



Уважаемые коллеги, дорогие друзья!

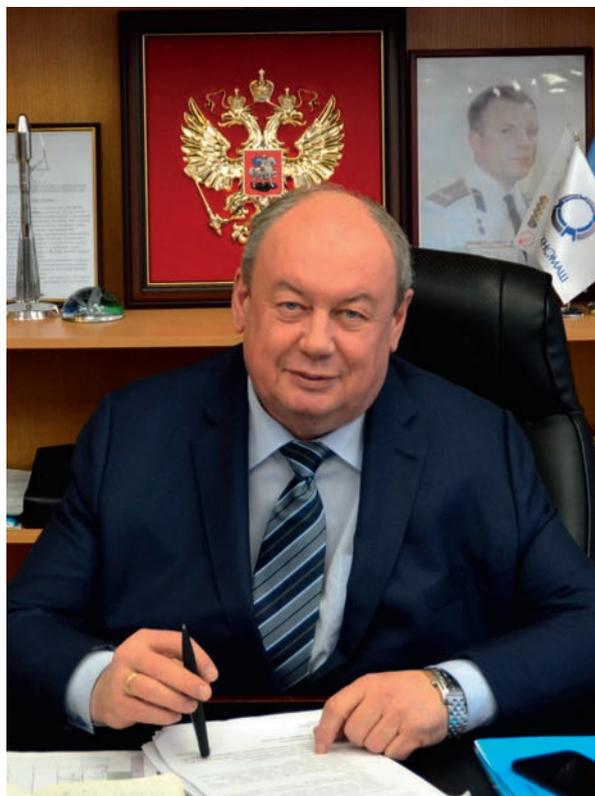
22 июня 2021 года исполняется 80 лет со дня начала Великой Отечественной войны 1941–1945 годов. Это одна из печальных дат в истории России, во многом определившая её новейшую историю.

История становления нашего Предприятия и его работников неразрывно связана с историей страны, и поэтому этот номер журнала открывает статья под названием «ФГУП «НПО «Техномаш» в годы Великой Отечественной войны». В публикации идет речь о ветеранах-работниках Предприятия, ковавших победу на трудовом фронте. Память о них – это фундамент, который поддерживает преемственность поколений и традиции.

В этом выпуске широко рассматриваются вопросы технологического развития ракетно-космической промышленности. В частности, предложена методика проведения технологического аудита и отбора первоочередных инвестиционных программ, обозначены критерии безопасности промышленности и особенности формирования перечней промышленных и критических технологий, приводятся методические рекомендации по их составлению, описана система прогнозирования показателей качества и надежности конструкторско-технологических решений, сделан обзор проблемных аспектов применения сварки трением с перемешиванием при производстве РН «Союз-5».

Также в номере рассматриваются теоретические исследования и практические результаты в области технологии заготовительного производства, контроля и диагностики в машиностроении, представлены результаты внедрения фото- и видеодокументирования в ракетно-космической промышленности и аспекты предъявления этапов опытно-конструкторских разработок для контроля военными представительствами Министерства обороны Российской Федерации.

Завершает второй номер журнала статья, посвященная 55-летию образования Министерства общего машиностроения СССР, которая повествует о путях становления Министерства в послевоенные годы и об опыте работы ключевых руководителей Минобщемаша.



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

Ю.В. Власов



СОДЕРЖАНИЕ

Обращение к читателям	1
ФГУП «НПО «Техномаш» годы Великой Отечественной войны	4
ТЕХНОЛОГИИ ЗАГОТОВИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА	
<i>Вайцехович С.М., Муртазин Д.А.</i>	
Пластический изгиб и кручение трубы.	7
<i>Бецеков В.Г., Синякова Т.И., Бочаров Ю.А.</i>	
Изготовление деталей с использованием эффекта сферодинамики в условиях проявления детерминированного хаоса сферосистемы.	12
ТЕХНОЛОГИИ СВАРКИ И ПАЙКИ	
<i>Должанский Ю.М., Илингина А.В., Кузин А.И.</i>	
Ракета-носитель «Союз-5»: о производстве изделия в АО РКЦ «Прогресс»	18
СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ РКП	
<i>Пантелеев К.Д., Юрцев Е.С.</i>	
К вопросу прогнозирования показателей качества и надежности перспективных конструкторско-технологических решений	22
<i>Кондратенко А.Н.</i>	
Технологический аудит и планирование инвестиционных проектов государственных и федеральных целевых программ	25
<i>Кондратенко А.Н.</i>	
Критерии безопасности ракетно-космической промышленности и особенности формирования перечня промышленных базовых и критических технологий	34
КОНТРОЛЬ И ДИАГНОСТИКА В МАШИНОСТРОЕНИИ	
<i>Камалдинов А.М., к.т.н., Хруцкая М.В., Сурженко М.С.</i>	
Контроль качества шарикоподшипниковых опор по моментным характеристикам на малых скоростях вращения. Технические характеристики и возможности стенда СКО-10	40
<i>Хруцкая М.В., Камалдинов А.М.</i>	
К вопросу оценки коэффициентов демпфирования стенда контроля осевой нагрузки СКОН.	44
ЭЛЕКТРОННАЯ ПАСПОРТИЗАЦИЯ	
<i>Белавин А.И., Должанский Ю.М., Илингина А.В., Кочергин С.А., Машко Р.В., Моклученко И.С.</i>	
Информационные электронные паспорта на технологии и специальное оборудование, разработанные ФГУП «НПО «Техномаш» в 2020 году	50
СТАНДАРТИЗАЦИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ, КАЧЕСТВО И МЕТРОЛОГИЯ	
<i>Омигов Б.И., Рябчиков П.В.</i>	
Методические рекомендации по составлению перечня особо важных, критических технологических процессов и операций	62
<i>Дорохин Ю.Н., Круглов И.А., Сумбуров С.А.</i>	
Результаты внедрения фото- и видеодокументирования в ракетно-космической промышленности	66
<i>Лобанов А.В., Жуков В.В., Круглова Ю.В.</i>	
Аспекты предъявления этапов опытно-конструкторских работ для контроля военными представительствами Министерства обороны Российской Федерации.	68
ИНФОРМАЦИОННЫЕ СООБЩЕНИЯ	
<i>Чичварин В.Ф.</i>	
К 55-летию образования Министерства общего машиностроения.	73



CONTENTS

Message to Readers	1
FSUE «NPO «Technomac» during the Great Patriotic War	4
BLANK PRODUCTION TECHNOLOGIES	
<i>Vaytsekhovich S.M., Murtazin D.A.</i>	
Plastic bending and pipe torsion	7
<i>Beshchekov V.G., Sinyakova T.I., Bocharov Yu.A.</i>	
Manufacturing parts using the spherodynamics effect under conditions of determined chaos of the spherical system	12
WELDING AND BRAZING TECHNOLOGIES	
<i>Dolzanskiy Y. M., Ilingina A.V., Kuzin A.I.</i>	
LV «Soyuz 5»: about the production of the article at the JSC SRC «Progress»	18
MODERN REQUIREMENTS AND TECHNOLOGY DEVELOPMENT OF AEROSPACE ENTERPRISES	
<i>Pantelev K.D., Yurtsev E.S.</i>	
On the issue of quality and reliability data prediction of promising design and technological solutions	22
<i>Kondratenko A.N.</i>	
Process audit and planning of investment projects of state and federal target programs	25
<i>Kondratenko A.N.</i>	
The security criterion of the aerospace industry and peculiarities of the list formation for industrial basic and critical technologies	34
CONTROL AND DIAGNOSTICS IN MACHINE BUILDING	
<i>Kamaldinov A.M., Ph.D. in Engineering Sciences, Khrutskaya M.V., Surzhenko M.S.</i>	
Quality control of ball-bearing supports by moment properties at low rotational speeds. Specifications and possibilities of the test bench SKO-10	40
<i>M.V. Khrutskaya, A.M. Kamaldinov</i>	
To the problem of estimating the damping coefficients of the SKON axial load control bench	44
CREATION OF ELECTRONIC DATA SHEETS	
<i>Belavin A.I., Dolzanskiy Y. M., Ilingina A.V., Kochergin S.A., Mashko R.V., Moklyuchenko I.S.</i>	
Electronic Informational Data Sheets on Technologies and Special Equipment Developed by FSUE «NPO «Technomac» in 2020.	50
STANDARDIZATION, CERTIFICATION, QUALITY AND METROLOGY	
<i>Omigov B.I., Ryabchikov P.V.</i>	
Methodological recommendations for a list of especially important, critical technological processes and operations	62
<i>Dorokhin Y.N., Kruglov I.A., Sumburov S.A.</i>	
Results of photo and video documentation in the aerospace industry	66
<i>Lobanov A.V., Zhukov V.V., Kruglova Y. V.</i>	
Aspects of presenting the experimental design projects stages for control by military representative offices of Ministry of Defence of the Russian Federation.	68
INFORMATION MESSAGES	
<i>Chichvarin V.F.</i>	
To the 55th Anniversary of the Ministry of General Machine Building Establishment	73

ФГУП «НПО «Техномаш» в годы Великой Отечественной войны

Сейчас, когда экономика страны возрождает свое былое могущество, очень важно помнить героический подвиг мирного населения, который в невероятно трудных условиях военного времени строил новые и возрождал эвакуированные предприятия, ковал победу в тылу.

Насколько духовно богатыми людьми были труженики тыла. Работая на заводах и фабриках по 12–15, а то и 20 часов, отрывая от себя последнее, они вносили свои сбережения в фонд обороны на строительство танков, самолетов, другой военной техники; отправляли фронтовые посылки с продовольствием, теплыми вещами, письма с пожеланиями скорейшего разгрома врага.

Тяжелые условия жизни, изнуряющая работа, голод, потеря родных, здоровья, невозможность учиться – такой ценой доставалась победа.

Советский тыл был монолитным и прочным на протяжении всей войны. Он обеспечил наши войска всем необходимым для полного разгрома германского агрессора и завоевания великой Победы.

Как писал Маршал Г.К. Жуков: «Народная трудовая эпопея по эвакуации и восстановлению производственных мощностей в годы войны по размаху и значению своему для судьбы нашей Родины равна величайшим битвам второй мировой войны».

История ФГУП «НПО «Техномаш» неразрывно связана с историей страны.

К началу Великой Отечественной войны на Предприятии завершилась реорганизация, проходившая в соответствии с постановлением Совета народных комиссаров СССР и приказом Народного комиссариата вооружения СССР, в ходе которой на базе Центрального конструкторского бюро № 40 (ЦКБ–40), Государственного союзного проектного института № 3 (ГСПИ-3) и технологической части Государственного союзного проектного института № 7 (ГСПИ-7) создан Государственный союзный проектно-конструкторский институт № 40 (ГСПКИ-40).

В 1941 году массовая эвакуация заводов в восточные районы страны вызвала необходимость скорейшего восстановления производств на новых местах, причем в увеличенном объеме. Главной задачей ГСПКИ-40 стало оказание технической помощи оборонным заводам. Более пяти тысяч работников в составе бригад технической помощи работали на оборонных заводах страны: в 1941 году – на 36, в 1942 году – на 67, в 1943 году – на 55, в 1944 году – на 47, а в 1945 году – на 43. Общий объем технической помощи от общего объема работ составлял более 50 процентов, а в 1942 году – 71.

Специалисты института, не жалея сил, принимали на себя руководство цехами и заводами, становились к станкам, обеспечивая выполнение производственных программ и планов.

Технологическая документация, разработанная в лаборатории материально-технических нормативов института, возглавляемой Тверитиновым Гавриилом Фёдоровичем, в дальнейшем использовалась при организации производства пулемета «Максим» в Златоусте, Туле, Мотозаводе в Ижевске. Она позволила внедрить на заводах синхронизированный поток при широкой конвейеризации производства. Например, на заводе № 374 (г. Ижевск) общая длина конвейеров составила 4466 погонных метров. Длительность производственного цикла сократилась почти до десяти раз.



Большая комплексная работа проделана работниками ГСПКИ-40 под руководством главного инженера Толпыго Г.А. по оказанию технической помощи на артиллерийском заводе №172 (г. Пермь) по кардинальной перестройке производства системы МЛ-20 (гаубица-пушка).

Организацию работы цехов перестроили с «подетального» принципа на «поузловой», что позволило существенно снизить объем межцеховых перевозок. Технологию механической обработки оснастили новыми приспособлениями, позволяющими снизить трудоемкость и работать специалистам с более низкой квалификацией.

Бригады ГСПКИ-40 под руководством Полякова С.М., Шлыкова С.Н., Замскова С.С. в полуторамесячный срок освоили технологию заготовительного производства деталей для полкового миномета калибром 120 мм, что позволило начать выпуск оружия в Улан-Удэ, Коломне, Калининграде Московской области и Красноярске. На заводах внедрили конвейерную сборку, которая позволила увеличить выпуск изделий в пять-шесть раз, а также снизить себестоимость на 60–75 процентов.

Совместными усилиями работников завода «Большевик» (Ленинград) и бригады института (Шубин А.В., Забелин Б.Н., Залеский О.И.) в кратчайшие сроки освоено производство с внедрением технологии штамповки деталей пушки М-100 для борьбы с фашистскими САУ и тяжелыми танками «Королевский тигр», «Фердинанд» и «Пантера». Также на «Большевике» специалистами института оказана техническая помощь по развитию производства морской артиллерии (в значительно большем объеме подобная помощь оказана Ленинградскому заводу «Арсенал»). Работы выполняла комплексная бригада во главе с главным инженером ГСПКИ-40 Толпыго Г.А. В состав бригады входили работники института Поляк С.С., Авраменко П.А., Хромов Е.И., Щипицин К.С., Шубин А.В., Пощищайло В.А., Подшивалин В.П., Забелин Б.М., Залеский О.И.

На заводе в г. Хабаровске бригадой ГСПКИ-40 под руководством инженера-технолога Рычкова А.А. в течение трех месяцев с июля по сентябрь 1941 года проведена работа по освоению производства 45 мм противотанковой пушки. До 1942 года «сорокапятка» успешно боролась со всеми танками противника, но с появлением новых танков Pz.Kpfw.VI «Тигр» и позднее Pz.Kpfw.V «Пантера» бронепробиваемости её снаряда уже не хватало. Вместе с тем, оружие было хорошо отлаженным в производстве, технологичным и мобильным на поле боя. Всё это и позволило «сорокапятке» остаться на вооружении, претерпев модернизацию с основным улучшением в виде удлинения ствола в 1942 году, которое позволило повысить начальную скорость снаряда, а, следовательно, и бронепробиваемость. В результате 45-мм противотанковые пушки прошли всю войну от первого и до последнего дня.

Одной из главных задач института являлось оказание технической помощи оборонным заводам по производству патронов для различных видов стрелкового вооружения, которую возглавил главный конструктор ГСПКИ-40 Ковалев Михаил Петрович. Под его руководством разработан и внедрен автоматизированный участок сборки патронов на патронном заводе № 17 г. Барнаула. Результатом внедрения автоматизированных участков стало сокращение продолжительности технологического цикла производства патронов в семь раз и уменьшение их металлоемкости. А разработанная техническая документация широко использовалась при налаживании производства патронов в Челябинске, Казани, Ульяновске, Кемерове.

В 1941 году специалисты института освоили производство пистолета-пулемета Шпагина (ППШ) и магазина к нему – доработана конструкторская документация, разработана технология производства, включая контроль, сборку и сдачу изделия, а также разработана оснастка. Все работы проводились под руководством Главного конструктора, автора ППШ Шпагина Г.С. при непосредственном участии конструкторской бригады ГСПКИ-40 в составе Водопьянова В.В., Грелиславского В.И., Пурцена Р.С., Рачинского Б.К.

Технолог сборки Хромов Евгений Иосифович командирован в г. Красноярск на завод № 32 начальником цеха сборки ППШ в сентябре 1941 года. На Красноярском заводе специалистам института Хромову Е.И., Залескому О.И., Поляку С.М., Рычкову А.А. удалось наладить производство ППШ на основе широкого кооперирования, что позволило в январе 1942 г. выпустить первый автомат.

