаниям, как правило, подвергаются узлы и блоки сравнительно небольшой массы и габаритов в отличие от устройств и комплексов, проходящих контрольные испытания.

Отбраковочные испытания различных уровней разукрупнения – от датчика до комплекса – предусматривают, как правило, меньшую гамму внешних воздействий и, главное, значительно заниженные нормы испытаний. Эти испытания – составная часть технологического процесса изготовления изделия, в ходе которого она и ее элементы подвергаются воздействию различных внешних факторов для выявления и устранения скрытых дефектов производства.

Таким образом, сложная и, в то же время, достаточно эффективная система испытаний требует дифференцированного подхода в вопросах аттестации испытательного оборудования. Одним из принципов эффективного проведения аттестационных работ может быть принцип разделения на обязательную и добровольную аттестацию. Аналогичный принцип действует по отношению к средствам измерений в вопросах проведения поверки и калибровки. В обоснованных случаях исследовательские испытания могут проводиться на оборудовании, аттестованном в добровольном порядке по программе и методике, определяемым только разработчиком. Государственные, периодические, приемо-сдаточные и типовые испытания проводят на оборудовании, аттестованном в установленном в порядке [8]. Промежуточное положение в данном случае занимают предварительные испытания. В любом случае выбор методов и средств аттестации, а также установление пригодности испытательного оборудования должны осуществляться с учетом указанных видов испытаний.

3.2. Анализ состояния технических средств испытаний

Нормативно-методическое обеспечение системы испытаний неразрывно связано со второй ее составляющей – техническим обеспечением. На основе данных об аттестации испытательных подразделений отрасли за последние 10 лет следует отметить следующее:

– нагрузка производственных, в том числе испытательных мощностей РКП, составляет приблизительно 50% [9], и, как следствие, в организациях и на предприятиях РКП уменьшилась численность специалистов в области планирования, проведения и технического обеспечения

испытаний, в первую очередь, высококвалифицированных специалистов;

– средняя численность парка ТСИ в одной организации или на одном предприятии составляет приблизительно 20÷70 единиц, а средний численный состав испытательных подразделений – 15 человек. При этом по возрастным категориям это работники предпенсионного и пенсионного возрастов;

– за последние 10–15 лет темпы обновления средств испытаний недостаточны [6, 7, 9], парк средств метрологического обеспечения на предприятиях РКП практически не обновлялся [4], многие технические средства находятся в нерабочем состоянии из-за отсутствия запасных деталей, а также из-за отсутствия персонала, способного ремонтировать и проверять эти средства;

– на некоторых предприятиях неиспользуемые ТСИ списываются или в лучшем случае продаются для снижения налога на основные средства. В результате создаются предпосылки для неполноценной деятельности служб испытаний.

Перечисленные недостатки приводят к обострению проблемы проведения испытаний на те виды внешних воздействий, которые не обеспечены соответствующим испытательным оборудованием, как правило, уникальным.

Одной из особенностей современного парка ТСИ организаций и предприятий отрасли является наличие, наряду со стандартными средствами испытаний (разработанными и изготовленными специализированными предприятиями), уникальных испытательных установок,

разработанных и изготовленных в единичных экземплярах либо самими предприятиями, либо непрофильными предприятиями. Оборудование единичного изготовления предназначено, прежде всего, для проведения интенсивных видов испытаний. Еще одна причина изготовления единичного испытательного оборудования – необходимость проведения испытаний крупногабаритных объектов. Следует отметить, что техническое оснащение предприятий и организаций отрасли в целом не соответствует современным требованиям и более 50% требует модернизации.

ТСИ должны обладать высокими потребительскими свойствами, то есть, быть недорогими, простыми и удобными в эксплуатации, иметь высокую степень автоматизации управления, высокую безотказность, ремонтпригодность за счет обеспечения конструктивной, информационной, электрической и метрологической совместимости. Вопросы создания эффективных ТСИ должны быть в зоне постоянного внимания при разработке программ технического перевооружения предприятий РКП.

Таким образом, одним из основных направлений эффективного использования ресурса имеющегося испытательного оборудования и, в то же время, позволяющего гарантированно характеризовать его технические возможности, является управление метрологическим обеспечением испытаний в соответствии с ГОСТ РВ 15.002-2003 и ГОСТ РВ 8.573-2000. Основной нормативно установленной формой организации данного процесса является эффективная аттестация испытательного оборудования.

3.3. Методические аспекты аттестации «по состоянию»

В государственных научных метрологических центрах во взаимодействии с организациями, принимающими участие в первичной аттестации в соответствии с [8], может разрабатываться типовая методика аттестации испытательного оборудования.

На основе типовой методики специалисты организации или предприятия разрабатывают методику аттестации конкретного оборудования, применяемого в организации или на предприятии. Методику утверждает руководитель организации или предприятия и согласовывает в установленном порядке со всеми «заинтересованными»

сторонами: представителем заказчика, главным метрологом организации или предприятия, руководителем испытательного подразделения и т.д. Следует отметить, что в соответствии с [8] при использовании испытательного оборудования для испытаний продукции, поставляемой для нужд сферы обороны, методика организации или предприятия должна пройти экспертизу и согласование в ГНИИИ МО РФ.

В области распространения методики указываются конкретные виды (группы) испытательного оборудования организации или предприятия.



Также можно указывать конкретные испытательные установки с конкретными заводскими номерами. Опыт проведения аттестационных работ показывает, что типовая методика, как правило, должна содержать следующий перечень операций аттестации: внешний осмотр, опробование, определение времени достижения пределов задаваемого испытательного режима, отклонения параметров испытательного режима от задаваемых значений, параметров пространственно-временного распределения (неравномерности, амплитуды, периода колебаний и др.). В типовой методике целесообразно устанавливать возможность проведения периодической аттестации в полном и сокращенном объеме.

Следует отметить, что при аттестации, как правило, нецелесообразно, а в ряде случаев невозможно, поверить средства измерений, входящие в состав испытательного оборудования. С одной стороны, такие средства измерений относятся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, а с другой, обеспечивают функционирование сложной технической системы, точностные характеристики которой комплексно оценивают в процессе ее аттестации. Если испытательное оборудование обеспечивает воспроизведение условий испытаний с заданными характеристиками, то это косвенно подтверждает необходимые метрологические свойства средств измерений, входящих в состав испытательного оборудования. В этом случае поверка встроенных средств измерений не требуется.

Исходными принципами решения вопроса о необходимости поверки встроенных средств измерений являются общесистемные принципы функционирования открытых и изолированных систем. В каждом конкретном случае окончательное решение данного вопроса принимается при первичной аттестации или на этапе экспертизы методики аттестации. Наиболее эффективным направлением разработки методов и средств аттестации сложных испытательных комплексов является взаимодополняющее применение методов поверки средств измерений из состава испытательного оборудования и аттестованных методик выполнения измерений.

В типовой методике в качестве требования к предельной погрешности измерений реко-

мендуется устанавливать соотношение $1/3$ к пределу допускаемого отклонения параметра воспроизводимого испытательного режима, устанавливаемого в нормативных документах на испытательное оборудование или на методы испытаний конкретной продукции. При этом следует учитывать, что погрешность измерений включает погрешности средства измерений и метода измерений.

Выполнение указанного выше соотношения можно контролировать расчетно-экспериментальными методами оценки суммарной погрешности измерений при первичной аттестации.

Средства аттестации следует выбирать как с учетом их метрологических «возможностей», так и с учетом их наличия в Госреестре. При этом необходимо отметить, что в настоящее время средства измерений, функционально предназначенные для аттестации испытательного оборудования, отечественная промышленность серийно не выпускает. В Госреестре имеется большое количество средств измерений, которые с успехом можно применять при аттестации. Но все они без исключения обладают недостаточной сбалансированностью функций и метрологических свойств, необходимых непосредственно для аттестации. Спрос на такие специальные средства измерений очень высок. При аттестации, как правило, проводятся многократные наблюдения сложных процессов, технические и вычислительные операции.

Результаты наблюдений соответствующих параметров представляют собой многомерные массивы данных, обработка которых требует применения современных средств вычислительной техники. Средства аттестации должны не только обладать метрологическим запасом по точности, обеспечивать достоверный анализ результатов аттестации, но и быть мобильными, эксплуатироваться в широком диапазоне внешних условий, а также иметь гибкую модульную структуру, позволяющую исключить избыточность функций и свойств, и при этом учитывать особенности аттестации конкретного испытательного оборудования.

Соответственно задачи метрологического обеспечения средств измерений, применяемых как в составе испытательного оборудования, так и для его аттестации, должны решаться в соответствии с установленными метрологическими правилами

и нормами. В настоящее время для этого создана вся необходимая нормативно-правовая, методическая и техническая база. Положительный опыт аттестации испытательного оборудования «по состоянию» в период 2007–2020 годов накоплен в АО «ЦНИИмаш».

Таким образом, современное нормативно-методическое обеспечение испытаний в основном соответствует передовому отечественному и зару-

бежному опыту. Существует достаточно эффективная система требований и методов испытаний, реализованная в виде стандартов и нескольких десятков обеспечивающих документов второго уровня. Перспективным направлением развития методических основ метрологического обеспечения испытательного оборудования является введение принципов обязательной и добровольной аттестации.

4. Метрологическая экспертиза

Одной из основных задач метрологической службы организации или предприятия является проведение метрологической экспертизы технической документации, под которой подразумеваются технические задания на разработку продукции, конструкторская и технологическая документация. Состав задач, решаемых при проведении метрологической экспертизы, определен для предприятий оборонно-промышленного комплекса (ОПК) в ГОСТ РВ 8.573-2000.

Порядок проведения метрологической экспертизы и оформления ее результатов в нормативных документах государства не регламентирован, кроме метрологической экспертизы, проводимой комиссиями заказчика или федерального органа исполнительной власти-разработчика по ГОСТ РВ 8.573-2000. Предприятие определяет указанный порядок самостоятельно.

При практической деятельности метрологических служб организаций и предприятий возникают вопросы:

- нужна ли аккредитация метрологической службы организации или предприятия на право проведения метрологической экспертизы технической документации;
- нужно ли обучать специалистов, проводящих метрологическую экспертизу, в специализированных учебных центрах, и должны ли эти специалисты иметь удостоверения на право проведения метрологической экспертизы.

Ответ на оба вопроса отрицателен: для прове-

дения метрологической экспертизы технической документации не требуется аккредитация метрологической службы, так как и обучение специалистов предприятия. Требование по обучению метрологической экспертизе с последующей сдачей экзаменов и получением удостоверения метролога-эксперта присутствует в ГОСТ РВ 8.573-2000, однако оно предъявляется только к специалистам, включаемым в состав комиссий заказчика или федерального органа исполнительной власти-разработчика, проводящих метрологическую экспертизу. В состав комиссий помимо метрологов-экспертов могут включаться специалисты по видам измерений, к которым указанное требование не предъявляется.

Другой вопрос – существует ли объективная необходимость обучения специалистов? Да, существует. Проведение метрологической экспертизы – сложный процесс. Объем необходимых для проведения метрологической экспертизы знаний огромен. В подтверждение этого тезиса достаточно указать состав задач, решаемых в ходе проведения метрологической экспертизы ГОСТ РВ 8.573-2000 – оценка обоснованности состава измеряемых и контролируемых параметров, показателей и назначения требований метрологического обеспечения, контролепригодности параметров в процессе изготовления и испытаний продукции, правильности выбора и технико-экономической эффективности применения средств измерения и т.д.

5. Международное сотрудничество по метрологии

Обеспечение единства измерений как на государственном, так и на международном уровне невозможно без международного сотрудничества, так как в современных условиях каждое

государство должно применять международные единицы измерений, признанные международным сообществом национальные эталоны, а также метрологические правила и нормы. Цель меж-



дународного сотрудничества в части устранения технических барьеров в торговле выражает тезис «одно измерение, одно испытание и взаимное признание результатов».

6. Основные проблемы, требующие решения в настоящий период

Анализ состояния работ в области обеспечения единства измерений в отрасли выявил следующие проблемные вопросы, требующие решения в последующие программно-плановые периоды времени [4, 7, 9]:

1. Отсутствует концепция развития работ в области обеспечения единства измерений в условиях новых задач по космической деятельности России, укрепления безопасности и обороноспособности России, новых внешних угроз, а также учитывающая международные тенденции в сфере метрологии на период до 2035 года и дальнейшую перспективу.

2. Действующая организационная структура управления Федеральной системой измерений не обеспечивает эффективную координацию работ и эффективное взаимодействие с международными организациями в области метрологии, особенно в современных условиях санкционного давления на Россию.

3. Из-за крайне недостаточного госбюджетного финансирования работ по содержанию и развитию эталонной базы (5-7% от 0,005% ВВП – величины, рекомендуемой шестой сессией Европейской

Россия является членом двух международных организаций – Международной организации законодательной метрологии и Межправительственной организации метрической конвенции.

экономической комиссии ООН в 1996 году) значительная часть эталонной базы Федеральной системы измерений морально и физически устарела (около 50% эталонов созданы более 20 лет назад) [4]. Требуется проведение первоочередных мероприятий по техническому перевооружению эталонной базы и средств измерений.

4. Национальные метрологические институты Российской Федерации не имеют официального закрепления за ними данного статуса с установлением прав и обязанностей в Российской Федерации, а из-за недостаточного финансирования плохо обновляется научно-исследовательская и технологическая база, слаб приток молодых специалистов.

5. Учитывая специфику создания, производства и эксплуатации РКТ, целесообразно рассмотреть возможность создания отраслевого института метрологии РКП.

6. Отсутствие единой национальной системы аккредитации не позволяет реализовать механизм международного признания Российской аккредитации в области метрологии (в настоящее время в области метрологии в Российской Федерации аккредитовано более 6000 субъектов).

Выводы

1. В части метрологического обеспечения определены основные сдерживающие факторы разработки и внедрения инноваций и повышения технологической и технико-экономической эффективности современных производств и испытательных баз:

– недостаточная точность различных методов и средств измерения;

– отсутствие точных и высокочувствительных датчиков различных величин, необходимых для реализации мониторинга процессов в реальном масштабе времени и создания систем управления не только новыми технологическими процессами, но и условиями окружающей среды;

– отсутствие стандартов, эталонов, подходящих систем единиц, протоколов для оценки

качества создаваемых технологий, в том числе недостаточная совместимость программного и аппаратного обеспечения устройств управления разрабатываемых технических средств.

2. Проведен анализ состояния метрологического обеспечения РКП и сформулированы основные задачи и направления развития метрологических служб организаций и предприятий РКП на современном этапе развития. Обоснована актуальность проведения первоочередных мероприятий по техническому перевооружению эталонной базы и средств измерений РКП.

3. Разработан новый организационный подход аттестации испытательных средств «по состоянию», основанный на анализе текущего технического состояния испытательного оборудования,

условий его применения, а также предъявляемых технических требований к методам и средствам испытаний, комплексной совокупной оценке точностных характеристик средства измерений и испытательных средств как к сложной технической системе при проведении метрологической аттестации.

4. Сформулированы условия обязательности и отсутствия необходимости аккредитации метрологической службы и наличия у специалистов удостоверений на право проведения метрологической экспертизы технической документации.

5. С учетом специфики создания, производства и эксплуатации РКТ, проблемных вопросов метрологического обеспечения РКП и проблем метрологии в России поставлен вопрос о целесообразности возможного создания отраслевого института метрологии РКП.

*Автор благодарит **Маколкина Е.В.** главного метролога АО «ЦНИИмаш» за обсуждения ряда вопросов метрологического обеспечения РКП, результаты которых развиты и представлены в настоящей научной публикации.*

Библиографический список

1. Об обеспечении единства измерений: Федеральный закон от 26.06.2008 №102-ФЗ; принят Государственной думой 11.07.2008; одобрен Советом Федерации 18.07.2008.
2. О стандартизации в Российской Федерации: Федеральный закон от 29.06.2015 №162-ФЗ; принят Государственной думой 19.07.2015; одобрен Советом Федерации 24.07.2015.
3. Степанов А.В., Храменков А.В. Обеспечение единства измерений и СМК // Стандарты и качество. – 2005. – №4. – С. 80–85.
4. Власов Ю.В., Кузин А.И., Поморцев П.М., Кондратенко А.Н. Состояние технологической готовности и метрологического обеспечения производственно-технологической базы отрасли для обеспечения бездефектного производства перспективных изделий РКТ, проблемные вопросы и предложения по их решению // Вестник «НПО «Техномаш». – 2019. – № 9. – С. 79–83.
5. ГОСТ Р 8.568-2017 Аттестация испытательного оборудования. Основные положения. – М.: Стандартинформ, 2020. – 15 с.
6. Кузин А.И., Кондратенко А.Н., Кондратенко М.А. Перспективы развития экспериментальной и испытательной баз производства изделий РКТ // НПО Техномаш. – 2017. – №4. – С. 21–24.
7. Кондратенко А.Н., Кондратенко М.А. Состояние и направления развития производственной испытательной базы РКП // Вестник «НПО «Техномаш». – 2018. – №8. – С. 23–26.
8. Типовое положение о метрологической службе государственных органов управления Российской Федерации и юридических лиц: ПР 50-732-93; введены 01.01.1994 утверждены постановлением Госстандарта России 30.12.1993 № 295.
9. Кондратенко А.Н. Оценка состояния и приоритетные направления развития ракетно-космической промышленности // Вестник «НПО «Техномаш». – 2020. – №2. – С. 21–32.

Кондратенко Александр Николаевич – канд. техн. наук, эксперт АО «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 JSC «Afanasev «NPO «Technomac».

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

E-mail: A.Kondratenko@tmnp.ru



УДК 629.7:338.2

Бодин Н.Б.
Bodin N.B.

**Экономика космоса:
единая экономическая модель эффективного управления
и задача научно-технологического сопровождения
деятельности Госкорпорации «Роскосмос» (часть II) ¹**

**Space economy:
a unified economic model of effective management
and the task for scientific and technological support
of State Space Corporation Roscosmos activities (Part II)**

**6. Задача научно-технологического сопровождения
деятельности Госкорпорации «Роскосмос»**

Устойчивое, динамичное и сбалансированное развитие экономики России в долгосрочной перспективе основывается на ее технологическом потенциале. Для этого собственные научные исследования, конструкторские и технологические разработки становятся движущей силой. Научно-технологическое развитие России направлено на обеспечение ее независимости и конкурентоспособности, функционирование сферы науки, технологий и инноваций как единой системы в рамках социально-экономической системы страны [19]. Поэтому развитие космической сферы деятельности как неотъемлемой части национальной экономики сопровождается формированием характерных научно-технических, производственно-технологических и органи-

зационно-экономических отношений по производству трудоёмкой, металлоёмкой и наукоёмкой промышленной продукции – космических орудий труда.