Бригады ГСПКИ-40 полностью отладили производство ППШ в 1942 году в городах Загорске, Вятских Полянах, Красноярске, Ленинграде.

В дальнейшем разработанная технологическая документация позволила быстро развернуть производство ППШ на заводах «ЗИС» в Москве и «ГАЗ» в Нижнем Новгороде.

В период с 1943 по 1948 годов более 20 бригад института работали над восстановлением предприятий, разрушенных фашистскими оккупантами в годы войны. Нередко специалисты после восстановления заводов оставались там работать и возглавляли производство. После восстановления Сталинградского предприятия «Баррикады» на должность главного инженера назначен специалист комплексной бригады ГСПКИ-40 Ливертовский Е.М.

На завершающем этапе войны большая работа проводилась работниками института на территории Германии по определению технологических возможностей оборудования, подлежащего отправке в СССР. Только в 1945 году силами ГСПКИ-40 произведен сбор более 1200 материалов по технологии и организации производства предметов вооружения. Примерами подобных работ могут послужить бесшаботные молоты «Eimuko», станки ударной обкатки (ротационной холоднойковки) «Lose», вертикальные станы «Wagner».



Особое место занимали работы по ознакомлению с конструкцией и технологией производства германских реактивных снарядов «V-1» и «V-2». Полученные данные в дальнейшем использованы при развертывании производства ракетной техники.

Для большинства рабочих и служащих законом жизни стали призывы: «Все для фронта, все для победы над врагом!», «Работать не только за себя, но и за товарища, ушедшего на фронт!», «В труде – как в бою!». Женщины и подростки становились к станкам вместо ушедших на фронт мужчин.

Многие работники Предприятия не вернулись с полей сражений Великой Отечественной войны, но память о них жива, а их имена навечно высечены на барельефе памятника погибшим в Великой Отечественной войне «техномашевцам».

Родина высоко оценила трудовые подвиги тружеников тыла. После окончания войны 1734 работника Предприятия удостоены памятных медалей «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941–1945 годов».



УДК 621.774

Вайцехович С.М., Муртазин Д.А.
Vaytsekhovich S.M., Murtazin D.A.

Пластический изгиб и кручение трубы

Plastic bending and pipe torsion

Рассматриваются схемы изгиба трубы с приложением крутящего момента, принятого неизменным в зоне деформирования. Предложена инженерная методика расчета параметров процесса в конечных приращениях деформаций.

The pipe bending schemes with the application of a torque assumed constant in the deformation zone are considered. The engineering method for calculating process parameters in finite deformation increments is proposed.

Ключевые слова: изгиб наматыванием на копир, изгиб проталкиванием через ролики; кручение; поворот нейтральной линии; относительное удлинение.

Keywords: bending by winding on the copier, bending by pushing through the rollers; torsion; rotate the neutral line; percentage elongation.

Введение

Совершенствование существующих технологий производства трубопроводов является важной задачей в ракетно-космической промышленности (РКП). Большая номенклатура трубопроводов и широкий диапазон требований к их качеству являются определяющими для систематизации технологических процессов, использования систем автоматизированного проектирования трубопроводов сложной конфигурации.

При изготовлении летательных аппаратов к трубопроводам предъявляются жёсткие требования по допускам и на появление призна-

ков брака. Для снижения массы трубопроводов космических аппаратов и повышения ресурса работы необходимо уменьшение радиусов изгиба и овализации поперечного сечения трубы. Соответственно появляется необходимость в разработке новых технологий гибки труб, одной из которых является гибка труб со скручиванием. При данной схеме гибки в зоне деформирования накладываются дополнительные кольцевые напряжения, отвечающие за утонение и овализацию стенки трубы в месте изгиба.

Скручивание в технологических процессах монотонной гибки труб

Производство изделий в виде змеевика или кольца с одним сварным стыком включает спиральную гибку труб. Ее можно заменить обычным плоским изгибом с одновременным кручением, при этом изгибающий момент существенно уменьшится. Дозированное кручение осуществимо при наматывании трубы на копир [1] или проталкивании через ролики [2]; в первом случае основную работу выполняет момент на валу копира, во втором – толкающая сила (рис. 1).

В зоне активного деформирования (гибки) $p\theta-p1$ радиус оси R изменяется от ∞ до заданного значения R_0 , крутящий момент и перерезывающая сила остаются неизменными ввиду малых значений угла φ_1 [3]. Согласно схеме (рис. 1а) материальные сечения заготовки после прохождения точки $p1$ прилегают к желобу копира, имеющему при гибке на 360° винтовую форму.

Гибка в роликах, согласно правой схеме (рис. 1 б), происходит одновременно с упругой раз-

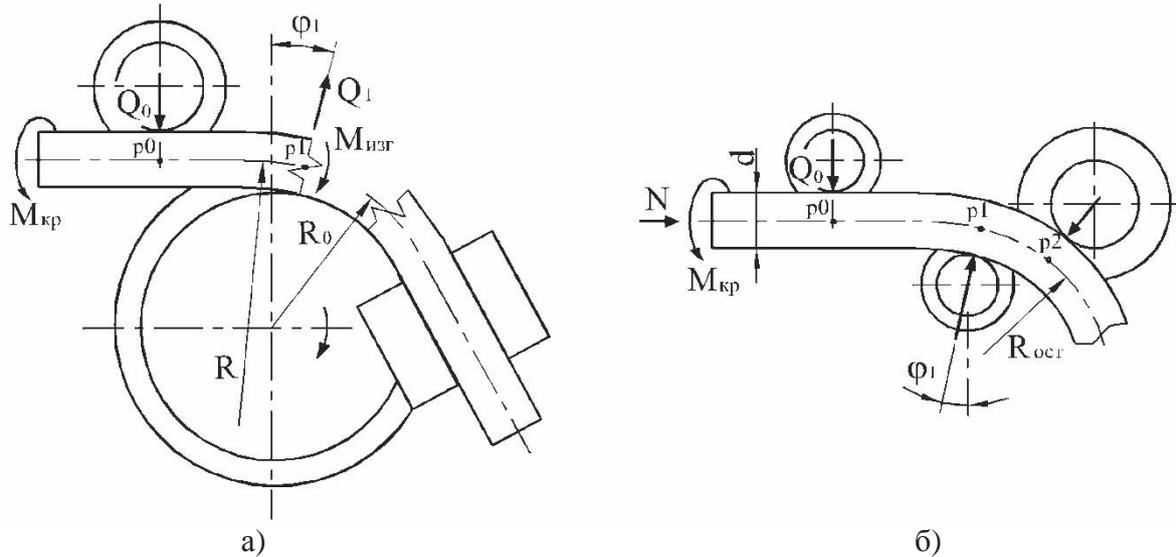


Рис. 1. Схемы гибки труб с кручением:

а) гибка по круглому копиру; б) гибка проталкиванием в роликах

Обозначения: $p0-p1$ – зона активного деформирования (гибки); $p1-p2$ – зона пассивного деформирования (разгрузки); Q_0 – поперечная внешняя сила; Q_i – поперечная внутренняя сила; R – переменный радиус оси трубы на участке $p0-p1$, $0 \leq R \leq R_0$; N – внешняя толкающая сила; φ_i – угол наклона нормали к оси трубы в точке $p1$; d – наружный диаметр трубы

грузкой. На участке $p1-p2$ момент внутренних сил в плоскости гибки уменьшается до нуля, а кривизна оси приобретает остаточное значение $1/R_{ост}$. За пределами контакта с выходным роликом изогнутый участок имеет спиральную форму вследствие разгрузки от крутящего момента.

Перерезывающая сила скачкообразно изменяется в точке $p1$, нарушая монотонный характер сдвигов сечений. Из равенства работ внешних и внутренних сил следует: $N = M_{изг}/R_{ост}$; реакции роликов находят из условий статического равновесия деформируемого участка заготовки [3].

Предлагаемый анализ зоны $p0-p1$ представляет инженерное решение задачи пластической обработки в конечных приращениях деформаций. Вводим координату z для отсчета плеча силы Q_0 , а также полярные (ρ , α) и декартовы метрики в поперечных сечениях трубы, тогда:

$$\Delta \varepsilon_{z,j} = (r \sin \alpha + u_{кр,j} \cos \alpha) \Delta \kappa_j + \kappa_j \Delta u_{кр,j} \cos \alpha \quad (1)$$

$$\varepsilon_z = \sum \Delta \varepsilon_{z,j}$$

где: r – средняя координата ρ по толщине t стенки; κ_j и $\Delta \kappa_j$ – кривизна гибки и ее приращение, заданные в j -х точках оси трубы с неизвестными координатами z_j ; $u_{кр,j}$ – повороты попе-

речных сечений, проходящих через те же точки в направлении кручения:

$$\Delta u_{кр,j} = u_{кр,j} - u_{кр,j-1}$$

Момент осевых напряжений σ_z представлен двумя компонентами M_x и M_y (рис. 2).

Эпюры для областей с положительными и отрицательными косинусами α учитывают направление перемещения $u_{кр}$ против часовой стрелки. Пунктирные линии отражают роль наклона и поворота поперечных сечений.

Нейтральная линия, разделяющая области положительных и отрицательных значений ε_z наклонена к базе отсчета угла α . Окружную деформацию ε_α принимаем равной $-0.5\varepsilon_z$ радиальное напряжение $\sigma_\rho = 0$. Деформация кручения прямого участка трубы $\gamma_{пр}$ близка к предельному упругому значению γ_{02} .

При $z = 0$ наступает пластическое состояние в связи с появлением сдвига $\gamma_{yx,0}$ силой Q_0 , одновременно резко возрастает деформация кручения $\gamma_{кр,0}$, определяемая из уравнения:

$$\frac{A\gamma_{кр,0}}{3} \left[\frac{\sqrt{2}}{3} \sqrt{\frac{3}{2} (\gamma_{кр,0}^2 + \gamma_{yx,0}^2)} \right]^{n-1} = G\gamma_{пр}.$$



Здесь A и n – константы степенной функции напряжения текучести $\sigma_s = A \varepsilon_i^n$; G – модуль сдвига. Значение $\gamma_{yx,0}$ известно и служит для косвенного задания z_{p1} , т.е. длины участка $p0-p1$.

Касательные напряжения τ_{yx} и τ_{kp} равномерно распределены по сечению трубы по границе зоны гибки при $z = 0$, что отражают расчетные формулы:

$$Q_0 = 2\pi r t \tau_{yz,0}; M_{kp,0} = 2\pi r^2 t \tau_{kp,0}; \text{ при } z = z_j$$

$$Q_j = tr \int_0^{2\pi} \tau_{yz} d\alpha; M_{kp,j} = tr^2 \int_0^{2\pi} \tau_{kp} d\alpha;$$

$$M_{x,j} = tr^2 \int_0^{2\pi} \sigma_z \sin \alpha d\alpha;$$

$$\sigma_z = A \frac{\Delta \varepsilon_z}{\Delta \varepsilon_i} \varepsilon_i^n; \tau_{kp} = \frac{A}{3} \frac{\Delta \gamma_{kp}}{\Delta \varepsilon_i} \varepsilon_i^n; \tau_{yz} = \frac{A}{3} \frac{\Delta \gamma_{yz}}{\Delta \varepsilon_i} \varepsilon_i^n;$$

$$\varepsilon_i = \sqrt{\varepsilon_z^2 + \frac{1}{3}(\gamma_{kp}^2 + \gamma_{yz}^2)}; \Delta \varepsilon_i = \sqrt{\Delta \varepsilon_z^2 + \frac{1}{3}(\Delta \gamma_{kp}^2 + \Delta \gamma_{yz}^2)}.$$

В сечениях трубы, проходящих через j -е точки оси:

$$\frac{M_{kp,j}}{M_{kp,0}} = 1; \frac{z_j Q_0}{M_{x,j}} = 1; \frac{Q_j}{Q_0} = 1; (j = 1, 2, \dots, p1). \quad (2)$$

Момент M_y (рис. 2) уравнивается реакцией гибочного инструмента и не учитывается в решении. У словиям (2) удовлетворяют значения $\gamma_{kp,j}, \gamma_{yz,j}, z_j$, которые определяются методом

последовательных приближений при заданных κ_j и $\Delta \kappa_j$. Перемещения кручения подсчитывали приближенно:

$$\Delta u_{kp,j} = 0,5(\gamma_{kp,j} + \gamma_{kp,j-1})(z_j - z_{j-1}); u_{kp,j} = \sum_{i=1}^j \Delta u_{kp,i}. \quad (3)$$

Приведенные ниже результаты расчетов получены в вычислительной среде MathCAD с исходными данными: материал трубы сталь 20, показатели механических свойств: $A = 748$ МПа, $n = 0,15$, $G = 77000$ МПа, $\gamma_{02} = 0,0026$, диаметр трубы $d = 33$ мм, толщина стенки $t = 3$ мм, длина зоны гибки $z_{p1} = 2 \dots 3d$, кручение прямого участка заготовки γ_{np} выражали через предельную упругую деформацию сдвига γ_{02} . Рис. 3 характеризует относительные перемещения кручения u_{kp}/r и приблизительно равные им углы наклона нейтральной линии деформаций ε_z .

Принятое направление кручения против часовой стрелки совпадает с направлением отсчета полярной координаты α в сечениях трубы на рис. 2, поэтому значения α_n отрицательны. Их находили из равенства деформации $\varepsilon_z = 0$ при $z = z_{p1}$. Деформация γ_{np} порядка 10^{-3} возрастает в несколько раз при $z = 0$ в результате перехода материала в пластическое состояние. На выходе из зоны гибки ее значения близки к r/R_0 и практически неизменны в рассматриваемом диапазоне $z_{p1} = 2 \dots 3d$. Рассчитанное уменьшение работы изгиба, вызванное кручением, составило 20...22%.

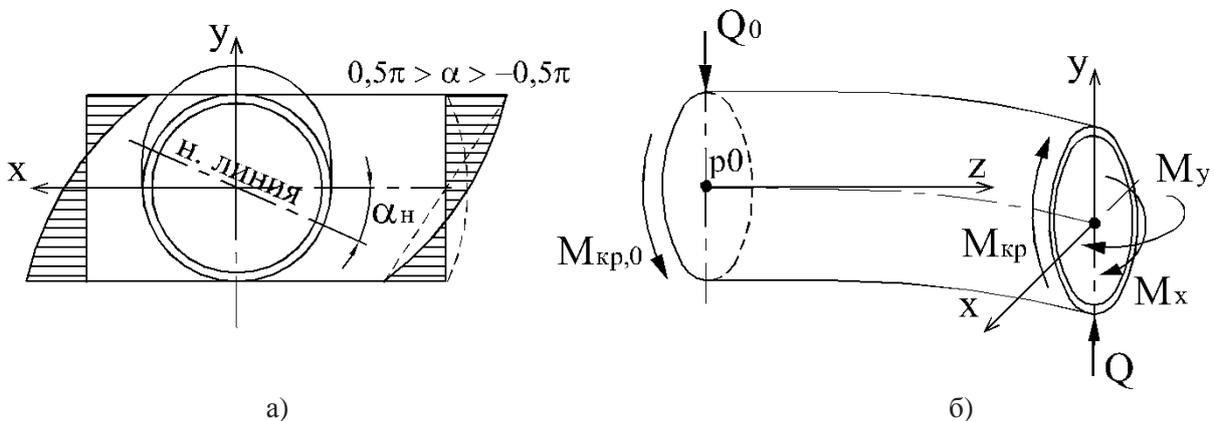


Рис. 2. Расчетная схема и приближенные эпюры деформаций ε_z :

- а) приближенные эпюры деформаций при гибке труб со скручиванием; б) расчетная схема гибки труб со скручиванием
- Обозначения: α – угловая полярная координата (отсчитывается от оси x); α_n – угол наклона нейтральной линии;
- Q_0 – поперечная внешняя сила; M_x – внутренний изгибающий момент относительно оси x ;
- M_y – внутренний изгибающий момент относительно оси y

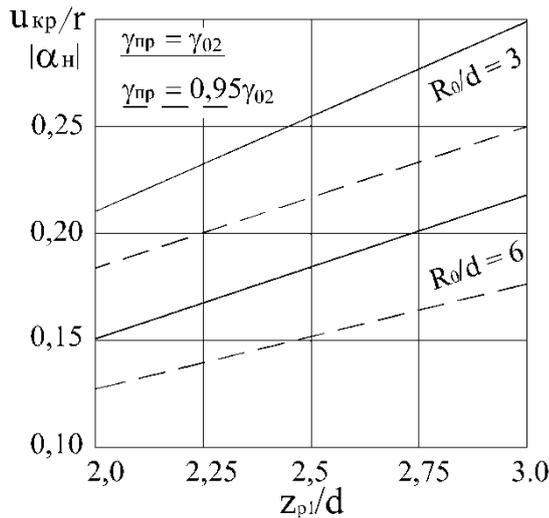


Рис. 3. Выходные данные расчета в зависимости от деформации кручения γ_{np} прямого участка заготовки, радиуса и длины зоны гибки: $|\alpha_n|$ – абсолютная величина угла наклона нейтральной линии; γ_{02} – начальное значение пластической деформации сдвига; z_{p1}/d – относительная длина зоны гибки; R_0/d – относительный радиус гибки

Рис.4 иллюстрирует расчет гибки трубы с кручением по заданным в четырех сечениях относительным значениям кривизны изогнутой оси $\kappa_j R_0$.