Для такой высокотехнологичной и наукоёмкой структуры как Госкорпорация «Роскосмос» одним из важнейших факторов успешной производственной деятельности и осуществления полномочий и функций по управлению космической деятельностью является ее постоянное научно-технологическое развитие, результаты которого отражаются в получении научных знаний и их реализации в перспективных технологиях, диверсификации производства и расширении инновационной деятельности, выпуске конкурентоспособной продукции.

6.1. Этап развития технологического обеспечения создания космической техники

Развитие космической промышленности в период СССР/России сопровождалось созданием отраслевой технологической научной школы, в результате чего получили развитие профильные виды производств: ракетостроение, двигателестроение, производство космических аппаратов, гироскопическое приборостроение. Космическая промышленность стала частью отрасли промышленности «машиностроение и металлообработка» и вошла в состав группы предприятий, образующих оборонно-промышленный комплекс страны.

В результате решения отраслевых задач по формированию единых производственных условий разработаны и получили практическое внедрение отраслевые технологические системы, некоторые из которых [20]:

- система управления научно-исследовательскими и опытно-технологическими работами;
- система управления производственными процессами и технологическим оборудованием;
- комплексная система управления качеством продукции;

¹ Начало см. в №2(19) 2022

- система технического контроля;
- система управления научно-техническим прогрессом;
- система технологического обеспечения надежности;
- система классификации и кодирования конструкторско-технологических решений.

Наиболее значимые результаты становления отраслевой технологической научной школы [20]:

- базовый элемент – «конструкторско-технологическое решение», который объединил конструкторские, материаловедческие и технологические решения по изделию;
- система технологического обеспечения разработки и постановки на производство изделий космической техники, включающей следующие подсистемы (табл. 1):
 - прогнозирование и оценка технологической реализуемости (ПОТР);
 - технологическое обеспечение проектирования (ТОПР);
 - отработка технологических решений (ОТР);
 - технологическая подготовка производства (ТПП);
 - техническое перевооружение производственной базы (ТППБ).

Данные подсистемы пропорционально взаимодействуют между собой в целях создания условий функционирования всего технологического цикла «исследование-разработка-производство».

6.2. Этап перехода к научно-технологическому сопровождению деятельности

Модель управления позволяет выделить сложную структуру элементов Единой производственной системы и определить их функциональную взаимосвязь. По каждой из стадий могут быть выделены и обособлены характерные группы профильных технологий, которые вместе образуют технологический потенциал Госкорпорации «Роскосмос». Пример группировки технологий по стадиям Единой производственной системы (далее – Стадия) приведен в табл. 2. В связи с этим появляется необходимость рассмотрения задачи по научно-технологическому сопровождению деятельности Госкорпорации «Роскосмос» в части:

- каждой самостоятельной Стадии;
- взаимного влияния профильных технологий сопряженных Стадий;

Практическая значимость создания системы технологического обеспечения проявилась, прежде всего, в рамках задач по «управлению проектами и кооперацией» в целях сокращения сроков создания космической техники с требуемым уровнем качества и надежности в условиях повышения сложности их конструкций и сменяемости новых поколений. Так, в период СССР в результате внедрения этой системы удалось добиться сокращения времени создания изделий на 20–25% с учетом снижения уровня затрат на 15–20% [20].

В рамках системы технологического обеспечения выделяются следующие базовые направления [22]:

- конструкторские и технологические разработки;
- исследование перспектив технологического развития;
- обеспечение качества производства космической техники, нормативно-техническое и метрологическое обеспечение производства космической техники;
- научно-техническое сопровождение инвестиционных программ реконструкции и технического перевооружения;
- программно-целевое планирование, которые нашли свое отражение в нормативно-технологической базе, в том числе отраслевых и государственных стандартах.

- влияния профильных технологий на конечный результат каждой Стадии по выпуску профильной и непрофильной продукции (услуг);
- этапов и пропорций развития профильных технологий и технологического потенциала Госкорпорации «Роскосмос» при выполнении внешних заказов и реализации собственных проектов и разработки на основе Модели управления отраслевой методикой определения эффективности деятельности Госкорпорации «Роскосмос».

Изменение организационно-экономических условий осуществления космической деятельности и развитие новых форм хозяйствования Госкорпорации «Роскосмос» обуславливают в рамках рассматриваемой Модели управления разработку новой отраслевой системы –



Таблица 1. Состав системы технологического обеспечения разработки и постановки на производство изделий космической техники [21]

Наименование	ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ:				ТППБ /инвестиционная деятельность/ ТПП
	ПОТР	ТОТР	ОТР	ТПП	
	1	2	3	4	5
Цель	создание предпосылок для целевого решения технологических проблем, реализации планов развития технологии	создание условий для сокращения сроков технологически ориентированного проектирования и освоения производства новых изделий	достижение необходимых свойств технологических процессов производства новых изделий	обеспечение технологической готовности производства к изготовлению новых изделий	опережающее обеспечение соответствующего уровня и объема производственной базы для изготовления новых изделий
Функции	прогнозирование и выбор направлений технологического развития в обеспечение перспективных планов (федеральных целевых программ) создания новых изделий; оценка технологической реализуемости программ развития космической техники и выбор вариантов направлений, обеспечивающих минимизацию ресурсов и сроков; выявление, комплексирование и ранжирование технологических проблем, определяющих возможности реализации планов и программ развития космической техники	опережающее создание прогрессивных технологических методов и оборудования, обеспечивающих реализацию планов и программ развития техники; информационное обеспечение процесса создания новых изделий данными о диапазонах возможностей существующих перспективных конструкторско-технологических решений в целях реализации технологически ориентированного проектирования	технологическое обеспечение надежности и качества изделий доведение технологической трудоемкости и себестоимости изготовления изделия и материалоемкости до оптимального уровня	обеспечение производства технологической и метрологической документацией, средствами технологического оснащения и средствами измерений (контроля)	ускоренное с минимальными затратами создание производственной базы, необходимой для освоения и выпуска новых изделий

Таблица 2. Технологический потенциал Госкорпорации «Роскосмос» по стадиям Единой производственной системы

Стадии Единой производственной системы	Технологический потенциал Госкорпорации «Роскосмос»	
	производственная деятельность по внешним заказам и собственным проектам	государственные космические проекты
<p>Стадия 3</p> <p>Производство космических продуктов и услуг</p> <p>/технологии «Операторов космических услуг», технологии производства наземного оборудования пользователей/</p>	<p>Перспективные задачи:</p> <p>1. Собственные технологии производства космических продуктов и услуг.</p> <p>2. Собственные технологии разработки и производства наземного оборудования пользователей.</p> <p>3. Коммерциализация технологий, находящихся в государственной собственности.</p> <p>4. Другие собственные технологии</p>	<p>1. Технологии производства космических продуктов и услуг.</p> <p>2. Технологии разработки и производства наземного оборудования пользователей.</p> <p>3. Технологии комплексного информационно-навигационного обеспечения и мониторинга территорий [6].</p> <p>4. Технологии комплексного информационно-навигационного обеспечения и мониторинга отраслей экономики в области [6]:</p> <ul style="list-style-type: none"> – сельского хозяйства; – дорожного хозяйства; – водного хозяйства; – природопользования; – нефтегазового комплекса; – электроэнергетики; – другие
<p>Стадия 2</p> <p>Производство результатов космической деятельности</p> <p>/технологии «Космической индустрии»/</p>	<p>Перспективные задачи:</p> <p>1. Собственные технологии производства результатов космической деятельности.</p> <p>2. Коммерциализация технологий, находящихся в государственной собственности.</p> <p>3. Технологии использования (эксплуатации) собственной космической техники.</p> <p>4. Другие технологии</p>	<p>1. Технологии подготовки и пуска космической техники.</p> <p>2. Технологии управления полетом.</p> <p>3. Технологии использования (эксплуатации) космической техники.</p> <p>4. Технологии производства результатов космической деятельности.</p> <p>5. Технологии сбора, обработки, хранения результатов космической деятельности.</p> <p>6. Технологии разработки документов стратегического планирования</p>



<p>Стадия 1</p> <p>Производство промышленной продукции</p> <p>/технологии «Космической промышленности»/</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Технологии создания и производства промышленной продукции. 2. Технологии создания и производства потребительских товаров. 3. Технологии производства, эксплуатации (применения) и утилизации промышленной продукции, в том числе космической техники (КА, РН, НКИ). 4. Технологии производства бортовой целевой аппаратуры КА. 5. Система технологического обеспечения производства [22]. 6. Технологии изготовления продукции (классы технологий, классификационные уровни конструкторско-технологических решений на основе технической документации) [18]. 7. Технологии управления подготовкой производства и производством промышленной продукции. 8. Технологии разработки рабочих документов сквозного планирования 	<p>—</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------

Системы научно-технологического сопровождения деятельности Госкорпорации «Роскосмос» (далее – Система сопровождения), которая более широко охватывает существующие и перспективные направления деятельности, чем рассмотренная выше система технологического обеспечения создания космической техники. Поэтому задача перехода от этапа технологического обеспечения создания космической техники к этапу научно-технологического сопровождения производственной и космической деятельности Госкорпорации «Роскосмос» является актуальной.

В рамках Модели управления под научно-технологическим сопровождением деятельности Госкорпорации «Роскосмос» предлагается понимать целенаправленный процесс и изменения:

- направленные на развитие производственной и космической деятельности на основе научно определенных решений по прогнозным направлениям и результатам;
- связанные с трансформацией Единой производственной системы от одного состояния к другому на основе видов воспроизводства:
- простого воспроизводства;

- расширенного воспроизводства (экстенсивного и интенсивного типа), в целях:

- развития производственного потенциала, организации единичного, серийного и массового производства конкурентоспособной и инновационной профильной и непрофильной продукции (услуг);

- формирования высокотехнологичной и конкурентоспособной производственной структуры, способствующей инновационному развитию национальной экономики, поддержанию необходимого уровня обороноспособности и безопасности государства, повышению уровня жизни граждан страны.

Основными приоритетами научно-технологического сопровождения деятельности Госкорпорации «Роскосмос» на ближайшие 10 лет следует считать производственные направления, которые обеспечивают реализацию государственных нужд, а также позволят получить научные и научно-технические результаты и создать технологии, являющиеся основой для выпуска инновационной продукции как для внутреннего рынка продуктов и услуг, так и обеспечения устойчивого выхода Госкорпорации «Роскосмос» на внешние рынки.



Производственно-технологическая специфика профильных видов производств характеризуется:

- значительным объёмом научно-исследовательских и проектно-конструкторских работ;
- узкоспециализированными производствами, занимающими значительные производственные площади;
- большой длительностью жизненных циклов разработки и производства изделий и систем космической техники;
- использованием дорогостоящих материалов и покупных комплектующих изделий;
- наличием глубокой и широкой кооперации поставщиков и контрагентов.

Поэтому научно-технологическое сопровождение производственной деятельности космической промышленности (Стадия 1) тесно связано с вопросами:

- снижения сроков создания космической техники;
- формирования научно-технического и технологического заделов;
- обеспечения импортнезависимости космического приборостроения;
- обеспечения качества космической техники;
- обеспечения выполнения внешних заказов (государственные нужды, коммерческие нужды);
- реализации собственных проектов по выпуску профильной и непрофильной продукции (услуг) на основе механизмов коммерциализации космического потенциала, диверсификации производств и развития инновационной деятельности;
- трансфера технологий, разработанных в процессе выполнения государственных заказов и за счет собственных средств Госкорпорации «Роскосмос».

Научно-технологическое сопровождение деятельности Госкорпорации «Роскосмос» направлено на обеспечение реализации процессов простого и расширенного воспроизводства основных производственных фондов по стадиям Единой производственной системы, совершенствование методов управления как проектами и производственной кооперацией (внешние заказы, собственные проекты), так и структурными преобразованиями.

Поэтому предлагаемый новый принцип «взаимного влияния технологий производства

по Стадиям» рассматривается как один из наиболее существенных факторов для организации оптимального сквозного производственного процесса – экономического цикла – по трем Стадиям Единой производственной системы Госкорпорации «Роскосмос», а также определения показателей эффективности производственной деятельности по каждой из Стадий и в целом:

- взаимное влияние «технологий производства Стадии 1» – «технологий производства Стадии 2»;
- взаимное влияние «технологий производства Стадии 2» – «технологий производства Стадии 3»;
- взаимное влияние «технологий производства Стадии 1» – «технологий производства Стадии 3»,
- и является актуальным для дальнейшего развития производственной деятельности Госкорпорации «Роскосмос».

В процессе системных исследований должны рассматриваться направления долгосрочного научно-технологического сопровождения деятельности Госкорпорации «Роскосмос» и промышленной (производственной) политики:

- интенсивные факторы развития космической деятельности, Единой производственной системы и производственной деятельности Госкорпорации «Роскосмос», включая:
 - развитие технологий производства;
 - совершенствование организации производственного процесса, машин и оборудования;
 - ускорение обновления основных фондов;
 - экстенсивные факторы развития космической деятельности, Единой производственной системы и деятельности Госкорпорации «Роскосмос» в целом, включая:
 - увеличение капитальных ресурсов;
 - увеличение продолжительности работы средств труда;
 - долговременные ориентиры и границы развития, в которых могут варьироваться показатели управления и эффективности;
 - альтернативные варианты развития космической деятельности, Единой производственной системы и производственной деятельности Госкорпорации «Роскосмос» в целом.



Системные исследования позволяют осуществлять выбор показателей управления, давать оценку пропорциям и темпам развития космической деятельности, Единой производственной системы и деятельности Госкорпорации «Роскосмос» в рамках поставленных целей, осуществлять выбор направлений инвестиционной деятельности, сопровождать разработку и уточнение документов стратегического планирования [23].

Научно-технологическое сопровождение деятельности Госкорпорации «Роскосмос» проявляется в следующем:

- разработке прогноза развития технологий и определении закономерностей их развития;
- вариантах организационно-экономических отношений по производству профильной и непрофильной продукции (услуг) при выполнении внешних заказов (государственные нужды, коммерческие нужды) и реализации собственных проектов, в том числе космических [2];
- технологическом переоснащении производственных систем на трех Стадиях космической деятельности;
- новых технологических возможностях отраслевого уровня как предлагаемом принципе «дифференциации технологий» для реализации собственных космических проектов;
- формировании и развитии собственного технологического потенциала по Стадиям Единой производственной системы;
- в процессе реализации цикла управления по его типовым этапам (рис. 4):

Этап 1: «состояние» (учет, анализ, контроль – принятие решений);

Этап 2: «перспектива» (стратегия (целеполагание), прогноз (варианты) – принятие решений);

Этап 3: «планирование» (программирование – принятие решений);

Этап 4: «реализация планов» (сбор, обработка, накопление фактических данных – принятие решений).

При этом цикл управления должен завершаться получением измеряемых результатов, на основании которых оценивается эффективность деятельности Госкорпорации «Роскосмос» и степень достижения поставленных ею целей.

Целью формирования Системы сопровождения является развитие технологического

потенциала Госкорпорации «Роскосмос» для реализации:

- государственных интересов в области космоса;
- промышленной (производственной) политики Госкорпорации «Роскосмос»;
- рыночной стратегии и долгосрочных планов экономического развития Госкорпорации «Роскосмос».

Необходимо подчеркнуть, что задачи Системы сопровождения дополняют отраслевые задачи по научно-техническому и технико-экономическому сопровождению деятельности Госкорпорации «Роскосмос», а их решение может быть организовано на постоянной основе с привлечением головных научно-исследовательских организаций (ГНИО) Госкорпорации «Роскосмос», организаций и кооперации, которые вместе образуют отраслевое технологическое сообщество в рамках Единой экономической модели эффективного управления производственной и космической деятельностью Госкорпорации «Роскосмос» (рис. 6) [3].

Таким образом, система научно-технологического сопровождения производственной и космической деятельности Госкорпорации «Роскосмос» включает три основных элемента:

1. Методологию научно-технологического сопровождения (принципы, методы, методики), которая основывается на методологии для системы технологического обеспечения создания космической техники с учетом функциональных дополнений и уточнений.

2. Процесс управления научно-технологическим сопровождением, опирающийся на типовые этапы цикла управления.

3. Сообщество участников Системы научно-технологического сопровождения как элемента системы управления деятельностью – субъекта управления (рис. 6) [3].

Вместе с этим отмечается, что методология научно-технологического сопровождения деятельности Госкорпорации «Роскосмос» должна [2]:

- разрабатывать экономические модели, осуществлять целевой выбор параметров управления развитием и давать оценку пропорциям и темпам развития космической деятельности, Единой производственной системы и деятельности Госкорпорации «Роскосмос» в рамках текущих