На границах зоны гибки $\kappa_0 R_0 = 0$ и $\kappa_{p1} R_0 = 1$, промежуточные значения $\kappa_j R_0$ (0,1; 0,25; 0,55) выбраны произвольно. Соответствующие им координаты поперечных сечений и параметры деформированного состояния определяются при соблюдении разрешающих условий (2). Выходные данные расчета представляем в виде табличных функций относительной координаты z_j/z_{p1} . Две из них: $\kappa_j R_0$ и $\gamma_{кр,j}/\gamma_{кр,p1}$ при $\gamma_{np} = \gamma_{02}$, $z_{p1} = 2d$ и $R_0/d = 6$ представлены на рис. 4.

Влияние крутящего момента на утонение

Выводы

Рассмотрены схемы изгиба трубы с приложением крутящего момента $M_{кр}$, принятого неизменным в зоне деформирования, реализующегося силовыми и кинематическими средствами.

Силовые элементы конструкции обеспечивают заданное значение $M_{кр}$, кинематические – поддерживают заданный угол поворота трубной

стенки трубы при холодной деформации невелико, но вызывает смещение нейтральной линии относительно центра сечений трубы, аналогично [4, 5].

Результаты экспериментальных работ по холодной монотонной гибке труб со скручиванием показывают повышение качества трубных изделий (отсутствие гофрообразования) и возможность регулировки утонения толщины стенки трубы на 4% при уменьшении энергосиловых параметров трубогибочного станка на 20-22%. Разработана новая конструкция гибочного ролика (увеличена высота боковых стенок) и технология (скручивание зоны изгиба) [6, 7], позволяющая устранить микрофры, образующиеся в начале контакта гибочного ролика со стенкой трубы.

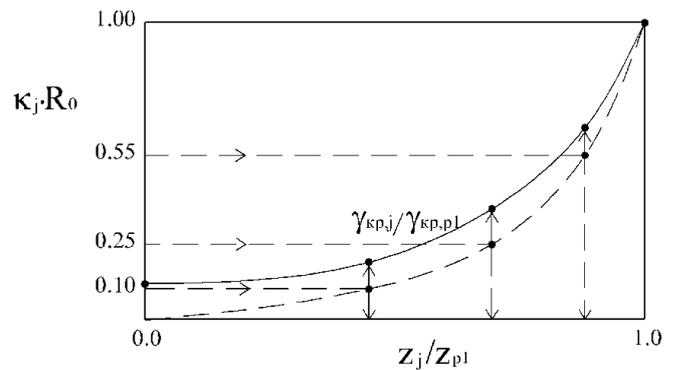


Рис. 4. Изменение кривизны оси трубы и деформации кручения в зоне гибки: $\kappa_j R_0$ – обобщенное обозначение дискретных значений кривизны изогнутой оси; z_{p1} – координата z точки $p1$; z_j – координаты точек; ----- – график кривизны оси; ——— – график деформации кручения в зоне гибки, отнесенной к деформации кручения при $z = p1$

заготовки $u_{кр,p1}/r$ при её поступательном перемещении в зону гибки, равном z_{p1} . При этом прямой участок трубы под действием холодной деформации скручивания должен сохранять продольную устойчивость и не оваллизироваться.

Предложена инженерная методика расчета параметров процесса в конечных приращениях деформаций.





Библиографический список

1. Гальперин, А.И. Машины и оборудование для изготовления криволинейных участков трубопроводов / А.И. Гальперин. – М.: НЕДРА, 1983. – 203 с.
2. Вайцехович С.М., Рубцов И.С., Кривенко Г.Г. Разработка технологии гибки трубопроводов скручивание зоны изгиба // Заготовительные производства в машиностроении. – Изд-во: Машиностроение. – 2017. – Том 15. – №3. – С. 111–114. – ISSN: 1684-1107.
3. Вдовин С.И. Теория и расчеты гибки труб / С.И. Вдовин // М.: Машиностроение, 2009. – 95 с.
4. Лукьянов В.П. Параметры холодной гибки листовых заготовок, прутков и труб / В.П. Лукьянов, И.И. Маткава, В.А. Бойко, Д.В. Доценко. – М.: Машиностроение, 2005. – 151 с.
5. Franz, W.D. Maschinelles Rohrbiegen. Verfahren und Maschinen / W.D. Franz. – Düsseldorf: VDI-Verlag, 1988. – 237 p.
6. Патент на изобретение № 2 614 975 РФ, МПК⁶ В21D 9/1, В21D 9/16. Способ гибки и станок для осуществления способа / Вайцехович С.М., Овечкин Л.М., Прусаков М.А. и др. (Россия); заявитель и патентообладатель ФГУП «НПО «Техномаш». № 2015 154 062; от 17.12.2015; опубл. 31.03.2017. Бюл. № 10.
7. Вайцехович С.М., Кривенко Г.Г. Новое направление в технологии гибки трубопроводов // Научно-технический бюллетень Вестник «НПО «Техномаш». – 2016. – №1. – С. 11–12.

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

Муртазин Джамиль Азадович – канд. техн. наук, руководитель направления ФГУП «НПО «Техномаш» имени С.А. Афанасьева.
Тел.: 8 (495) 689-97-31, доб. 97-31. E-mail: aspirant@tmnpo.ru
Murtazin Jamil Azadovich – Ph.D. in Engineering Sciences, Area Head of FSUE «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasyev.
Tel.: 8 (495) 689-97-31, ext. 97-31. E-mail: aspirant@tmnpo.ru

УДК 621.7:539.3

*Бещечков В.Г., Синякова Т.И., Бочаров Ю.А.
Beshchekov V.G., Sinyakova T.I., Bocharov Yu.A.*

Изготовление деталей с использованием эффекта сферодинамики в условиях проявления детерминированного хаоса сферосистемы Manufacturing parts using the spherodynamics effect under conditions of determined chaos of the spherical system

Проведены теоретические исследования по анализу результатов лабораторного моделирования эффекта сферодинамики. Выявлены закономерности хаотического поведения сферосистемы на определяющих стадиях реализации эффекта, характерные для состояния детерминированного хаоса нелинейных динамических систем.

Theoretical studies on analysis of the laboratory simulation results of the spherodynamics effect were carried out. The regularities of the chaotic behavior of the spherical system at the defining stages in the effect realization, characteristic for the state of deterministic chaos in nonlinear dynamical systems, are revealed.

Ключевые слова: эффект сферодинамики, сферодина, спиралеобразные траектории, левитирование сферодина.

Keywords: spherodynamics effect, spherodine, spiral trajectories, spherodine levitating.

Введение

Анализ результатов лабораторного моделирования эффекта сферодинамики (далее – эффект) [1] выявил ряд периодически повторяющихся аномалий хаотической сферосистемы и определил некоторые закономерности их проявления во времени реализации эффекта. Теоретические исследования поведения нелинейных динамических систем в условиях проявления детерминированного хаоса позволили установить ряд единых признаков с хаотическими аномалиями сферосистемы, что определило правомерность использования методологии анализа детерминированного хаоса нелинейных динамиче-

ских систем при объяснении знакового признака эффекта – феномена левитирования сферодина.

В статье проведён сравнительный анализ известного класса нелинейных динамических систем с признаками проявления детерминированного хаоса [2] в момент наблюдения хаотических аномалий сферосистемы для выработки методологии анализа энергосиловых условий возникновения феномена левитирования сферодина.

Сценарий реализации эффекта в диапазоне девяти стадий состояний сферосистемы можно представить следующим образом (рис. 1).

Стадия I

Происходит формирование сферодинамической системы (СС) силового замыкания её элементов. Сферодина 3 выполнен с кольцевой выемкой 8, в которой с зазором размещены постоянные магниты 9. Сферодина 3 размещён на выталкивателе 11, установленном на упругом элементе 12 в полости 13 матрицы 2 и снабжен датчиками давления 14.

Рабочая поверхность пуансона 10 – S1, форма сферодина 3 – S2, форма полости сферодина 4 – S3 и линейка изменения зазора между постоянными магнитами 9 – S4, размещённых в кольцевой выемке 8 сферодина 3 выполнены по геометрии логарифмической спирали Бернулли [3].



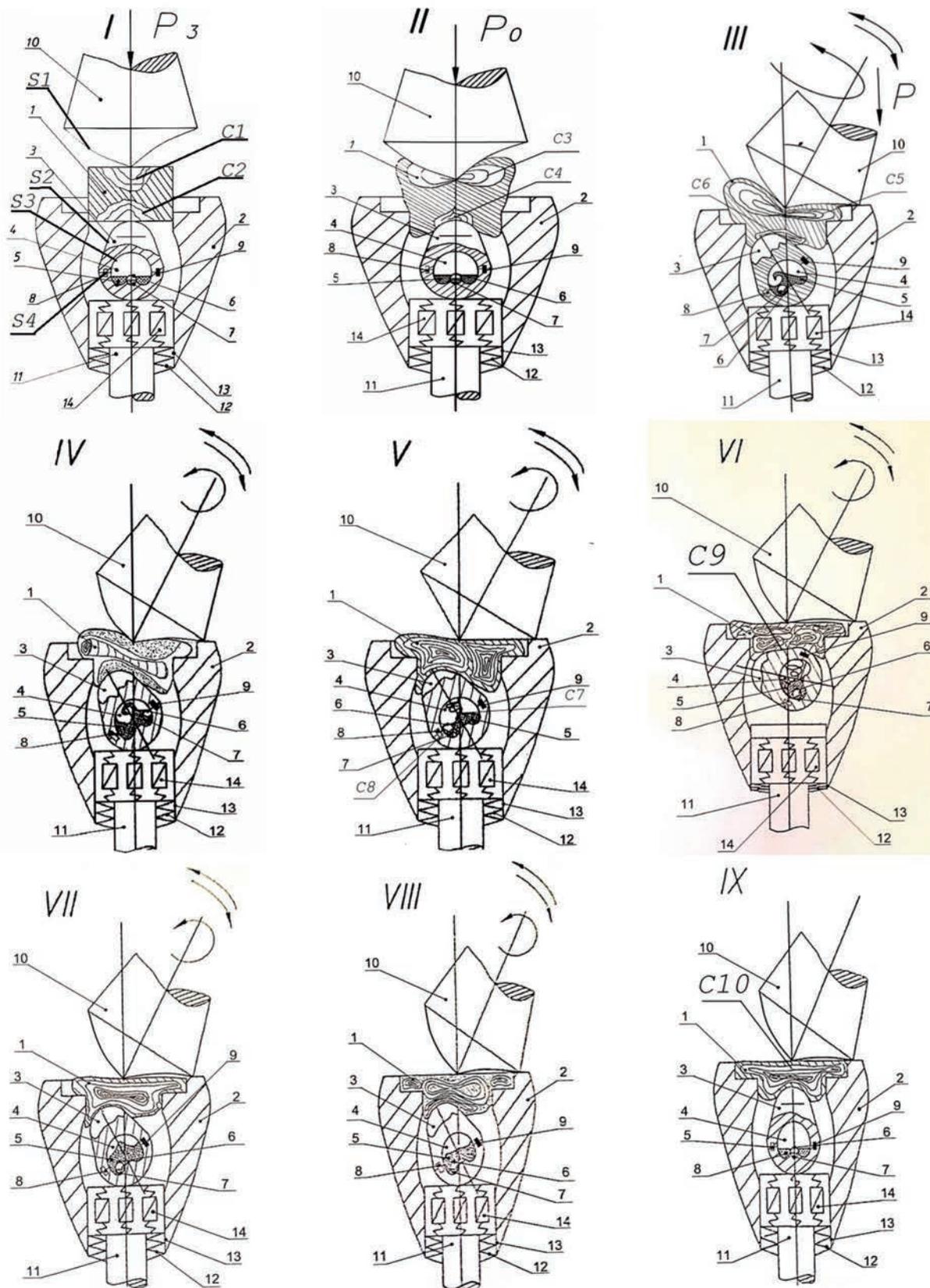


Рис. 1. Стадии состояний сферосистемы:

1 – заготовка; 2 – матрица; 3 – сферодин; 4 – полость; 5 – магнитная жидкость; 6 – полый резонатор; 7 – магнитная жидкость резонатора; 8 – кольцевая выемка; 9 – постоянные магниты; 10 – приводной пуансон; 11 – выталкиватель; 12 – упругий элемент; 13 – полость; 14 – датчик давления

Силовое замыкание сферосистемы производят усилием P_3 , обуславливающим время возникновения хаотических аномалий сферосистемы, при этом в материале заготовки 1 зоне её торцов формируются поля упругих напряжений C_1 и C_2 .

Анализ моделирования эффекта установил определяющую роль величины усилия замыка-

ния P_3 на время возникновения и продолжительность хаотических аномалий сферосистемы. Обозначим величину P_3 через A_1 для последующего выявления взаимосвязи с вносимыми возмущениями в сферосистему на последующих стадиях эффекта.

Стадия II

К заготовке 1 пуансоном 10 прикладывают деформирующий импульс D_f , величина которого выбиралась из соотношения.

$$D_f = (3 \dots 2) D_3 \quad (1)$$

Обозначим через A_2 величину D_f , при которой выявлены максимальные по длительности периоды хаотических аномалий сферосистемы на стадиях IV, V, VI, VII. Причём соотношение объёмов спиралеобразных зон сжимающих напряжений C_3 и C_4 существенно влияло на длительность упомянутых аномалий.

Стадия III

Происходит обработка заготовки 1 обкатным пуансоном 10 с образованием спиралеобразных «шнуров» локализации пластической деформации C_5 и C_6 от пуансона 10 и сферодина 3.

На этой стадии происходит формирование «матрицы» последующего хаотического поведения сферосистемы, вследствие встречно направ-

ленного упомянутых «шнуров», которое происходит скачкообразно из-за качаний пуансона 10 и реактивных пульсаций сферодина 3.

Обозначим через A_3 величину суммарной осевой деформации заготовки 1 до момента появления признаков деформационного резонанса на стадии IV.

Стадия IV

Однообразный звуковой тембр процесса деформирования заготовки скачкообразно переходит в режим возрастающих пульсаций с переменной частотой, что определяется как деформационный резонанс сферосистемы и является

начальной стадией развития детерминированного хаоса сферосистемы.

Обозначим через A_4 величину суммарной осевой деформации заготовки 1 на этой стадии.

Стадия V

Меняется звуковой тембр деформирования заготовки 1 от периодических пульсаций скачкообразных до хаотических ударов переменной интенсивности с различными паузами между ударами и характеризуется как взрывная неустойчивость сферосистемы. При этом к энергетике деформационного резонанса добавляются два спиральных вихря C_7 и C_8 , возникших от вращения магнитной жидкости 5 в полости 4 сферодина 3 и магнитной жидкости 7 резонатора 6.

Подобные вихри иллюстрируют образование феномена классического спирального хаоса – «турбулентное вихревое динамо» [4], переходящего из жидкой среды в контактную с ней газообразную среду.

Сферосистема на этой стадии достигает максимального уровня хаотичности, находящейся на пороге сохранения единой целостности системы.

Обозначим через A_5 величину суммарной осевой деформации заготовки 1 на этой стадии.





Стадия VI

Звуковой тембр процесса деформирования резко прерывается и сферодина 3 «левитирует» над выталкивателем 11, выполняя при этом автономные хаотические биения о торец обрабатываемой заготовки 1, формируя на нем спиралеобразные отпечатки C_9 .

Детерминированный хаос сферосистемы скачком переходит в хаотические движения сферодина 3, изменяя форму пространственно-временного континуума в зоне сферодина 3, формируя временные случайные поля, как следствие проявления новой формы детерминированного хаоса сферодина 3.

Таким образом, феномен левитирования сферодина обусловлен формированием базовой

спиральной логарифмической симметрии в виде семейства разномасштабных спиралей $C_1 \dots C_9$ и является следствием развития детерминированного хаоса в нелинейной динамической системе – сферосистеме. При этом установлено, что динамика изменения предельных возмущений на четырех стадиях эффекта (I, II, III, IV), предшествующих «левитированию» сферодина (A_1, A_2, A_3, A_4), также определена геометрией логарифмической спирали. Из этого можно заключить, что вносимые на стадии I спиральности C_1 и C_2 , пройдя многоуровневые и разномасштабные преобразования, сформировали спиралеобразный детерминированный хаос – сферодинамический хаос.

Стадии VII, VIII, IX

Последующие стадии эффекта представлены в виде хаотического биения сферодина после его падения на выталкиватель. Постепенное затухание этих биений и восстановление силового замыкания сферосистемы с готовой деталью иллюстрирует затухание сферодинамического хаоса.

Предпосылки формирования сферодинамического хаоса определены многоплановостью одновременного протекания в сферосистеме разномасштабных процессов:

- последовательность спонтанно развивающихся во времени состояний сферодинамической колебательной системы (сферосистемы);
- свободные затухающие колебания сферосистемы в состоянии её силового замыкания;
- вынужденные затухающие колебания сферосистемы после торцевой осадки заготовки;
- вынужденные нарастающие колебания сферосистемы в результате наложения встречно-направленных активных колебаний со стороны пуансона и реактивных колебаний со стороны сферодина, переводящие сферосистему в состояние динамической неустойчивости;
- сферодинамический деформационный резонанс сферосистемы;
- сферодинамическая взрывная неустойчивость сферосистемы;
- спонтанное нарушение сферодином своих

первоначальных гравитационных условий, сферодинамическое левитирование сферодина;

- хаотические биения сферодина о заготовку и выталкиватель;
- релаксационная обкатка заготовки пуансоном и сферодином;
- свободные затухающие колебания сферосистемы и готовой детали;
- спиралеобразный характер перемещения по материалу механизмов ротационной пластичности в виде пластических роторов (вихрей);
- процесс диссипации (рассеивания) энергии возмущения в материале;
- процесс аккомодации (накопления) энергии возмущения в спиралеобразных «шнурах» в условиях локализации пластической деформации;
- энергетические условия реализации эффекта Баушингера.

Одновременное прохождение во времени всех названных процессов при реализации эффекта создаёт энергетические условия образования в твёрдом теле пространственно-временного феномена в виде временного сферодинамического полевого континуума (новой формы материи с непрерывно изменяющимися свойствами во времени), для исследования которого в качестве инструмента применена эндохронная теория пластичности, использующая критерий



фиктивного внутреннего времени, создаваемого в деформируемом твёрдом теле [5].

Для определения особенностей возникновения сферодинамического хаоса в сферосистеме проведём сравнительный анализ общеизвестных признаков детерминированного хаоса нелинейных динамических систем и динамики поведения сферосистемы при реализации эффекта [6]:

1) непредсказуемость поведения системы из-за экспоненциальной расходимости траекторий перемещения соседних элементов.

Для сферосистемы это выражается в направленности спиралеподобных траекторий перемещения очагов деформации в заготовке от приводного пуансона и бесприводного сферодина в диапазоне от III до IV стадий эффекта;

2) большая чувствительность поведения элементов системы от начальных условий процесса, обуславливающая возникновение и развитие неустойчивости системы.

Для сферосистемы это выражается в прямой зависимости времени возникновения стадий: деформационного резонанса (IV) – взрывной неустойчивости (V) – левитирование сферодина от условий силового замыкания сферосистемы на I стадии;

3) состояние системы определяется вероятностным описанием хаоса ансамблей траекторий перемещения её элементов, формируемых состояние детерминизма вероятностного сочетания ансамблей.

Для сферосистемы это выражается в непрерывном увеличении ансамбля спиралеподобных траекторий перемещения её элементов, вносимых в сферосистему и формируемых в материале заготовки по стадиям реализации эффекта;

4) постоянное изменение динамики перемещения элементов системы.

Для сферосистемы этот признак очевиден

на примере скачкообразного характера изменения перемещений сферодина на первых четырех стадиях эффекта;

5) развитие ансамблей траекторий перемещения элементов на разных уровнях системы обуславливает потерю устойчивости системы и возникновение в ней резонансов.

Для сферосистемы этот признак возникает на стадии формирования деформационного резонанса и дальнейшего его развития по ходу реализации эффекта;

6) вводится понятие «стрелы времени», определяющей различные роли прошлого и будущего состояний системы, что формирует понятие необратимости времени, при этом время в хаотических системах трактуется, как хронологический ряд ансамблей траекторий.

Для сферосистемы этот признак имеет вполне конкретное выражение в динамике развития её состояний от первоначального внесения возмущений пуансоном в заготовку до стадии «левитирования» сферодина и иллюстрируется хронологическим рядом развития спиралеподобных траекторий пространственного перемещения элементов сферосистемы;

7) динамический хаос на макроуровне, включающий нарушение симметрии во времени и служащий фундаментом для описания явлений на макроуровне диссипативных систем – так называемый диссипативный хаос (переход энергии упорядоченного движения в энергию хаотического движения).

Для сферосистемы этот признак выражается в изменении масштаба спиральной симметрии от наноуровня (10^{-9} м) материала заготовки до макроуровня пространственного положения таких её элементов, как пуансон и сферодина.

Заключение

Проведён сравнительный анализ поведения сферосистемы с известными признаками реализации хаоса в нелинейных динамических системах в целях определения особенностей проявления сферодинамического хаоса, базирующегося на спиральной симметрии (вариант логарифмической спирали Бернулли), и реализующейся в диапазоне от нано до макроуровня элементов сферосистемы.

Выявлена динамика развития фактора времени в диапазоне от внутреннего времени деформируемого материала заготовки до формирования пространственно-временного континуума при левитировании сферодина, развивающегося с геометрией спиральной симметрии.





Выводы

Определены особенности проявления детерминированного хаоса в сферосистеме в виде сферодинамического хаоса. Выявлена динамика развития фактора времени при реализации эффекта сферодинамики.

Библиографический список

1. Бещеков В.Г. Сферодинамика, т. 1. – М.: Научный мир, 2018. – 499 с.
2. Джеймс Г. Хаос. – М.: Амфора, 2001. – 396 с.
3. Выгоский М.Я. Справочник по высшей математике. – М.: Наука, 1976. – 870 с.
4. Гольдштик М.Я. Турбулентное вихревое динамо // Прикладная математика и механика. – 1989. – т. 53. – Вып. 4. – С. 610–624.
5. Пригожин И.А. Хаос и природа. – М.: Наука, 1982. – 250 с.

Бещеков Владимир Глебович – д-р техн. наук, главный научный сотрудник ФГУП «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева.
Тел.: 8(495) 689-95-10. E-mail:130-110@tmnpo.ru
Beshekov Vladimir Glebovich – Doktor Nauk in Engineering, Principal Research Officer of FSUE «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasyev.
Tel.: 8(495) 689-95-10. E-mail:130-110@tmnpo.ru

Бочаров Юрий Андреевич – инженер-технолог 1 категории, ФГУП «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева.
Тел.: 8(495) 689-95-10. E-mail:130-110@tmnpo.ru
Bocharov Yury Andreevich – Category 1 Process Engineer of FSUE «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasyev.
Tel.: 8(495) 689-95-10. E-mail:130-110@tmnpo.ru

Синякова Татьяна Ивановна – инженер-технолог 1 категории ФГУП «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева.
Тел.: 8(495) 689-95-10. E-mail:130-110@tmnpo.ru
Sinjakova Tatjana Ivanovna – Category 1 Process Engineer of FSUE «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasyev.
Tel.: 8(495) 689-95-10. E-mail:130-110@tmnpo.ru

УДК 629.78

*Должанский Ю.М., Илингина А.В., Кузин А.И.
Dolzhanskiy Y. M., Ilingina A.V., Kuzin A.I.*

Ракета-носитель «Союз-5»: о производстве изделия в АО РКЦ «Прогресс»

Launch vehicle «Soyuz 5»: about the production of the article at the JSC SRC «Progress»

В статье приведены общие сведения о перспективном проекте отечественной ракеты-носителя «Союз-5» и подготовке производства изделия в АО РКЦ «Прогресс». Сформулированы предложения по обеспечению качества сварных деталей сборочных единиц изделия, выполненных сваркой трением с перемешиванием.

The paper provides general information about the promising design of the domestic launch vehicle «Soyuz-5» and manufacturing preparation of the article at the JSC SRC «Progress». Suggestions for quality assurance of welded parts of product subassembly made by friction stir welding are formulated.

Ключевые слова: ракета-носитель «Союз-5», сварка трением с перемешиванием, оборудование, инструмент, математическая модель, автоматизированная система управления.

Keywords: launch vehicle «Soyuz 5», friction stir welding, equipment, tool, mathematical model, automated control system.

«Союз-5» – двухступенчатая ракета-носитель (РН) среднего класса, способная решать достаточно широкий спектр задач и, в частности, выводить различные полезные нагрузки

на низкие околоземные орбиты, а с применением разгонных блоков – на геопереходные и геостационарные орбиты и на отлётные траектории (рис. 1).



Рис.1. «Союз-5» в полёте (дизайнерская иллюстрация)

«Союз-5» предполагается компоновать по тандемной схеме (рис. 2) и оснащать жидкостными ракетными двигателями на топливной паре кислород-нафтил с лучшими в мире на сегодня энергомассовыми характеристиками:

– РД-171МВ (АО «НПО «Энергомаш») на первой ступени ракеты;

– РД-0124МС (АО «КБХА») на второй ступени ракеты.



Рис. 2. Конструктивно-компоновочная схема РН «Союз-5»

В качестве основного конструкционного материала баков и переходных отсеков РН «Союз-5» выбран перспективный алюминиевый сплав 1580, а для сборки-сварки баков изделия в РКЦ «Прогресс» будет использоваться передовая на сегодняшний день технология сварки трением с перемешиванием (СТП), при этом впервые в практике ракетостроения СТП будет производиться на отечественном оборудовании, разработанном

ЗАО «Чебоксарское предприятие «Сеспель», которое проектирует и изготавливает три специализированных установки с комплектами специальной оснастки для каждой из них:

- установка для СТП продольных швов;
- установка для СТП кольцевых швов;
- установка для СТП меридианных и круговых швов.

В соответствии с техническим заданием установки должны обеспечивать качественную сварку листовых заготовок и плит толщиной до 30 мм.

Первая из установок уже доставлена на предприятие, а в рамках одного из этапов её приёмки в Чебоксарах успешно сварены контрольные образцы непосредственно из сплава 1580.

Сварка трением с перемешиванием является передовой прорывной технологией формирования сварных соединений листовых заготовок, однако для обеспечения свойств и качества сварных СТП-соединений здесь предъявляются крайне жесткие требования к геометрии свариваемых кромок и сборке деталей под сварку [1, 2, 3]:

– толщина свариваемых листовых заготовок должна выдерживаться достаточно строго, так как плюсовые отклонения по толщине могут приводить к существенному снижению качества сварных соединений, а в случае определённого превышения толщины свариваемых кромок относительно номинальной – к поломке типового инструмента;

– наличие зазоров между кромками свариваемых листов и их неприслегание к подложке оснастки также может приводить к снижению качества и свойств сварных соединений.

Что касается первого требования, то одним из эффективных решений проблемы может стать использование при сварке оригинального инструмента, разработанного и запатентованного ФГУП «НПО «Техномаш» [4, 5, 6].

Разработанный инструмент (типа «Bobbin-Tool») в значительной мере нивелирует влияние «плюсовых» отклонений по толщине свариваемых заготовок с сохранением регламентированной площади контакта рабочей поверхности инструмента и режимов сварки.

Новым решением в предлагаемом инстру-

менте является наличие на нижней части его корпуса дополнительного кольцевого буртика, заходная часть рабочей поверхности которого исключает влияние в процессе сварки локальных неровностей поверхностей заготовок на плотность контакта плоской части рабочей поверхности вращающегося инструмента с поверхностью заготовок. При этом практически полностью сохраняются требуемые параметры разогрева металла заготовок в зоне сварки и получение достаточного количества пластифицированного материала для формирования качественного сварного шва.

Предлагаемый инструмент (рис. 3) содержит «штатный» корпус цилиндрической формы диаметром D , на нижней части которого образована дополнительная рабочая поверхность в виде кольцевого буртика.

В зависимости от свариваемого материала (стали, алюминиевые сплавы и т.д.) и толщины свариваемых заготовок заходная часть рабочей поверхности буртика выполняется скошенной в виде фаски, радиусной поверхности или фрагмента эвольвенты левого или правого построения.

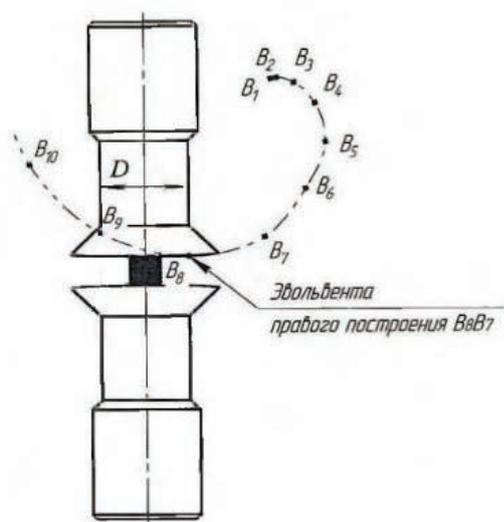


Рис. 3. Схема предлагаемого инструмента

В процессе работы инструмента «заходная» часть буртика, набегая на участки локального утолщения поверхности заготовок, разогревает и «выглаживает» их за счёт геометрии буртика, сохраняя требуемый контакт практически по всей площади рабочей поверхности инструмента.

Как показали первые опыты использования предлагаемого инструмента, диаметр буртика должен составлять не менее $(D+2s)$, где s – толщина свариваемых листовых заготовок.

Что касается наличия разной природы зазоров, то здесь необходимо разработать специальную автоматизированную систему управления процессом СТП, в которой бы отслеживались текущие зазоры и перманентно корректировались параметры режимов сварки.

При разработке подобной системы могут быть полезны, например, идеи и решения, предложенные [7], а примером реализации идеи можно, в первом приближении, считать разработанную и внедренную во ФГУП «НПО «Техномаш» адаптивную систему оперативного контроля геометрии остаточного полотна при фрезеровании вафельного фона на крупногабаритных обечайках изделий ракетно-космической техники (РКТ) [8], которая в режиме «on-line», замеряет текущую толщину заготовки и задаёт глубину фрезерования, обеспечивающую требуемую толщину так называемого «остаточного полотна», гарантированно обеспечивающую предъявляемые к изделию требования по прочности и жёсткости.