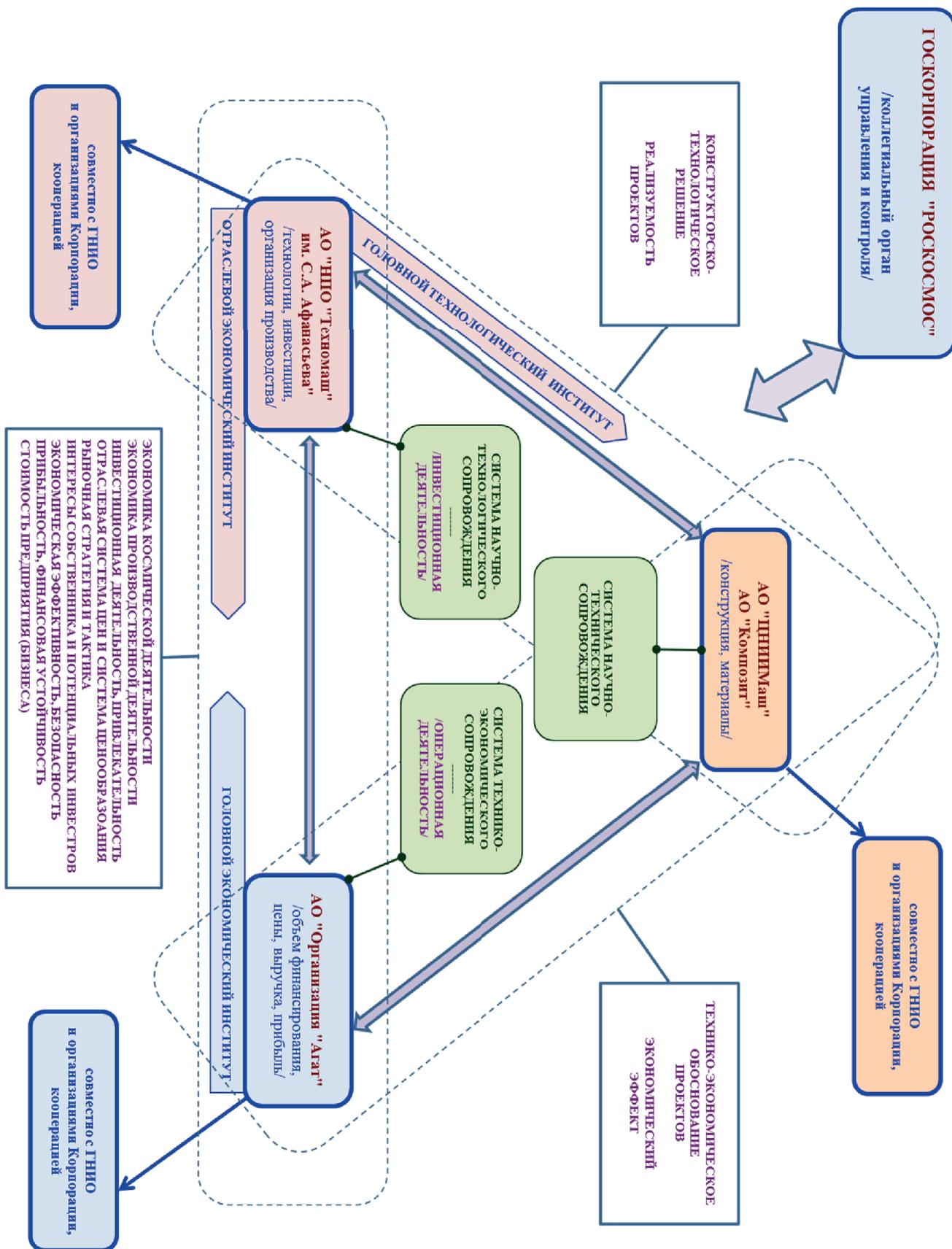


Рис. 6. Принципиальная схема взаимодействия участников отраслевого технологического сообщества в рамках Единой экономической модели эффективного управления производственной и космической деятельностью Госкорпорации «Роскосмос»



и прогнозируемых по периодам долгосрочного планирования целей;

- рассчитывать показатели экономического эффекта и экономической эффективности функционирования системы управления деятельностью Госкорпорации «Роскосмос» [3];
- развивать факторы инвестиционной привлекательности и осуществлять выбор направлений инвестиционной и инновационной деятельности как по каждой стадии Единой производственной системы, так и в целом, совершенствовать отрас-

левую амортизационную политику и политику применения лизинговых механизмов;

- разрабатывать и совершенствовать единую систему цен и систему ценообразования, в том числе профильные элементы ценообразования по стадиям Единой производственной системы, включая особенности применения трансфертных цен;
- сопровождать разработку документов по типовым этапам цикла управления в рамках осуществления полномочий и функций, а также реализации видов деятельности.

6.3 Задача разработки промышленной (производственной) политики

Функциональная структура Модели управления позволяет обоснованно подойти к вопросу разработки промышленной (производственной) политики Госкорпорации «Роскосмос» (далее – Политика). Цель Политики заключается в определении условий долгосрочного экономического развития Госкорпорации «Роскосмос», повышения эффективности ее производственной и космической деятельности.

В рамках заданных целей деятельности Госкорпорации «Роскосмос» цель Политики может быть представлена в виде двух подцелей (далее – Подцель) (табл. 3):

- Подцель 1: определение условий реализации видов деятельности, в том числе в установленной сфере деятельности;
- Подцель 2: определение условий обеспечения осуществления полномочий и функций в установленной сфере деятельности.

Подцель 1 связана с группой задач по организации деятельности Госкорпорации «Роскосмос» по внешним заказам и собственным проектам (Стадии 1, 2 и 3), а Подцель 2 – задач по организации деятельности Госкорпорации «Роскосмос» в рамках государственных космических проектов (Стадии 2 и 3).

В рамках Подцели 1 деятельность Госкорпорации «Роскосмос» рассматривается, с одной стороны, как деятельность хозяйствующего субъекта, то есть единого предприятия, с другой стороны – распределенная по Стадиям Единой производственной системы. Поэтому в Политике эти особенности могут быть учтены, исходя из двух основных направлений:

1. «Политика производственной деятельности Госкорпорации «Роскосмос» (Стадии 1, 2 и 3).

2. «Промышленная политика Госкорпорации «Роскосмос» (Стадия 1)».

Мероприятия по реализации Подцели 2 исходят из области государственных интересов и государственного управления в области космоса, поэтому Политика должна учитывать требования документов стратегического планирования, разработка и реализация которых осуществляется в установленном порядке.

Вариант формирования организационно-экономической структуры производственной системы космической промышленности (Стадия 1) как самостоятельного элемента Единой производственной системы Госкорпорации «Роскосмос» представлен на рис.7. Вариант предложен на основе двух организационно-экономических признаков:

«Направление производственной деятельности»:

- направление 1: «Внешние заказы»;
- направление 2: «Собственные проекты».

«Производственная подсистема»:

- вариант 1.: «Производство профильной продукции»;
- вариант 2.: «Производство непрофильной продукции»,

в рамках которых может осуществляться производство продукции (услуг) для государственных, коммерческих и потребительских нужд.

На основе сочетания выбранных классификационных признаков и анализа особенностей производственной системы космической промышленности (Стадия 1) выделяются 11 вариантов условно обособленных производственных подсистем, в которых могут проявляться индивидуальные организационно-экономические отно-

Таблица 3. Взаимосвязь целей деятельности Госкорпорации «Роскосмос» с подцелями промышленной (производственной) политики

<p align="center"><u>ПОДЦЕЛЬ 1:</u> Определение условий реализации Госкорпорацией «Роскосмос» видов деятельности, в том числе в установленной сфере деятельности</p>	<p align="center"><u>ПОДЦЕЛЬ 2:</u> Определение условий обеспечения осуществления Госкорпорацией «Роскосмос» полномочий и функций в установленной сфере деятельности</p>
<p>1. Госкорпорация «Роскосмос» создана и действует в целях [9]:</p>	
	<p>1) реализации государственной политики и осуществления нормативно-правового регулирования в области космической деятельности</p>
	<p>2) оказания государственных услуг в области космической деятельности и управления государственным имуществом</p>
<p>3) обеспечения проведения: – организациями Госкорпорации «Роскосмос» (предприятия, учреждения, АО и их дочерние хозяйственные общества); – организациями ракетно-космической промышленности (в отношении которых Госкорпорация «Роскосмос» осуществляет реализацию государственной политики в установленной сфере деятельности); – работ по созданию РКТ военного, двойного, научного и социально-экономического назначения, БРТ СН</p>	
	<p>4) координации работ по поддержанию, развитию и использованию ГНСС «ГЛОНАСС» в интересах специальных, гражданских, в том числе коммерческих, потребителей и для расширения МС сотрудничества РФ в области спутниковых навигационных систем</p>
	<p>5) осуществления международной деятельности по исследованию и использованию космического пространства</p>
	<p>6) осуществления функций по общей координации работ, проводимых на космодромах Байконур и Восточный, и по руководству этими работами</p>



2. Деятельность Госкорпорации «Роскосмос» направлена на следующее [9]:	
<p>1) на создание условий и механизмов эффективного:</p> <ul style="list-style-type: none"> – осуществления космической деятельности (Стадии 1, 2 и 3); – использования результатов космической деятельности (Стадии 2 и 3); – управления организациями Госкорпорации «Роскосмос» и их развития (Стадии 1, 2 и 3) 	<p>2) на создание условий и механизмов эффективного:</p> <ul style="list-style-type: none"> – осуществления космической деятельности (Стадии 2 и 3); – использования результатов космической деятельности (Стадии 2 и 3)
	<p>а также на содействие укреплению обороны страны и обеспечение безопасности государства</p>
	<p>3) Госкорпорация «Роскосмос» обеспечивает выполнение заданий государственной программы вооружения и государственного оборонного заказа в области космической деятельности с привлечением организаций Госкорпорации «Роскосмос»</p>
	<p>4) Госкорпорация «Роскосмос» обеспечивает:</p>
	<p>реализацию:</p> <ul style="list-style-type: none"> – государственных программ России, президентских программ; – Федеральной космической программы России; – межгосударственных и федеральных целевых программ; – федеральной адресной инвестиционной программы; – программ СГ и МС в области космической деятельности
	<ul style="list-style-type: none"> – контроль за исполнением государственных контрактов на закупки товаров, выполнение работ, оказание услуг для обеспечения государственных нужд, исполнителями по которым являются организации Госкорпорации «Роскосмос»

шения и характерные особенности осуществления производственной деятельности (табл. 4).