Выводы

Таким образом, в качестве проблемных аспектов обеспечения качества сварных соединений при СТП в производстве, в том числе ДСЕ РН «Союз-5», следует считать:

1. Локальный «on-line» контроль геометрии заготовок и их размещения в сборочно-сварочных установках.
2. Разработку математических моделей си-



стемы «геометрия стыка – режимы сварки – свойства сварного соединения».

3. Разработку автоматизированной системы управления режимами СТП в обеспечение тре-

буемого качества и свойств сварных соединений с учётом результатов «on-line» локального контроля геометрии заготовок и их размещения в сборочно-сварочных установках.

Библиографический список

1. Ашихин Д.С., Беркутов И.В., Степанова К.А. и др. Анализ факторов, определяющих качество сварных стыковых алюминиевых соединений, полученных сваркой трением с перемешиванием // Технология машиностроения. – 2018. № 7. – С. 18–23.

2. Ашихин Д.С., Беркутов И.В., Степанова К.А. и др. Обеспечение качества стыковых алюминиевых соединений, полученных сваркой трением с перемешиванием // Технология машиностроения. – 2018. № 8. – С. 41–47.

3. Ашихин Д.С., Беркутов И.В., Степанова К.А. и др. Исследование степени влияния изменения параметров «толщина» и «зазор» на качество стыковых сварных соединений, полученных сваркой трением с перемешиванием // Сварочное производство. – 2018. № 9. – С. 15–22.

4. Вайцехович С.М., Власов Ю.В., Должанский Ю.М., Илингина А.В. и др. Разработка инструмента для фрикционной сварки с перемешиванием // Вестник «НПО «Техномаш». – 2020. № 2. – С. 14–20.

5. Бараев А.В., Вайцехович С.М., Должанский Ю.М., Илингина А.В. и др. Совершенствование инструмента для сварки трением с перемешиванием // Сварочное производство. – 2020. № 6. – С. 11–13.

6. Патент на полезную модель № 200 601 РФ, СПК В23К 20/12 (2020.02) Инструмент для фрикционной сварки с перемешиванием / Вайцехович С.М., Власов Ю.В., Должанский Ю.М. и др. (Россия); заявитель и патентообладатель ФГУП «НПО «Техномаш». № 2020 104 975; от 04.02.2020; опубл. 30.10.2020. Бюл. № 31.

7. Ашихин Д.С., Беркутов И.В., Прохорович В.Е. Разработка средств измерения толщины свариваемых кромок и зазора между свариваемыми кромками и подкладной линейкой при сварке трением с перемешиванием топливных баков изделия «Ангара» // Территория NDT. – 2017. №1. – С. 22–25.

8. Адаптивная система с пневмо-датчиком для оперативного контроля геометрии остаточного полотна при фрезеровании вафельного фона на крупногабаритных обечайках изделий РКТ // ФГУП «НПО «Техномаш». – Информационный паспорт № 136/14. – 2014. – 5 л., инв.ТМБД.П.-1.114.

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

Тел.: 8 (495) 689-97-04, доб. 24-27. E-mail:

Dolzhansky.Yu@tmnpo.ru

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

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

Dolzhansky.Yu@tmnpo.ru

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

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

tmnpo.ru

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

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

tmnpo.ru

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

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

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

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

УДК 658.512.25:658.518.3

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

К вопросу прогнозирования показателей качества и надежности перспективных конструкторско-технологических решений

On the issue of quality and reliability data prediction of promising design and technological solutions

Отмечено определяющее значение прогнозирования показателей качества и надежности в системе формирования конструкторско-технологических решений на ранних стадиях разработки изделий ракетно-космической техники. Представлены методическая схема и типовой алгоритм реализации единого подхода к формированию перспективных конструкторско-технологических решений на всех уровнях декомпозиции в условиях неполноты информации на ранних стадиях жизненных циклов изделий ракетно-космической техники.

The decisive importance of quality and reliability data prediction in the design and technological decision-making system at the early stages of aerospace equipment products development is noted. A methodical scheme and a typical algorithm for the implementation of a unified approach to the generation of advanced design and technological solutions at all decomposition levels in conditions of incomplete information at the early stages of the life cycles of aerospace equipment products are presented.

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

Keywords: design and engineering solution, aerospace equipment, quality, reliability.

Введение

При формировании перспективных конструкторско-технологических решений (КТР) на ранних стадиях жизненных циклов изделий (ЖЦИ) ракетно-космической техники (РКТ) центральное место занимает проблема обеспечения достижения показателей качества и надежности не ниже передовых отечественных и мировых аналогов. Под формированием КТР понимается сложная система мероприятий по модернизации действующих или проектированию новых КТР, включающая постановку, описание и итеративное уточнение целей (передовых значений показателей качества и надежности), задач и критериев, а также синтез вариантов КТР и выбор из них наиболее рационального. Поскольку в условиях неполноты информации на ранних стадиях ЖЦИ РКТ система формирования КТР относится к классу слабоструктурированных, то определяющее значение с точки зрения сокращения

итераций формирования (уточнения) КТР и по степени влияния на последующие стадии ЖЦИ РКТ имеет задача прогнозирования показателей качества и надежности [1, 2].

Поскольку на ранних стадиях ЖЦИ РКТ нечеткость принимаемых решений по КТР приводит к значительным затратам времени и средств, то основным направлением сокращения длительности цикла и затрат является внедрение отраслевой интегрированной системы технологического обеспечения разработки и постановки на производство изделий РКТ на базе массивов типовых КТР [3, 4].

С учетом особенностей процесса управления созданием сложной наукоемкой техники и технологии в рамках данного подхода задача формирования КТР рассматривается не фрагментарно, а как единая для ранних и последующих стадий ЖЦИ РКТ. Методическая схема расчленен-



ного (итерационного) решения основной задачи представляется в виде нечеткой двухуровневой иерархической системы, обеспечивающей её последовательно-параллельное решение [4].

Декомпозиции задачи формирования на первом уровне при постановке вариантов КТР в виде подзадач, целей, условий и ограничений, критериев предпочтения обеспечивают прогнозирование определяющих параметров расчетных моделей, значения которых зависят от уровня (темпа) научно-технического прогресса; значений показателей, определяющих области возможных решений, целевую эффективность и трудоемкость, а также предельных значений показателей, используемых при определении ТУ системы и подсистем.

На втором уровне осуществляется синтез вариантов декомпозиции КТР, их согласование по критериям предпочтения и выбор наиболее рационального варианта КТР на основе оптимизации показателей качества и надежности $(P_i), P_i(t)$ при заданном суммарном научно-техническом уровне проекта $TU_{\Sigma ад} = f_{\Sigma}(T_i)$.

С точки зрения сокращения цикла и затрат на формирование КТР определяющее значение имеет первый уровень, где осуществляется прогнозирование показателей качества и надежности.

Методическая схема и типовой алгоритм процесса управления формированием перспективных КТР

Формирование перспективных КТР под будущее изделие РКП формируется по методической схеме:

1. На первом уровне (исходные данные процесса) конструкторы задают параметры качества и надежности базовых элементов конструкции нового изделия $(P_i), P_i(t)$, по которым будет вестись оценка вариантов их изготовления.

2. Формируется перечень изделий-аналогов $G(t_{np})$ и изделий мирового уровня, включая структуру КТР и производства, которые формируют множество возмущающих факторов случайной и неслучайной природы, непосредственно влияющих на уровни показателей $(P_i), P_i(t)$ изделий данного класса (вида, типа, конструктивного ряда) и их составных частей (элементов, деталей, узлов, агрегатов, блоков и т.д.)

3. Осуществляется исследование статистического поведения показателей качества и надежности как функции применяемых КТР $(P_i) = f_1(T_i), P_i(t) = f_2(T_i)$ и ретроспективный сравнительный анализ показателей качества и надежности изделий данного класса и изделия мирового уровня на установленных временных интервалах упреждения равным планируемому времени разработки t_{np} . Определяется естественная тенденция статистического поведения каждого конкретного показателя качества и надежности на данном интервале упреждения для отечественных изделий и изделий мирового уровня.

4. По выявленной системе отклонений показателей от мирового уровня проводится анализ массивов КТР производственной базы предприятий РКП и выявление системы технологических проблем:

- устаревшее оборудование, СТО, необходимость отработки новых режимов;
- необходимая модернизация оборудования и СТО;
- необходимая разработка модернизированных способов и методов, совокупностей методов в переделах или принципиально новых технологий.

5. На основании данных системы технологических проблем проводится формирование перечня технологических НИР по обоснованию прорывных технологий и определение прогнозных значений показателей $(P_i), P_i(t)$ изделий данного класса на установленных временных интервалах упреждения равным планируемому времени разработки $t_{\bar{v}}$. Отбираются для дальнейшего сравнения и выбора варианты НИР по критерию обеспечения надежности не ниже заданного $(P_i) \geq P_{i\text{зад}}(t_{np})$ и качества не ниже мирового $(P_i) \geq P_{i\text{зад}}$.

6. На втором уровне проводится прогнозирование показателей C_{pkm} и оптимизация состава технологических НИР по критерию $C_{pkm} \rightarrow \min$. Из сформированных вариантов системы прорывных исследований отбирается наиболее эффективный по критерию минимальной стоимости реализации проекта развития многономенклатурной группы изделий системы заданного типа:

$$\begin{aligned}
 C_{ркт} &\rightarrow \min \\
 (P_i) &\geq P_{i\text{зад}}(t_{пр}); \\
 (П_i) &\geq П_{i\text{зад}}; \\
 ТУ_{\Sigma} &\geq ТУ_{\Sigma\text{зад}}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Выводы

1. Предложенный подход существенно отличается от применявшихся ранее, основанных на моделях задач целочисленного программирования и предполагающих итеративный перебор всех возможных вариантов КТР. паратом структурной декомпозиции и уточнения вариантов КТР, согласования и выбора на основе метода порогов несравнимости обеспечивает единый подход к формированию массива эффективных КТР на всех уровнях декомпозиции в условиях неполноты информации на ранних стадиях ЖЦИ РКП.
2. Применение методов прогнозирования $(П_i), P_i(t), t_{пр}, ТУ_{\Sigma\text{зад}}, C_{ркт}$ в сочетании с ап-

Библиографический список

1. Касаев К.С., Полтавец Г.А., Булавкин В.В. Системный подход к сложным техническим объектам / Энциклопедия – новые наукоемкие технологии в технике, том 10. – М.: ЭНЦИТЕХ, 1997. – 452 с.
2. Полтавец Г.А. Глобальная модель трехуровневой сложной системы / Вестник МАИ. – М.: Изд-во МАИ. – 2012 – том 19. – №3. – С. 62-75.
3. Матвеев Ю.А. Методы прогнозирования характеристик летательных аппаратов. – М.: МАИ, 2004. – 79 с.: ил.
4. Пантелеев К.Д. Структурная декомпозиция, синтез и многокритериальный выбор альтернатив при формировании производственных систем // Вестник машиностроения. – 2008. – №4. – С. 81–84.

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

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





УДК 658.562.3

Кондратенко А.Н.
Kondratenko A.N.

Технологический аудит и планирование инвестиционных проектов государственных и федеральных целевых программ

Process audit and planning of investment projects of state and federal target programs

Разработана методика проведения технологического аудита производств предприятий ракетно-космической промышленности и отбора первоочередных новых инвестиционных проектов, необходимых для обеспечения безусловного выполнения целевых задач государственных программ, основанная на объективных критериях оценки производства этих предприятий.

The strategy of carrying out process audit of aerospace industry enterprises and selection of priority new investment projects required to ensure unconditional fulfillment of target tasks of state programs, based on objective criteria of these enterprises production is developed.

Ключевые слова: капитальные вложения, критерии, методика, технологии, технологический аудит, инвестиционные проекты, реконструкция и техническое перевооружение, ракетно-космическая промышленность.

Keywords: capital investments, criteria, strategy, technologies, process audit, investment projects, modernization and technical re-equipment, aerospace industry.

Технологическая модернизация, реконструкция и техническое перевооружение (РиТП) космической инфраструктуры, в том числе производственно-технологических мощностей предприятий ракетно-космической промышленности (РКП) проводятся в целях безусловного выполнения целевых задач государственной программы «Космическая деятельность России» (ГП КДР) и государственной программы вооружения (ГПВ) в рамках разделов «Капитальные вложения» ГП КДР и государственных программ «Развитие оборонно-промышленного комплекса» (ГП ОПК) в части РКП [1–3]. Статьей 18 пунктом I закона Российской Федерации «О космической деятельности» [4] и приложением к постановлению Правительства Российской Федерации «О лицензировании космической, деятельности» [5] определено понятие космической инфраструктуры и дан перечень относящихся к ней объектов.

Для современного этапа развития РКП особенности планирования, инвентаризации и ме-

тодические подходы рассмотрения и отбора мероприятий по реконструкции, техническому перевооружению предприятий и технологическим научно-исследовательским опытно-конструкторским работам (НИОКР), включаемые в программные мероприятия ГП КДР и федеральную целевую программу (ФЦП) в части производственно-технологического развития РКП, рассмотрены в [1–3, 6].

В [1–3, 6] и в нормативных документах [7–9] за основу взята методология экспертных оценок при отборе мероприятий по инвестиционным проектам (ИП) и НИОКР для включения в состав программных мероприятий разрабатываемых разделов «Капитальных вложений» ГП КДР и ФЦП.

В данной статье разработана методика проведения технологического аудита производств предприятий РКП и отбора первоочередных новых ИП по РиТП для включения в планируемые программные мероприятия в период времени $T_1 \leq T \leq T_2$, основанная на объективных



(не экспертных) критериях и показателях оценки производственно-технологического потенциала предприятий РКП, необходимых для безусловного выполнения целевых задач государственных программ в плановый период $T_1 \leq T \leq T_2 + 1$ (например, позволяющих оценить возможность выпуска и испытаний образцов вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ) по ГПВ, без реализации новых ИП). В методике за основу принят бинарный принцип определения значений критериев.

Предполагается, что в рассматриваемый плановый период $T_0 \leq T < T_2$ в период времени $T_0 \leq T < T_1$ реализуются только переходящие ИП – Nrb_{12} ИП, а новые ИП не начинаются. Завершение планового периода действующей или новой государственной программы (ГП), в обеспечение решения целевых задач которых проводится подготовка производства и экспериментально-испытательной базы предприятий РКП, соответствует $T_2 + 1$ году. На период $T_1 \leq T \leq T_2$ годов предварительно сформирован перечень Nnb_{12} новых ИП. Цель технологического аудита производств – определение необходимости и целесообразности реализации ИП по РиГП производств, начало которых запланировано в период $T_1 \leq T \leq T_2$ годов. Основными задачами, требующими решения в ходе технологического аудита производств, являются:

- актуализация (установление) необходимости и целесообразности реализации РиГП по Nnb_{12} ИП, начало которых запланировано в период $T_1 \leq T \leq T_2$ годов, в том числе выявление ИП, утративших свою актуальность;

- проведение комплексного исследования производственно-технологических мощностей предприятий РКП, подлежащих РиГП по ИП ГП до $T_2 + 1$;

- оценка возможности выпуска и испытаний образцов РКТ, законтрактованных в целях выполнения заданий ГП до $T_2 + 1$ года, без реализации новых ИП;

- подготовка актуализированного перечня из Nna_{12} ИП, необходимого для реализации в рамках раздела «Капитальные вложения» ГП КДР или ГП ОПК в обеспечение безусловного выполнения ГП КДР или ГПВ.

Перечень Nna_{12} ИП разрабатывается только на основе предварительно запланированных

к реализации новых Nnb_{12} ИП по состоянию на $T = T_0$ год. К реализации в программном периоде $T_0 \leq T \leq T_2 + 1$ принимаются все переходящие Nrb_{12} ИП.

Основными документами, регламентирующими цели и задачи технологического аудита производств предприятий РКП, подлежащих РиГП по ИП, реализуемым в рамках раздела «Капитальные вложения» ГП КДР или ГП ОПК, являются нормативные документы в области развития ОПК и военно-технической политики Российской Федерации [10, 11], в области космической деятельности [12], Госкорпорации «Роскосмос» – приказ от 21.05.2018 №153 [13].

Основные показатели, используемые при проведении технологического аудита производств предприятий РКП, подлежащих РиГП по ИП, начало которых запланировано в период $T_1 \leq T \leq T_2$ годов:

- а) целевая направленность ИП (обеспечение выполнения постановлений Правительства Российской Федерации и указов Президента России, обеспечение необходимых условий создания и производства образцов РКТ, обеспечение переоснащения предприятий, в том числе замена устаревшего технологического оборудования и др.);

- б) соответствие образцам РКТ и срокам их создания (производства) с учетом приоритетов планирования и реализации ГП КДР или ГПВ;

- в) «критичность» ИП для обеспечения создания и (или) серийного производства образцов РКТ (необходимость наращивания объемов серийного производства РКТ, обеспечение достижения требуемых ТТХ, импортозамещение и др.);

- г) экономическая эффективность реализации ИП (возможность диверсификации создаваемых производственных мощностей, ожидаемое изменение цены продукции, ориентация ИП на повышение эффективности, рентабельности и финансовых показателей предприятия, снижение трудоемкости и др.);

- д) отсутствие дублирующих незагруженных производственно-технологических и испытательных мощностей в РКП;

- е) возможность реализации заданий ГП КДР или ГПВ без реализации ИП;



ж) степень соответствия производственно-технологических мощностей предприятия после реализации ИП или нескольких ИП оптимальному (рациональному, эффективному и т.п.) составу производства для обеспечения выполнения заданий ГП КДР или ГПВ;

з) способность обеспечения безусловного выполнения заданий ГП. В учет принимаются только задания ГП КДР или ГПВ, на обеспечение которых направлены ИП.

Документы и исходные данные, необходимые для проведения технологического аудита производств предприятий РКП и отбора первоочередных новых ИП для включения в планируемые программные мероприятия в период времени $T_1 \leq T \leq T_2$, реализация которых необходима для безусловного выполнения целевых задач ГП в плановый период $T_1 \leq T \leq T_2 + 1$:

1) номенклатурный и количественный ежегодный состав серийных (мелкосерийных) изделий РКТ и ОКР по ГП КДР или ГПВ, для создания и выполнения которых реализуются и запланированы к реализации новые ИП по капитальным вложениям. Предельно необходимые годовые объемы производства РКТ;

2) номенклатурный и количественный ежегодный состав изделий, выпускаемых (испытываемых), планируемых к производству и испытаниям изделий для выполнения ГП КДР или ГПВ;

3) справочные материалы, включающие:

– оценку «критичности» (обеспечение увеличения объемов производства, обеспечение импортозамещения, достижения требуемых тактико-технических характеристик, обеспечение требуемых качества и надежности и др.) ИП к образцам РКТ, срокам их создания (серийного производства) в соответствии с приоритетами планирования и реализации ГП КДР или ГПВ;

– оценку влияния ИП на обеспечение тактико-технических характеристик изделий, подготовки и стабильности (включая вопросы импортозамещения) производства образцов РКТ;

– данные о возможном наличии аналогичных производственных мощностей на других предприятиях ОПК;

4) полная номенклатура, количество, возрастной состав, начальная и остаточная стоимость (с указанием года, в ценах которого указывается

стоимость), загрузка (по фактической эксплуатации) производственно-технологического оборудования, которое может быть использовано для выполнения производственной программы или программы испытаний в обеспечение выполнения заданий ГП. Требуется информация по всему оборудованию, которое может быть по своим функциональным характеристикам применено при выполнении производственной программы для ГП КДР или ГПВ, но, например, используется для выполнения других программ и коммерческих заказов. Производственно-испытательное оборудование указывается с привязкой к зданиям (цехам);

5) основные технологии и технологические переделы при создании и (или) производстве изделий, испытаниях;

6) минимально необходимый номенклатурный и количественный состав производственно-технологического и испытательного оборудования (рассчитывается и принимается за оптимальный состав оборудования при имеющихся бюджетных и внешних санкционных ограничениях на поставки оборудования и технологий иностранных государств), а также соответствующее количество основных производственных рабочих и испытателей для обеспечения выполнения заданий ГП КДР или ГПВ. Планируемая загрузка оборудования. Расчет станкочасов (станко/часы) и трудоемкости при выпуске единицы продукции по заданиям ГП КДР или ГПВ;

7) привязка минимально необходимого номенклатурного и количественного состава производственно-технологического и испытательного оборудования к основным применяемым технологиям, а также к технологическим переделам;

8) номенклатурный и количественный состав производственно-технологического и испытательного оборудования, который подлежит техническому перевооружению (с указанием замены и причины). Привязка оборудования из состава технического перевооружения в ИП к основным применяемым технологиям, а также к технологическим переделам. Эти данные проверяются на предмет необходимости и достаточности планируемых мероприятий по техническому перевооружению и технологической модернизации;

9) полный номенклатурный и количественный состав производственно-технологического и испытательного оборудования, используемый для выполнения заданий ГП КДР или ГПВ, после реализации ИП. Планируемая загрузка оборудования. Расчет станкочемкости и трудоемкости (по производственным возможностям – чел./ч.) при выпуске единицы продукции по заданиям ГП КДР или ГПВ. Указывается оборудование по результатам технического перевооружения, а также необходимое оборудование, которое не входило в состав ИП, но имеющееся на предприятии;

10) состав зданий и сооружений, обеспечивающих инженерные коммуникации и системы, подлежащие реконструкции (новому строительству) – с указанием износа, года ввода в эксплуатацию, года последней реконструкции (капитального ремонта), полной учетной и остаточной стоимости (с указанием года, в ценах которого указывается стоимость), основных причин и направлений реконструкции;

11) оценка технико-экономической эффективности реализации ИП (возможность диверсификации создаваемых производственных мощностей, ожидаемое изменение цены продукции, повышение эффективности, рентабельности и финансовых показателей предприятия, снижение трудоемкости, импортозамещение,

планируемая загрузка производственно-технологических мощностей, достигаемый технический уровень производств и др.);

12) обоснования экономической целесообразности (ОЭЦ) ИП и заключения профильных экспертных организаций, а также материалы технологического и ценового аудитов (при наличии).

Документы и исходные данные по пункту 1) представляются государственным заказчиком или головным заказчиком-координатором ГП КДР или ГПВ, по пунктам – 2)–12) представляются обследуемыми предприятиями в экспертную организацию (ЭО) или рабочий орган, которые проводят проверку исходных данных, расчетов и технологический аудит обследуемых предприятий, и актуализацию перечня новых ИП.

Далее рассмотрим критерии и этапы проведения технологического аудита производств предприятий РКП, подлежащих РИТП по ИП, и отбора первоочередных новых ИП для включения в планируемые программные мероприятия в период времени $T_1 \leq T \leq T_2$.

Технологический аудит проводится после представления обследуемыми предприятиями и государственным заказчиком или заказчиком-координатором ГП документов и исходных данных 1)–12).

I этап

Оценка актуальности ИП и целесообразности проведения технологического аудита производств предприятия (организации) по следующим критериям:

– критерий a_1 – соответствие целей и задач ИП конкретному образцу РКТ;

– критерий a_2 – «критичность» ИП для обеспечения создания и (или) серийного производства образцов РКТ;

– критерий a_3 – привязка к срокам создания (производства) образцов РКТ в соответствии с приоритетами планирования и реализации ГП КДР или ГПВ;

– критерий a_4 – отсутствие дублирующих незагруженных производственно-технологических и испытательных мощностей в РКП;

– критерий B – необходимость проведения технологического аудита ($B=0$ – технологи-

ческий аудит не проводится, $B>0$ – необходимо проводить технологический аудит);

– критерий I_1 – целесообразность реализации ИП ($I_1=0$ – ИП реализовывать в рамках раздела «Капитальные вложения» ГП КДР или ГП ОПК нецелесообразно, $I_1>0$ – целесообразно проводить реализацию ИП в рамках раздела «Капитальные вложения» ГП КДР или ГП ОПК).

Если цели и задачи ИП соответствуют разработке и (или) производства образцов РКТ принимается $a_1=1$ (в противном случае $a_1=0$).

Если ИП удовлетворяет условию «критичности» для обеспечения создания и (или) серийного производства образцов РКТ принимается $a_2=1$ (в противном случае $a_2=0$).

Если сроки реализации ИП соответствуют или меньше сроков создания (готовности производства) образцов РКТ в соответствии с



приоритетами планирования и реализации ГП КДР или ГПВ, показатель $a_3=1$ (в противном случае $a_3=0$).

Если дублирующие незагруженные производственно-технологические и испытательные мощности в РКП отсутствуют, принимается $a_4=1$ (в противном случае $a_4=0$).

По результатам оценки актуальности и реализуемости ИП осуществляется подготовка предложений по порядку и необходимости проведения технологического аудита:

– в случае, когда $a_1, a_2, a_3, a_4=1$ – технологический аудит проводится и $B=1$;

– если хотя бы один из критериев $a_1, a_2=0$, принимается $B=0$ – технологический аудит не проводится, принимается решение о нецелесообразности реализации ИП в рамках раздела «Капитальные вложения» ГП КДР или ГП ОПК – $I_1=0$;

– если $a_1, a_2, a_3, a_4=1$ – технологический аудит проводится и $B=1$, если $a_1, a_2, a_3=1$, $a_4=0$ – про-

водится технологический аудит на предприятии с запланированным ИП и на предприятии (или на нескольких предприятиях) где имеются дублирующие незагруженные мощности – $B=2$, решение о целесообразности реализации ИП принимается на основании анализа критериев a_5-a_{10} ;

– если $a_1, a_2=1$, $a_3=0$, $a_4=1$ – технологический аудит проводится и $B=1$, при этом решение по уточнению плановых показателей ИП принимается на основании анализа критериев a_5-a_{10} ;

– если $a_1, a_2=1$, $a_3=0$, $a_4=0$ – проводится технологический аудит на предприятии с запланированным ИП и на предприятии (или на нескольких предприятиях), где имеются дублирующие незагруженные мощности – $B=2$, при этом решение по уточнению плановых показателей ИП или нецелесообразности его осуществления принимается на основании анализа критериев a_5-a_9 на обоих (или на нескольких предприятиях) обследуемых предприятиях.

II этап. Проведение технологического обследования предприятий РКП, для которых планируются Nnb_{12} новых ИП

Не рассматриваются предприятия и ИП, для которых $I_1=0$.

В ходе проведения технологического обследования экспертами ЭО рассматривается вся (полная) номенклатура технологий, применяемых при создании, производстве изделий в обеспечение выполнения заданий ГП КДР или ГПВ, определяется минимально необходимый номенклатурный и количественный состав производственно-технологического и испытательного оборудования, основных производственных рабочих при создании или производстве изделий в обеспечение выполнения заданий ГП КДР или ГПВ, анализируется состояние и наличие соответствующих основных мощностей и производственного персонала предприятия до и после реализации ИП, проверяются расчеты показателей технико-экономической эффективности ИП, в том числе проводится оценка степени соответствия производственно-технологических мощностей предприятия после реализации ИП или нескольких ИП оптимальному (рациональному, эффективному и т.п.) составу производства для обеспечения выполнения заданий ГП КДР или ГПВ, а также проводится оценка способности обеспечения безусловного выполнения заданий

ГП КДР или ГПВ до и после реализации ИП.

Оценка производственно-технологического состояния предприятия (организации) до и после реализации ИП, обеспечивающего выполнение заданий ГП КДР или ГПВ, проводится по следующим критериям:

– **критерий a_5** – степень соответствия производственно-технологических мощностей предприятия оптимальному составу производства для обеспечения выполнения заданий ГП КДР или ГПВ (доля имеющегося оборудования в пределах нормативного срока эксплуатации в общем количестве оптимального состава оборудования) до реализации ИП или нескольких ИП;

– **критерий a_{51}** – доля отсутствующего оборудования в общем объеме оборудования, необходимого для выполнения заданий ГП КДР или ГПВ при существующих технологиях производства до реализации ИП;

– **критерий a_{52}** – доля имеющегося оборудования в пределах нормативного срока эксплуатации в общем количестве состава оборудования, имеющегося на предприятии и необходимого для выполнения заданий ГП КДР или ГПВ до реализации ИП;

– критерий a_{53} – оценка возможности эксплуатации зданий и сооружений без реконструкции до реализации ИП (возможна эксплуатация, в том числе с проведением плановых ремонтов – $a_{53}=1$, в противном случае $a_{53}=0$);

– критерий a_6 – способность обеспечения предприятием безусловного выполнения заданий ГП КДР или ГПВ до реализации ИП (доля гарантированного выполнения производственной программы для обеспечения выполнения заданий ГП КДР или ГПВ);

– критерий a_7 – степень соответствия производственно-технологических мощностей предприятия после реализации ИП или нескольких ИП оптимальному (рациональному, эффективному и т.п.) составу производства для обеспечения выполнения заданий ГП КДР или ГПВ (доля имеющегося оборудования в пределах нормативного срока эксплуатации в общем количестве оптимального состава оборудования);

– критерий a_8 – способность обеспечения предприятием безусловного выполнения заданий ГПВ после реализации ИП (доля гаранти-

рованного выполнения производственной программы для обеспечения выполнения заданий ГП КДР или ГПВ);

– критерий a_9 – технико-экономическая эффективность реализации ИП – $a_9=(a_{901}+a_{902}+a_{903}+a_{904})/4$, если $a_9 \geq 0,5$ – ИП экономически эффективен, в противном случае $a_9 < 0,5$ – ИП экономически не эффективен, здесь:

$a_{901}=1$, если трудоемкость производства снижается более чем на 10%, в противном случае $a_{901}=0$;

$a_{902}=1$, если цена единицы продукции снижается более чем на 10%, в противном случае $a_{902}=0$;

$a_{903}=1$, если обеспечивается $a_{93}+a_{94} \geq 0,8$, в противном случае $a_{903}=0$, где $a_{93}=T/100$, T – загрузка оборудования в % при односменной работе, $a_{94}=T_0/100$, T_0 – загрузка оборудования в % при односменной работе при его диверсификации (использовании для производства других видов продукции);

$a_{904}=1$, если после РИТИ технический уровень T_y производства соответствует или выше мирового уровня, в противном случае $a_{904}=0$.

III этап. Выработка рекомендаций по порядку дальнейшей реализации ИП по результатам проведения технологического обследования производств предприятий РКП, подлежащих РИТИ по ИП, реализуемым в рамках раздела «Капитальные вложения» ГП КДР или ГП ОПК, начало которых запланировано в период $T_1 \leq T \leq T_2$ годов

По результатам оценки актуальности ИП и целесообразности проведения технологического аудита производств предприятия (организации), а также проведения технологического аудита производств предприятий РКП, подлежащих РИТИ по ИП, реализуемым в рамках раздела «Капитальные вложения» ГП КДР или ГП ОПК, осуществляется подготовка предложений по порядку дальнейшего выполнения ИП:

для ИП, у которых по результатам I этапа работы ЭО $I_1=0$ принимается решение о нецелесообразности реализации ИП в рамках раздела «Капитальные вложения» ГП КДР или ГП ОПК – ИП не включается в актуализированный перечень ИП, необходимый для реализации в рамках раздела «Капитальные вложения» ГП КДР или ГП ОПК в обеспечение безусловного выполнения заданий ГП КДР или ГПВ.

Рассмотрение ситуации на III этапе до реализации ИП.

Для ИП, у которых показатель необходимости проведения технологического аудита $B=1$.