В настоящее время выполнение внешних заказов для коммерческих нужд (Вариант 1.3.1.) и собственных проектов (Варианты 1.2.2. и 1.3.2.) по производству профильной продукции

(услуг) все еще сопряжено с действующим разрешительным порядком использования производственных мощностей космической промышленности (Стадия 1), ориентированных на выполнение внешних заказов для государственных нужд по производству профильной про-

Таблица 4. Варианты производственных подсистем космической промышленности (Стадия 1)

Производственная подсистема	Продукция	Направление	
		1. «Внешние заказы»	2. «Собственные проекты»
Вариант 1: «Производство профильной продукции»	1. Специальная продукция / государственные нужды/	Вариант 1.1.1.	–
	2. Гражданская продукция /государственные нужды/	Вариант 1.2.1.	Вариант 1.2.2.
	3. Гражданская продукция /коммерческие нужды/	Вариант 1.3.1.	Вариант 1.3.2.
Вариант 2: «Производство непрофильной продукции»	1. Гражданская продукция /государственные нужды/	Вариант 2.1.1.	Вариант 2.1.2.
	2. Гражданская продукция /коммерческие нужды/	Вариант 2.2.1.	Вариант 2.2.2.
	3. Гражданская продукция /потребительские нужды/	Вариант 2.3.1.	Вариант 2.3.2.

дукции (услуг) по государственному оборонному заказу (Варианты 1.1.1. и 1.2.1.).

Дальнейшее развитие Единой производственной системы по Вариантам 1.2.2. и 1.3.2. связано с задачами: создания и производства новых поколений космической техники; совершенствования существующей космической техники при реализации собственных космических проектов Госкорпорации «Роскосмос» [24]. Данное направление работ все еще относится к перспективным планам развития деятельности Госкорпорации «Роскосмос» и во многом зависит от разработки рыночной стратегии выхода и расширения ее присутствия в секторах мирового космического рынка с собственными результатами космической деятельности, космическими продуктами и услугами (Стадии 2 и 3).

Поэтому задача создания современной производственной подсистемы космической промышленности (Стадия 1) в интересах выполнения собственных проектов по производству профильной продукции (услуг) является актуальной, так как ее решение позволило бы в будущем упростить выполнение внешних коммерческих заказов, а также создать предпосылки увеличения их количества за счет новых организационно-экономических подходов, в том числе в области ценообразования на производимую космическую технику – орудия труда.

Организационно-экономические отношения, которые формируются в Единой производственной системе при выполнении внешних заказов (государственных, коммерческих) и реализации собственных проектов, вступают между собой в конфликт интересов Сторон. В результате выполнения внешних заказов уровень экономической оптимальности функционирования производственной системы понижается, а в результате реализации собственных проектов – повышается. В этом проявляется особенность предлагаемого нового принципа «баланса интересов производства», которая должна учитываться при разработке Политики (рис. 7).

Отдельного рассмотрения при разработке Политики требуют варианты производства непрофильной продукции (услуг) по внешним заказам и собственным проектам – гражданской продукции (Вариант 2.). Задача обеспечения выполнения поручений Президента Российской Федерации по достижению к 2030 году доли гражданской продукции в годовом объеме выполненных работ Госкорпорации «Роскосмос» на уровне не менее 50% потребует достижения более высоких темпов экономического развития Единой производственной системы по отношению к выпуску профильной продукции (услуг) по государственному оборонному заказу [25]. В этом также проявляется действие принципа «баланса интересов производства».



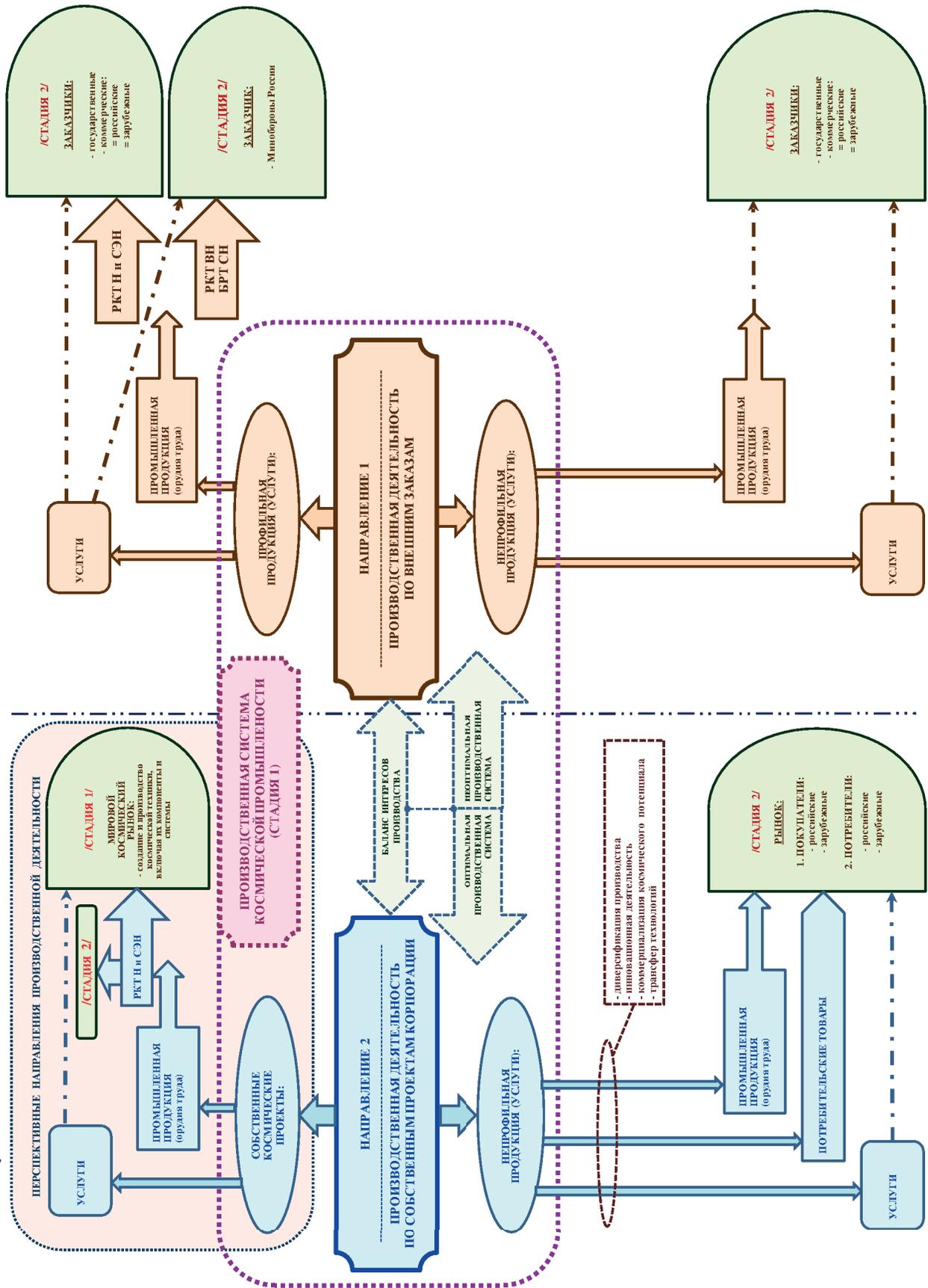


Рис. 7. Организационно-экономическая структура производственной системы космической промышленности (Стадия 1) как самостоятельного элемента Единой производственной системы Госкорпорации «Роскосмос»

Вариант формирования организационно-экономической структуры производственной системы космической промышленности (Стадия 1) Госкорпорации «Роскосмос» к 2030 году, сформированный на основе экспертной оценки с учетом особенностей действия принципа «баланса интересов производства», представлен в табл. 5.

Задача определения по периодам планирования оптимальных значений параметров управления и выбора показателей эффективности развития структуры производственной системы космической промышленности (Стадия 1), и как следствие – Единой производственной системы Госкорпорации «Роскосмос» как по каждой Стадии, так и в целом, является актуальной. Для этого по типовым этапам цикла управления рассматриваются (рис. 4):

«прямые задачи» – в части этапов единого порядка создания космической техники и Стадий Единой производственной системы, то есть от разработки технологий создания и производства космической техники (Стадия 1) до конечного потребления космической продукции (услуг) (Стадия 3), получения выручки и прибыли, реализации дивидендной политики;

«обратные задачи» – в части поиска по периодам планирования оптимальных решений в зависимости от уточнений рыночной стратегии, целей и приоритетов производственной и космической

деятельности за счет достижения максимальных экономических результатов при минимуме материальных, финансовых и трудовых затрат как по каждой Стадии Единой производственной системы, так и в целом.