Если $a_5=1$, то ИП нецелесообразно реализовывать в части технического перевооружения, проводится оценка a_{53} :

– при $a_{53}=1$ – возможна эксплуатация, в том числе с проведением плановых ремонтов, принимается $a_6=1$ – ГП КДР или ГПВ безусловно реализуема без реализации ИП, оценка других критериев далее не требуется, ИП не включается в актуализированный перечень ИП;

– при $a_{53}=0$ – невозможна эксплуатация, в том числе с проведением плановых ремонтов, принимается $a_6=0$ – ГП КДР или ГПВ безусловно нереализуема, требуется реализация ИП толь-



ко в части реконструкции, в случае необходимости проводится корректировка ИП и откорректированный ИП включается в актуализированный перечень ИП.

В случае $a_5 < 1$ проводится оценка a_{51}, a_{52}, a_{53} :
– при $a_{53} = 1$:

если $a_{51} > 0$, то реализуется $a_6 = 0$ и $I_1 = 2$ – ИП целесообразно реализовывать с плановыми показателями;

если $a_{51} = 0$, то рассматриваются две ситуации для a_{52} :

а) при $a_{52} < 1$ реализуется $a_6 = 0$ и $I_1 = 2$ – ИП целесообразно реализовывать с плановыми показателями;

б) при $a_{52} = 1$ реализуется $a_6 = 0$ и $I_1 = 1$ – ИП целесообразно реализовывать с поэтапной реализацией (на первом этапе закупается недостающее оборудование), в том числе в установленные сроки, либо рассматривается корректировка стоимости ИП с уменьшенным составом закупаемого нового оборудования;

– при $a_{53} = 0$ ситуация соответствует $a_6 = 0$ и $I_1 = 2$ – ИП необходимо реализовывать с плановыми показателями.

Для ИП, у которых показатель необходимости проведения технологического аудита $B = 2$.

Если $a_5 = 1$ хотя бы для одного из обследуемых предприятий, то $I_1 = 0$ – ИП нецелесообразно реализовывать, $a_6 = 1$ – ГП КДР или ГПВ безусловно реализуема без реализации ИП.

В противном случае оцениваются затраты A_{oi} на РиТП для i предприятий, предполагаемых для проведения технологического аудита. Оценка затрат на РиТП проводится предприятием, на котором планируется реализация ИП, и предприятиями с дублирующими мощностями. Для дальнейшего рассмотрения выбирается предприятие с наименьшим A_{oi} , для которого реализуется $A_{oi} \leq 0,95 \times A_{oi}$, в противном случае технологический аудит и рассмотрение вопросов актуальности ИП проводится для предприятия с запланированным ИП со стоимостью A_{oi} в действующем разделе «Капитальные вложения» ГП КДР или ГП ОПК. Здесь A_{oi} – стоимость РиТП, на предприятии с запланированным ИП в действующем разделе «Капитальные вложения» ГП КДР или ГП ОПК.

Далее рассмотрение проводится аналогично случаю ИП, у которых показатель необходимости проведения технологического аудита $B = 1$.

Рассмотрение ситуации на III этапе после реализации ИП.

Рассматривается критерий достижения целей и задач ИП.

Если $a_7 = 1$, то $a_8 \geq 1$ – задания ГП КДР или ГПВ безусловно реализуемы. В зависимости от значения критерия a_9 делается заключение:

– при $a_9 \geq 0,5$ – ИП экономически эффективен, создано современное производство, $a_8 = 2$;

– при $a_9 < 0,5$ – $a_8 = 1$ – ГП КДР или ГПВ безусловно реализуема, ИП экономически не эффективен, требуется дальнейшее совершенствование производства за счет собственных или других внебюджетных финансовых средств.

Если $a_7 < 1$, то $a_8 = 0$ – задания ГП КДР или ГПВ безусловно не реализуемы, цели и задачи РиТП не достигнуты, ГП КДР или ГПВ безусловно нереализуема, критерий a_9 не оценивается, делается заключение – ИП необходимо реализовывать, однако в обеспечение безусловного выполнения заданий ГП КДР или ГПВ требуется разработка дополнительных мероприятий по РиТП в новом ИП с бюджетным и внебюджетным финансированием или корректировка мероприятий рассматриваемого ИП в части необходимых дополнительных мероприятий по РиТП, по которым ЭО предлагаются предварительные рекомендации.

Таким образом, технологический аудит и разработка рекомендаций по порядку дальнейшей реализации ИП в результате проведения технологического аудита производств предприятий РКП, подлежащих РиТП по ИП, реализуемым в рамках раздела «Капитальные вложения» ГП КДР или ГП ОПК, проводятся членами ЭО по каждому предприятию в соответствии с разработанной методикой, представленной блок-схемой на рис. 1. В предлагаемой методике применяются объективные (не экспертные) критерии и показатели оценки производственно-технологического потенциала предприятий РКП для определения безусловной реализуемости целевых задач ГП КДР и ГПВ.

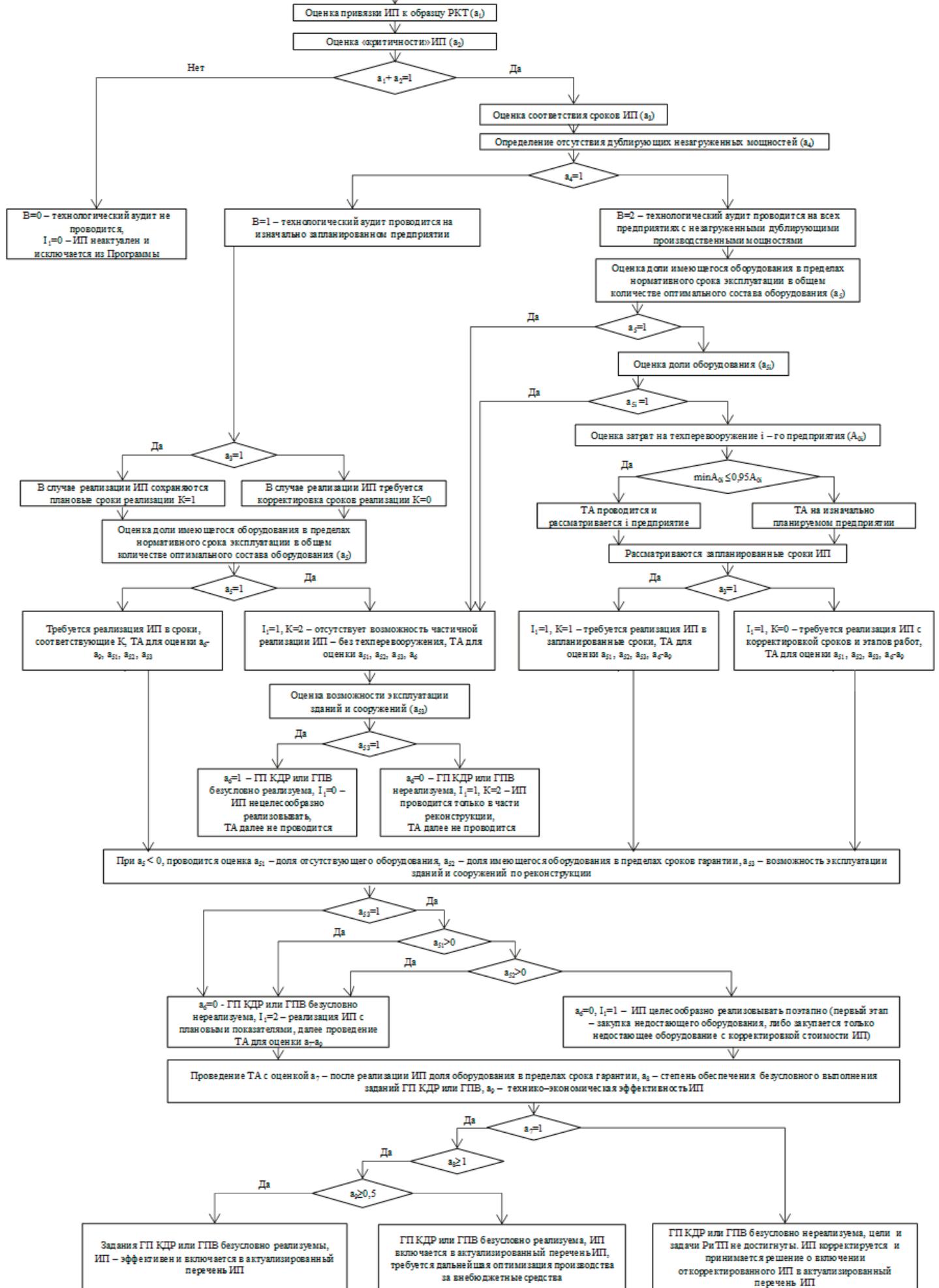


Рис. 1. Блок-схема технологического аудита и актуализации ИП



Библиографический список

1. Кондратенко А.Н. Особенности реализации и предложения по оптимизации организации реализации капитальных вложений в РКП // НТЖ Вестник «НПО «Техномаш». – 2021. – № 1. – С. 36–41.
2. Кондратенко А.Н., Олексенко И.А. Особенности планирования мероприятий по капитальным вложениям, направленным на реконструкцию и техническое перевооружение предприятий ракетно-космической промышленности, и по технологическим НИОКР ракетно-космической промышленности в рамках государственных и федеральных целевых программ // Вестник «НПО «Техномаш». – 2017. – № 4. – С. 12–18.
3. Кондратенко А.Н., Олексенко И.А. Методические подходы рассмотрения и отбора мероприятий по реконструкции и техническому перевооружению предприятий и технологическим НИОКР для включения в программные мероприятия ГП и ФЦП в части производственно-технологического развития РКП // Вестник «НПО «Техномаш». – 2019. – № 9. – С. 19–27.
4. О космической деятельности: ФЗ Российской Федерации от 29.11.1996 № 147-ФЗ: принят Государственной Думой 04.10.1996: одобрен Советом Федерации 13.11.1996.
5. О лицензировании космической деятельности (с изменениями и дополнениями): постановление Правительства Российской Федерации от 18.03.2020. № 298.
6. Николаев В.Д., Лукьянчик В.В., Кондратенко А.Н., Гапоненко О.В., Кузин А.И., Олексенко И.А. Инвентаризация НИОКР и инвестиционных проектов, реализуемых в рамках ФЦП, как инструмент приоритизации программных мероприятий // Вестник «НПО «Техномаш». – 2017. – № 3. – С. 61–65.
7. Методика комплексной оценки готовности научно-технического задела для перспективного образца вооружения, военной и специальной техники: утверждено 20.12.2013 заместителем Министра обороны Российской Федерации.
8. Методические материалы по формированию перечня базовых и критических промышленных технологий до 2033 года: одобрено решением НТС ВПК РФ, протокол от 27.10.2020 № ВПК(НТС)-11(208) пр.
9. Методические материалы по сбору исходных данных с целью формирования ГП ОПК 2018–2025: утверждено заместителем министра Минпромторга России от 16.06.2017 №РО-62.
10. Основы государственной политики в области развития оборонно-промышленного комплекса Российской Федерации на период до 2025 года и дальнейшую перспективу: утверждено Указом Президента Российской Федерации 23.02.2017 № 91.
11. Основы военно-технической политики Российской Федерации на период до 2020 года и дальнейшую перспективу: утверждено Президентом Российской Федерации 26.01.2011 № 12841.
12. Основы государственной политики Российской Федерации в области космической деятельности на период до 2030 года и дальнейшую перспективу: утверждено Президентом Российской Федерации от 19.04.2013 № Пр-906.
13. Об утверждении Положения о порядке разработки, корректировки и реализации государственных программ Российской Федерации, федеральных целевых программ, государственного оборонного заказа, федеральной адресной инвестиционной программы в части капитальных вложений при проведении мероприятий по реконструкции, техническому перевооружению и новому строительству объектов организаций ракетно-космической промышленности, государственным заказчиком которых является Государственная корпорация по космической деятельности «Роскосмос»» (приказ Госкорпорации «Роскосмос» от 21.05.2018 № 153).

Кондратенко Александр Николаевич – канд. техн. наук, эксперт ФГУП «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 FSUE «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasyev.
Tel.: 8(495) 689-96-90. E-mail: A.Kondratenko@tmnpo.ru



УДК 331.453:629.7

*Кондратенко А.Н.**Kondratenko A.N.*

Критерии безопасности ракетно-космической промышленности и особенности формирования перечней промышленных базовых и критических технологий

Security Criteria of the Aerospace Industry and Peculiarities of the Industrial Basic and Critical Technologies Listing

На основе анализа внешних и внутренних угроз разработана система показателей и критериев безопасности ракетно-космической промышленности, совместимая с действующей в России системой учета, статистики и прогнозирования. Определены предельные значения критериев безопасности.

Based on the analysis of external and internal threats, a system of indicators and criteria for the security of the aerospace industry, compatible with the current system of accounting, statistics and forecasting in Russia, has been developed. Limit values of safety criteria are defined.

Ключевые слова: безопасность, внешние и внутренние угрозы, государственные программы, показатели, критерии, перечни технологий, ракетно-космическая промышленность, целевые задачи.

Keywords: safety, external and internal threats, state programmes, indicators, criteria, technology lists, aerospace industry, target objectives.

Вопросы развития критериальной базы оценки развития ракетно-космической промышленности (РКП) рассматриваются в [1-4]. В то же время актуальными остаются вопросы конкретизации показателей и критериев безопасности развития предприятий и организаций РКП, обеспечивающей выполнение целевых задач государственной программы «Космическая деятельность России» (ГП КДР) и государственной программы вооружения (ГПВ), а также вопросы определения предельно допустимых значений критериев безопасности РКП. Реальные возможности РКП по удовлетворению состояния оборонно-промышленного (в части создания боевой ракетной техники (БРТ) и ракетно-космической техники (РКТ) военного и двойного назначения) и космического потенциала России, перспективы его сохранения и развития, при которых обеспечивается реализация основных направлений государственной политики военного строительства [2] в части БРТ и РКТ, самостоятельной космической политики [3], определяют в целом национальную безопасность страны в части РКП. Значения и выбор основных показате-

телей и индикаторов определяются внутренними и внешними условиями и факторами. При этом безопасность РКП определяется условиями, когда действие внешних и внутренних факторов не приводит к негативным процессам в отношении состояния РКП.

Деятельность предприятий и организаций РКП, а также государственных заказчиков БРТ и РКТ в современных условиях осложнена рядом внутренних угроз:

1. Малые объемы государственного оборонного заказа (ГОЗ) по научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам (НИОКР) и мелкосерийному производству БРТ и РКТ и, как следствие, низкие рентабельность и неритмичная загрузка производства, сложность привлечения негосударственных средств, дороговизна кредитов коммерческих банков [5].

2. Недостаточные темпы технического перевооружения и технологической модернизации производственно-технологической и экспериментально-испытательной базы [6-7], недостаточные объемы финансирования НИОКР технологической направленности, в том числе работ по технологиям



основных и процессных материалов [5], наличие противоречий в части закупок БРТ и РКТ – в частности, конкурсное размещение заказов на создание БРТ и РКТ в соответствии с [8] и организация заблаговременной подготовки производственно-технологических мощностей для создания (производства) БРТ и РКТ.

3. Отставание России от наиболее развитых государств мирового сообщества в разработке критических, базовых ракетно-космических, промышленных, военных и информационных технологий (значительное сокращение заказов на проведение фундаментальных, поисковых и прикладных исследований оборонного, социально-экономического и научного назначения; недостаточность научных кадров, разрушение научных школ и научных направлений; устаревание лабораторной, испытательной и стендовой базы; неразвитость системы информационного обеспечения и обмена информацией – недостаточно полно организован внутриотраслевой и межотраслевой обмен информацией о перспективных разработках, новых технологиях и материалах), отсутствует нормативная база по обязательности внедрения технологических НИОКР и передачи их результатов в другие отрасли оборонно-промышленного комплекса (ОПК) [5–7].