Принцип «баланса интересов производства» влияет на выбор варианта стратегии экономического развития Госкорпорации «Роскосмос» и кадровой политики как по каждой из Стадий, так и в целом, разработку Политики в соответствии с выбором промежуточных целей и задач по периодам планирования производственной и космической деятельности, а также позволяет учесть:

- долгосрочные интересы собственника и потенциальных инвесторов Госкорпорации «Роскосмос», необходимость простого и расширенного воспроизводства, направления инвестиционной и инновационной деятельности, включая диверсификацию производства, особенности осуществления Госкорпорацией «Роскосмос» полномочий и функций и реализации видов деятельности;

- планы увеличения выпуска профильной и непрофильной продукции (услуг) специального и гражданского назначения по внешним заказам;

- планы реализации собственных проектов по выпуску профильной и непрофильной продукции (услуг) гражданского назначения (диверсификация производства, инновации, коммер-

Таблица 5. Вариант структуры производственной системы космической промышленности (Стадия 1). Госкорпорации «Роскосмос» к 2030 году с учетом принципа «баланса интересов производства» / экспертная оценка/

№	Продукция	Направление:		Всего, %
		1. «Внешние заказы»	2. «Собственные проекты»	
1	Специальная продукция – государственные нужды	49,0 /профильная продукция/	—	49,0
2	Гражданская продукция – государственные нужды – коммерческие нужды – потребительские нужды	9,0 /профильная продукция, непрофильная продукция/	42,0 /профильная продукция, непрофильная продукция/	51,0
	Итого, %:	58,0	42,0	100,0
		«неоптимальная производственная подсистема»	«оптимальная производственная подсистема»	



циализация, трансфер технологий), в том числе собственных космических проектов, развитие экспортных поставок собственной конкурентоспособной продукции (услуг) с высокой долей добавленной стоимости, расширение участия Госкорпорации «Роскосмос» в сегментах мирового космического рынка по поставкам космической техники и ее элементов (Стадия 1), результатов космической деятельности и предоставление услуг, включая пусковые услуги (Стадия 2), космических продуктов и услуг и наземной аппаратуры потребителей (Стадия 3);

- факторы инвестиционной привлекательности производственной деятельности Госкорпорации «Роскосмос», роста стоимости бизнеса;
- методы научно-технологического сопровождения, в том числе на основе принципа дифференциации технологий и требований к обеспечению технологической независимости Госкорпорации «Роскосмос».

Основными принципами Политики являются:

- принятие решений по приоритетным направлениям развития производственной дея-

тельности на основе научно обоснованных документов стратегического планирования с учетом отраслевой политики баланса интересов Сторон;

- обеспеченность ресурсами, в том числе научными, на перспективных направлениях производственной деятельности;

- контроль выполнения долгосрочных планов экономического развития и оценка эффективности их реализации;

- достижение оптимального соотношения ручного, автоматизированного и автоматического типов управления как по каждой Стадии Единой производственной системы, так и в целом в целях обеспечения разработки собственных IT-технологий и элементов цифровой экономики и их адресного применения в Модели управления [15];

Вместе с тем Политика должна соответствовать государственным целям по развитию промышленного потенциала Российской Федерации, обеспечению производства конкурентоспособной промышленной продукции, повышению производительности труда, сбалансированному и стабильному технологическому развитию России.

7. Проблемные вопросы

Модель управления позволяет, с одной стороны, выделить перспективные направления деятельности отраслевого уровня Госкорпорации «Роскосмос» с технологической основой – «собственные космические проекты», а с другой – выявить ее структурные элементы, в которых содержатся единичные и комплексные проблемы, оценить их влияние на процессы и результаты деятельности, разработать предложения по их парированию. Отметим некоторые из проблемных вопросов:

Проблема 1: собственные космические проекты

В Модели управления наглядно выделяется область собственных космических проектов Госкорпорации «Роскосмос», которые должны реализовываться за счет ее собственных средств (ресурсов).

Проблема в том, что на сегодняшний день таких проектов у Госкорпорации «Роскосмос» еще нет. Однако необходимость развития собственных космических проектов мотивирована как возможностью получения дополнительной выручки от реализации рыночной стратегии по каждой из Стадий и по собственным проектам в целом,

1. Отсутствуют собственные космические проекты Госкорпорации «Роскосмос».

2. Не применяется принцип дифференциации технологий.

3. Сохраняется конфликт интересов Сторон – главного конструктора по космическому проекту и руководителя предприятия.

4. Не учитывается многовариантность осуществления космической деятельности в рамках единого порядка создания и производства космической техники.

так и задачами развития производственной деятельности и повышения загрузки профильных производственных мощностей на каждой из Стадий Единой производственной системы.

Инженеры, конструкторы, технологи, испытатели непрерывно совершенствовали космическую технику, повышали требования к ее надежности в эксплуатации и качеству производства. В целях формирования профильной производственной системы космической промышленности силами специалистов головного технологического инсти-

тута (АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева») проделан большой объем работ по разработке и внедрению современных технологий, средств технологического оснащения, методов нормирования, технологических процессов, принципов технологического обеспечения и систем управления организацией производства. Одним из результатов развития производственной системы космической промышленности явилось значительное усложнение структуры производств [20].

До настоящего времени инженеры, конструкторы и технологи на ранних Стадиях планирования мероприятий по каждому космическому проекту, а также на этапах единого порядка создания и производства космической техники в своей работе руководствуются высокими достижениями в области промышленных технологий и организации производства космической техники.

Однако наравне с высокими тактико-техническими характеристиками производимая в этих условиях космическая техника обладает и высокими ценовыми показателями изготовления, что не позволяет ее рассматривать в качестве орудий труда для реализации собственных космических проектов, в рамках которых должны достигаться плановые показатели эффективности, включая показатели окупаемости затраченных собственных ресурсов Госкорпорации «Роскосмос».

Проблема 2: принцип «дифференциации технологий»

В интересах развития собственных космических проектов Модель управления обуславливает возможность формулирования нового принципа – принципа «дифференциации технологий».

Для инженеров, конструкторов, технологов, испытателей по-прежнему сохраняются задачи по технологическому обеспечению и сопровождению высокого уровня надежности и качества существующей и перспективной космической техники, а также получаемых с ее помощью результатов космической деятельности, космических товаров и услуг, прежде всего для государственных нужд.

Для собственных космических проектов необходимо более широко рассматривать перспективные задачи технической и экономической реализуемости создания космических орудий труда, которые учитывают необходимый уровень

Ориентация в предыдущие десятилетия производственной деятельности космической промышленности на выполнение преимущественно внешних заказов по неоднородным наукоемким проектам от разных заказчиков (государственных, коммерческих) по выпуску профильной и непрофильной промышленной продукции (услуг) привела, в целом, к формированию неоптимальной производственной системы, в том числе по параметру производительности труда.

Примечание: «В настоящее время в официальной статистике при измерении производительности труда предполагается, что результатом применения живого труда является валовой выпуск, а затратами - численность работников, обеспечивших данный объем выпуска. Производительность труда, измеренная как выработка, приходящаяся на одного занятого в производстве, содержит большое количество «встроенных» недостатков, отражающихся в измерении как затрат, так и результатов. Таким образом, в роли итога хозяйственной деятельности компании должен выступать объем добавленной стоимости, а не валовой выпуск. В среднем по экономике российские работники создают втрое больше продукта в расчете на единицу зарплаты, чем работники в западных странах» [26].

требований по технологичности производства, надежности и качеству, сроку активного существования, а также частоте смены их поколений, в том числе на основе модернизации, модификации и унификации разработанной по государственным проектам космической техники.

Поэтому в рамках Модели управления предлагается под принципом «дифференциации технологий» понимать выделение группы технологий – из состава уже созданных и внедренных по государственным космическим проектам или вновь создаваемых, а также соответствующих им материалов, конструкторско-технологических решений и технологических процессов, на основе которых могут быть созданы условия для рассмотрения задач реализуемости собственных космических проектов Госкорпорации «Роскосмос».



Проблема 3: конфликт интересов Сторон

Модель управления учитывает конфликт интересов Сторон, проявляющийся через ряд проблемных вопросов взаимодействия двух подсистем управления – «управление проектами и кооперацией» и «управление предприятием, отраслью в целом».

Чаще всего проблемные вопросы проявляются в виде конфликта интересов главного конструктора в рамках задач по «управлению проектами и кооперацией» по государственным космическим проектам и руководителя предприятия в рамках задач по «управлению предприятием, отраслью в целом». В рамках задач

по технологическому обеспечению, то есть «управлению проектами и кооперацией», внедрение в производственную систему новых технологий и специализированного оборудования:

- для проекта – позволяет достичь плановых показателей эффективности программы производства промышленной продукции (космической техники);

- для предприятия – может давать отрицательный экономический эффект в виде недогрузки производственных мощностей и, как следствие этого, убытков.

Проблема 4: единый порядок создания и производства космической техники

Модель управления позволяет системно и обоснованно подойти к вопросу дальнейшего развития и адаптации единого порядка создания и производства космической техники в отношении внешних заказов и собственных проектов Госкорпорации «Роскосмос».

Смысловым «стержнем» в вопросах создания и производства космической техники является существующая технологическая основа промышленных предприятий и возможность производства ими промышленной продукции, а также требования по уровню качества и надежности изделий.

Принцип «дифференциации технологий», который рассматривается как результат накопившегося опыта в рамках единого порядка создания и производства космической техники, создает естественным образом предпосылки:

1. Выделения самостоятельных разделов и доработки требований в части внешних заказов: по государственным космическим проектам;

- по коммерческим космическим проектам, в том числе российским и зарубежным;

- по проектам, реализуемым в форме государственно-частного партнерства.

2. Выделения в самостоятельный раздел и доработки требований в части собственных космических проектов Госкорпорации «Роскосмос».

3. Доработки выделенных разделов в части требований по использованию (эксплуатации) и утилизации космической техники ее собственником.

4. Актуализации основных этапов порядка создания и производства космической техники и общих для всех разделов требований.

Вместе с тем целесообразно разработать нормы, учитывающие особенности полномочий, функций и ответственности собственника космической техники на стадиях ее эксплуатации (применения), использования (эксплуатации) и утилизации.

Выводы

1. Космическая деятельность стала одним из факторов устойчивого роста экономик стран мира за счет вклада в развитие их технологического потенциала, расширения производства и потребления результатов космической деятельности, космических продуктов и космических услуг.

2. Для космической техники рассматривается возможность исторического перехода от цели ее создания - как нового класса техники, к новой цели – введения космической техники в хозяйственный оборот для ее использования в качестве

орудий труда в мировой и национальной экономике.

3. Необходимо при рассмотрении перспективных задач создания космических орудий труда учитывать необходимый и достаточный уровень требований по технологичности производства, надежности и качеству, сроку активного существования, а также частоте смены их поколений, в том числе на основе модернизации, модификации и унификации разработанной по государственным проектам космической техники.

4. Ориентация в предыдущие десятилетия производственной деятельности космической промышленности на выполнение внешних заказов (государственных, коммерческих) по выпуску профильной и непрофильной промышленной продукции (услуг) привела к формированию неоптимальной производственной системы, в том числе по параметру производительности труда.

5. Изменение организационно-экономических условий осуществления космической деятельности и развитие новых форм хозяйствования Госкорпорации «Роскосмос» обуславливают необходимость перехода от задачи технологического обеспечения создания космической техники к задаче научно-технологического сопровождения производственной и космической деятельности Госкорпорации «Роскосмос», которая рассматривается как один из наиболее существенных факторов долгосрочного развития технологического потенциала и экономического развития Госкорпорации «Роскосмос».

6. Космическая техника, создаваемая для государственных нужд, обладает высокими ценовыми показателями изготовления, что не позволяет рассматривать её в качестве орудий труда для реализации собственных космических проектов Госкорпорации «Роскосмос», в рамках которых должны достигаться плановые показатели эффективности, включая показатели окупаемости затраченных собственных ресурсов.

7. Принцип «дифференциации технологий» рассматривается как один из наиболее существенных факторов принятия решений по созданию и развитию Системы научно-технологического сопровождения и реализации собственных космических проектов Госкорпорации «Роскосмос».

8. Принцип «баланса интересов производства» рассматривается как один из наиболее существенных факторов принятия решений по выбору варианта стратегии экономического развития, определению приоритетов простого и расширенного воспроизводства, уточнению задач промышленной (производственной) политики и кадровой политики, которые обеспечивают по периодам планирования достижение цели производственной и космической деятельности Госкорпорации «Роскосмос».

9. Принцип «исторического перехода от цели создания нового класса техники к цели производства новой техники в качестве орудий труда для экономики» рассматривается как один из существенных требований для разработчиков и производителей промышленной продукции – орудий труда (ОПФ), которые должны обладать свойствами окупаемости и эффективности в производственной деятельности собственников ОПФ, является актуальным для дальнейшего развития производственной деятельности Госкорпорации «Роскосмос».

10. Принцип «взаимного влияния технологий производства по Стадиям» рассматривается как один из наиболее существенных факторов для организации оптимального сквозного производственного процесса – экономического цикла – по трем Стадиям Единой производственной системы Госкорпорации «Роскосмос», а также определения показателей эффективности производственной деятельности по каждой из Стадий, и в целом, является актуальным для дальнейшего развития производственной деятельности Госкорпорации «Роскосмос».

11. Единая экономическая модель эффективного управления производственной и космической деятельностью Госкорпорации «Роскосмос» создает основу для организации и проведения системно-аналитических работ в целях обеспечения научно обоснованного управления экономическим развитием Госкорпорации «Роскосмос», осуществления полномочий и функций, а также видов деятельности, предусмотренных действующим законодательством.

12. Единая экономическая модель эффективного управления производственной и космической деятельностью Госкорпорации «Роскосмос» формирует условия для подготовки требований к оптимальному соотношению ручного, автоматизированного и автоматического типов управления как по каждой Стадии Единой производственной системы, так и в целом, для задач разработки собственных ИТ-технологий и элементов цифровой экономики и их адресного применения.

13. Этапы разработки, внедрения и развития Единой экономической модели эффективного управления производственной и космической деятельностью Госкорпорации «Роскосмос»



и Системы научно-технологического сопровождения могут быть реализованы с привлечением отраслевых научных институтов, организаций

Госкорпорации «Роскосмос» и кооперации, которые вместе образуют отраслевое технологическое сообщество.

Актуальные задачи

На основании выводов выделяется ряд актуальных задач, для решения которых требуется создание отраслевой системы научно-технологического сопровождения производственной и космической деятельности Госкорпорации «Роскосмос»:

1. Задача разработки рыночной стратегии выхода Госкорпорации «Роскосмос» с собственной продукцией (услугами) на мировые рынки, в том числе мировой космический рынок.

2. Задача разработки Единой экономической политики Госкорпорации «Роскосмос».

3. Задача разработки промышленной (производственной) политики Госкорпорации «Роскосмос».

4. Задачи разработки политики научно-технологического развития Госкорпорации «Роскосмос».

5. Задача разработки Единой системы цен и системы ценообразования Госкорпорации

«Роскосмос», включающих профильные элементы по стадиям Единой производственной системы.

6. Задача осуществления собственных космических проектов Госкорпорации «Роскосмос».

7. Задача разработки и внедрения Единой экономической модели эффективного управления производственной и космической деятельностью Госкорпорации «Роскосмос».

8. Задача совершенствования кадровой политики Госкорпорации «Роскосмос».

9. Задача разработки отраслевой методики определения эффективности деятельности Госкорпорации «Роскосмос».

10. Задача разработки и внедрения отраслевой Системы эффективного управления производственной и космической деятельностью Госкорпорации «Роскосмос».

Библиографический список (продолжение)

19. О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации: Указ Президента Российской Федерации от 01.12.2016 №642.

20. Государственное предприятие Научно-производственное объединение «Техномаш» 60 лет / Под ред. В.В. Булавкина, Е.А. Гончарова. – М., 1998. – 352 с.

21. ГОСТ Р 55977-2014 Система технологического обеспечения разработки и постановки на производство изделий космической техники. Основные положения – М., Стандартинформ, 2019. — 14 с.

22. 80 – НПО «ТЕХНОМАШ». 1938–2018. – М.: 2018. – 97 с.

23. О стратегическом планировании в Российской Федерации: Федеральный закон от 28.06.2014 №172-ФЗ; принят Государственной Думой 20.06.2014; одобрен Советом Федерации 25.06.2014.

24. Новые наукоемкие технологии в технике: Энциклопедия. В 37 т. Т. 7. Проектирование и управление разработкой летательных аппаратов / Д.Н. Щевров, Ю.А. Матвеев, В.В. Булавкин // Под общей ред. К.С. Касаева. – М.: Машиностроение, 1995. – 320 с.

25. Послание Федеральному Собранию Российской Федерации, 1 декабря 2016 года, Москва, Кремль. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41550> (дата обращения: 12.05.2022).

26. Нижегородцев Р.М. Производительность труда как экономическая категория: содержание и измерение // Управление инновациями – 2018: Материалы международной научно-практической конференции 19–21 ноября 2018 г. / Под ред. Р.М. Нижегородцева, Н.П. Горидько. – Новочеркасск: ЮРГПУ (НПИ). – 2018. – С. 18–22.

Бодин Николай Борисович – канд. техн. наук, заместитель директора центра АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева».

Тел.: 8 (495) 689 97 00, доб. 95-22.

E-mail: N.Bodin@tmnpo.ru

Bodin Nikolai Borisovich – Ph.D. in Engineering Sciences, Center Director of JSC «Afanasev «NPO «Technomac».

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

E-mail: N.Bodin@tmnpo.ru



1 АО «НПО «Техномаш» им. С.А.Афанасьева» предлагает услуги по производству визуального контента, выполненного с использованием **3D-анимации**, направленного на донесение до целевой аудитории информации о деятельности, существующей и перспективной продукции, услугах заказчика.

ПРЕДЛАГАЕМ

2 Разрабатываем техническую **3D-визуализацию** изделий с демонстрацией их возможностей и принципов работы; **3D-визуализацию** (анимацию) промышленных и технологических объектов заказчика; Полноценные **3D-ролики** по интересующей тематике и презентационные фильмы.

РАЗРАБАТЫВАЕМ

3 **Запоминаемость.** Аудитория быстрее запоминает информацию через аудиовизуальные образы.
Информативность. За счет графических эффектов создается максимальная привлекательность продвигаемой продукции или услуги.
Индивидуальность. Разрабатываем индивидуально с учетом специфических черт целевой аудитории заказчика.

ПРЕИМУЩЕСТВА

4 **Этапы работы:**
– разработка сценарного плана;
– выбор цветовой гаммы, сочетающейся с фирменным стилем заказчика;
– подборка анимационных эффектов, подходящих тематике ролика;
– отрисовка качественного **3D-изображения**,
– монтаж, озвучивание, наложение текста и музыкального сопровождения.

ЭТАПЫ РАБОТЫ