Проблемные вопросы формирования на текущем программно-плановом периоде перечней промышленных базовых и критических технологий (ПКБТ) на новый плановый период ГПВ в части, касающейся РКП:

а) формирование перечней ПКБТ происходит в условиях неразработанного прогноза развития науки и техники в интересах обеспечения обороны страны и безопасности государства на новый 15-летний период, аналогичная ситуация прослеживается на протяжении последних 15 лет;

б) отсутствует утвержденный (разработанный) перечень перспективных и приоритетных образцов БРТ и РКТ, планируемых к производству и разработке в предстоящем программном периоде, в том числе отсутствуют разработанные тактико-технические требования к этим образцам;

в) нет единой для ОПК информационно-аналитической автоматизированной базы знаний, в том числе с аналитической системой поиска информации, по технологическим разработкам

в обеспечение создания вооружения, военной и специальной техники;

г) фактически отсутствуют разработки комплексных целевых программ по созданию перспективных и приоритетных образцов БРТ и РКТ, где взаимосвязаны разработка и создание их основных конструктивно-технологических элементов и соответствующая подготовка производственно-технологических мощностей предприятий РКП, не разработаны ряд концепций и стратегий по развитию космических средств [9];

д) для формирования адекватных ПКБТ требуется проведение технологического аудита головных предприятий-разработчиков и производителей БРТ и РКТ, а также их основной кооперации соисполнителей работ – по направлению РКП, как в целом и по ОПК, данная работа в полном объеме не проведена.

Указанные в пунктах а–в) обстоятельства обуславливают сложности планирования к разработке прорывных промышленных критических технологий, а также базовых промышленных технологий мирового уровня с учетом современных научно-технических достижений. В системном плане обстоятельства, указанные в пунктах г) и д), обуславливают фактическое отсутствие целевых ориентиров развития промышленных технологий мирового уровня, обеспечивающих и оказывающих определяющее влияние на достижение требуемых тактико-технических характеристик БРТ и РКТ. В тоже время разработан и реализуется ряд нормативных документов [2–4] и др. Эти обстоятельства позволяют сделать вывод: на современном этапе (в 2021 году) ПКБТ могут быть сформированы на основе запросного метода у предприятий-разработчиков и производителей образцов БРТ и РКТ и их составных частей, а также прогнозного экспертно-аналитического метода для развития технологий РКП, с учетом предложений генеральных конструкторов по видам ВВСТ в части БРТ и РКТ [10, 11].

4. Требуется воссоздание института главных технологов организаций, главных технологов проектов (в соответствии с требованиями Положения РК), а также служб главных технологов во всех производственно-технологических организациях Госкорпорации «Роскосмос» [6, 9].

5. При созданном в РКП достаточно мощном институте девяти генеральных конструкторов по видам БРТ и РКТ по направлению технологического развития пока функционирует один руководитель приоритетного технологического направления «Технологии ракетного двигателестроения». Требуется развитие института главных технологов по всем приоритетным технологическим направлениям РКП или воссоздание работы Совета главных технологов РКП с аналогичными функциями [9–11].

6. Высокая зависимость производства БРТ и РКТ от поставок изделий электронной компонентной базы (ЭКБ) и материалов зарубежного производства.

7. Неконтролируемый рост стоимости комплектующих изделий, материалов и энергоносителей.

8. Недостаток высококвалифицированных основных производственных рабочих, значительный отток из отрасли квалифицированных специалистов – доля работников с высшим образованием составляет около 44%, наличие руководителей с непрофильным образованием и не имеющим опыта работы в отрасли, постоянные малоэффективные структурно-организационные преобразования отраслевых предприятий и организаций [6].

К внешним угрозам, прежде всего, следует отнести:

- зависимости от объемов поставок импортного оборудования, комплектующих изделий и материально-сырьевых ресурсов, используемых в производстве и образцах БРТ и РКТ;

- нарастание на Россию санкционного давления со стороны зарубежных западных стран в части приобретения технологий, высокотехнологичного оборудования, материалов и ЭКБ для РКП;

- более быстрый рост за рубежом научно-технического задела практически по всем областям знаний;

- существование проблем угрозы вытеснения России с традиционных рынков наукоемкой ракетно-космической продукции.

Существующая в России статистическая база позволяет построить достаточно подробную и качественную систему показателей, характеризующих состояние безопасности РКП. Применительно к воздействию каждой угрозы

эта система показателей будет специфической, хотя отдельные показатели могут входить в систему ряда угроз.

Предлагается система из четырех показателей и 13 критериев безопасности развития РКП:

I. Загрузка мощностей РКП:

1. Уровень загрузки производственных мощностей РКП.

- II. Состояние производственно-технологической базы РКП:

2. Уровень инвестиции в основной капитал оборонной промышленности в части РКП.

3. Износ оборудования в РКП.

4. Ежегодное обновление оборудования в РКП.

5. Коэффициент выбытия оборудования в РКП.

6. Доля высокотехнологичной (наукоемкой) продукции в общем объеме продукции, производимой организациями РКП.

7. Доля принципиально новых технологий в общем числе созданных передовых технологий РКП.

8. Удельный вес инновационной продукции в общем объеме продукции РКП.

III. Состояние кадрового состава в РКП:

9. Доля исследователей во всем персонале, занятом исследованиями, разработками и производством продукции.

10. Доля лиц с высшим образованием относительно всех занятых в РКП.

11. Средний возраст работников РКП.

12. Средняя заработная плата, ее сравнение со средней заработной платой по ОПК и промышленности России в целом.

IV. Зависимость РКП от импорта:

13. Доля стоимости импортных изделий во всей стоимости продукции.

Эти показатели и критерии фактически являются обобщенными, поскольку характеризуют состояние и развитие РКП в целом. Так как каждый из этих показателей и критериев агрегирует множество параметров, характеризующих состояние ракетно-космического промышленно-



го потенциала, уровень развития производства, систему финансирования государственных заказов и т.д., то сами эти параметры могут быть использованы в качестве частных показателей.

При определении значений критериев учитываются:

- прогнозные оценки показателей социально-экономического развития Российской Федерации на среднесрочную перспективу;
- информационно-статистические материалы по показателям развития машиностроения, как основы оборонной промышленности;
- разработанные пороговые значения индикаторов экономической безопасности Российской Федерации.

При обосновании предельно допустимых уровней состояния и развития РКП применимы следующие методы:

- прямого расчета, когда имеется достаточная исходная статистическая информация, позволяющая расчетным методом определить предельно допустимые уровни угроз;
- аналогии с отечественными или зарубежными количественными параметрами;
- экспертных оценок в зарубежной практике, которые дают достаточно достоверные результаты с учетом существующих неопределенностей в оценках.

Пороговые значения уровней безопасности для РКП определяются системой критериев, при несоблюдении которых РКП в целом или какие-либо её составные части, утрачивают способность полностью или частично осуществлять свои функции.

Оценка предельных значений критериев безопасности

1. Формирование ГОЗ должно обеспечивать $\geq 40-50\%$ загрузки от производственных мощностей РКП.

Для определения этой величины учитывается отечественный и зарубежный опыт работы предприятий в условиях различной степени загрузки производственных мощностей. Проведенный анализ позволяет выявить, что указанный уровень загрузки мощностей позволяет:

- обеспечить в минимальном размере рентабельность предприятий – уровень загрузки мощ-

ностей не должен снижаться ниже этого уровня;

- обеспечить сохранение профилизации и специализации предприятий РКП – отечественный и зарубежный опыт показывает, что снижение загрузки мощностей предприятия ниже указанного уровня и их загрузка более чем на 30–40% непрофильной продукцией угрожает выпадением данного предприятия из оборонной промышленности (АО «Турбонасос»).

2. Уровень инвестиции в основной капитал оборонной промышленности – $\geq 4-5\%$ валового внутреннего продукта (ВВП) России с учетом доли ОПК в машиностроении, в части РКП (с учетом стоимости основных фондов) – $\geq 1\%$ ВВП России.

Исходными для расчета этой величины использованы следующие предварительно определенные пороговые значения экономической безопасности Российской Федерации:

- доля инвестиций в основной капитал в целом по стране – 25% от ВВП России;
- доля машиностроения во всем промышленном производстве – 25%.

3. Износ оборудования в РКП – $\leq 35-40\%$.

В настоящее время доля оборудования с возрастом более лет 10 в основных фондах составляет около 70% [6,7] против 46% в дореформенный период. В машиностроении, к которому в основном относится оборонная промышленность, величина износа основных фондов обычно не отличается от среднего по промышленности. В дореформенный период состояние основных фондов было весьма удовлетворительным. Для порогового значения можно принять более высокую величину износа всех основных фондов – 45–50%. Оптимальным является, если износ оборудования несколько (на 20–25%) ниже, чем износ всех основных фондов. Поэтому в качестве количественного значения этого предельно допустимого уровня можно принять ~ 35-40%.

4. Ежегодное обновление оборудования в РКП – $\geq 7\%$.

Этот показатель в целом по промышленности России существенно ухудшился по сравнению с началом 90-х годов прошлого столетия: 5–7% – на начало 90-х годов прошлого столетия, менее 1% – в 2004–2005 гг., ~ 4-5% – в 2020 году

(в РКП ~ 4%). В машиностроении коэффициент обновления всегда был и должен быть выше, чем в целом по промышленности (Япония, Европа – 12–13%). На начало 90-х годов XX века показатели этого параметра были близки к предельно допустимым. Во всяком случае, предельно допустимым уровнем коэффициента обновления в целом по РКП могла быть величина в 10–12% в период восстановления производства на необходимый уровень и затем 5–7%.

5. Коэффициент выбытия оборудования в РКП – 5–7%.

Коэффициент выбытия в условиях расширенного воспроизводства всегда ниже, чем коэффициент обновления. Чем выше темпы расширенного воспроизводства (роста) основных фондов, тем в большей мере коэффициент обновления превышает коэффициент выбытия. Поэтому соотношение коэффициентов обновления будет либо незначительно выше коэффициента выбытия, либо равен ему. Поэтому в качестве предельно допустимой величины принят коэффициент выбытия в 5–7%.

6. Доля высокотехнологичной (научоемкой) продукции в общем объеме продукции, производимой организациями РКП – $\geq 70\%$ (принято равным на начало 90-х годов XX века).

7. Доля принципиально новых технологий в общем числе созданных передовых технологий РКП – $> 12\%$ (нижняя граница принята равной значению на начало 90-х годов XX века).

8. Удельный вес инновационной продукции в общем объеме продукции РКП – $\geq 40\%$.

Инновационная продукция – это внедренная на рынке продукция, обладающая новыми или усовершенствованными свойствами. По оценке экспертов для ОПК предельно допустимый уровень этого показателя должен составлять 10%,

для РКП $\geq 40\%$ (практически основной объем работ – НИОКР).

9. Доля принципиально новых технологий в общем числе созданных передовых технологий РКП – $\geq 50\%$.

Следует отметить весьма высокую статистическую устойчивость этого показателя. За 1991–2004 годы при весьма сильном ухудшении большинства показателей доля исследователей во всем персонале, занятом исследованиями и разработками (в НИИ, КБ, в конструкторских отделах промышленных предприятий), снизилась всего с 52% до 48%. Учитывая такую стабильность, отражающую объективность сложившейся пропорции, предельно допустимый уровень по этому показателю целесообразно принять в 50%.

10. Доля лиц с высшим образованием относительно всех занятых в РКП – не менее 40% (на начало 90-х годов XX века – 30%).

11. Средний возраст работников РКП – ~ 40–45 лет.

12. Средняя заработная плата в РКП в сравнении со средней заработной платой в промышленности России – $>$ в 1,3–1,5 раза (получено экспертным путем на основе сравнения с аналогичным соотношением зарплат в 1985–1990 годы).

13. Доля стоимости импорта во всей стоимости продукции – $\leq 15–20\%$.

Безусловно, в РКП с позиции неуязвимости производства от внешнего воздействия к этому критерию должны предъявляться достаточно жесткие требования. По экспертным оценкам достаточная независимость может быть обеспечена, если предельно допустимым уровнем по этому критерию принять 15–20%.

Выводы

1. На основе анализа внешних и внутренних угроз, влияющих на развитие РКП, обеспечивающей достижение целей и выполнение задач космической деятельности и оборонной безопасности России, разработана система четырех показателей и 13 критериев безопасности РКП, обеспечивающая возможность ее использования на различных уровнях управления, совмести-

мость с действующей в России системой учета, статистики и прогнозирования, а также достаточную степень конкретности и определенности, позволяющую давать однозначную оценку состоянию производственно-технологического потенциала РКП в целом и каждой его части.

2. С использованием отмеченных 13 критериев также возможно в части РКП определение об-



общенных показателей уровня риска реализации ГП КДР и ГПВ, а также уровня развития базовых технологий военного, социально экономического и научного назначения в части БРТ и РКТ.

3. Разработанная система показателей и критериев безопасности РКП может быть также положена в основу методик определения эффективности осуществляемых и планируемых капитальных вложений, технологической модернизации РКП. Целесообразна к использованию при разработке стратегий развития РКП.

Библиографический список

1. Основы государственной политики в области развития оборонно-промышленного комплекса Российской Федерации на период до 2025 года и дальнейшую перспективу: утверждено Указом Президента Российской Федерации 23.02.2017 № 91.

2. Основы военно-технической политики Российской Федерации на период до 2020 года и дальнейшую перспективу: утверждено Указом Президентом Российской Федерации 26.01.2011 № 12841.

3. Основы государственной политики Российской Федерации в области космической деятельности на период до 2030 года и дальнейшую перспективу: утверждено Указом Президента Российской Федерации от 27.01.2020 № 64.

4. Стратегия развития Госкорпорации «Роскосмос» на период до 2025 года и перспективу до 2030 года: утверждено наблюдательным советом Госкорпорации «Роскосмос» 18.02.2021, протокол №45-НС.

5. Кондратенко А.Н., Олексенко И.А. Особенности планирования технологических НИОКР и капитальных вложений РКП в рамках государственных и федеральных целевых программ // Вестник «НПО «Техномаш». – 2018. – № 5. – С. 12–18.

6. Кондратенко А.Н. Оценка состояния и приоритетные направления развития ракетно-космической промышленности // Вестник «НПО «Техномаш». – 2020. – № 2. – С. 21–32.

7. Власов Ю.В., Кузин А.И., Поморцев П.М., Кондратенко А.Н. Состояние технологической готовности производств 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.

8. О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд: Закон Рос. Федерации от 05.04.2013 № 44-ФЗ: принят Государственной Думой 22.03.2013: одобрен Советом Федерации 27.03.2013.

9. Кондратенко А.Н. Особенности реализации и предложения по оптимизации организации реализации капитальных вложений в РКП // Вестник «НПО «Техномаш». – 2021. № 1. – С. 36–41.

10. О генеральном конструкторе по созданию вооружения, военной и специальной техники: утверждено Указом Президента Российской Федерации 19.01.2015 № 18.

11. О руководителе приоритетного технологического направления: утверждено Указом Президента Российской Федерации 20.07.2016 № 347.

4. По направлению РКП в обеспечение разработки перечней ПКБТ требуется проведение технологического аудита головных предприятий разработчиков и производителей БРТ и РКТ, а также их основной кооперации соисполнителей работ. Обоснована целесообразность разработки перечней ПКБТ после разработки прогноза развития науки и техники в интересах обеспечения обороны страны и безопасности государства на новый 15-летний период.

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

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

УДК 658.562:621.822.7

Камалдинов А.М., Хруцкая М.В., Сурженко М.С.
Kamaldinov A.M., Khrutskaya M.V., Surzhenko M.S.

Контроль качества шарикоподшипниковых опор по моментным характеристикам на малых скоростях вращения. Технические характеристики и возможности стенда СКО-10

Quality control of ball-bearing supports by moment properties at low rotational speeds. Specifications and possibilities of the test bench SKO-10

Разработан специальный стенд контроля шарикоподшипниковых опор giroприборов по моментным характеристикам на малых скоростях вращения, позволяющий выявлять типовые дефекты рабочих поверхностей шарикоподшипниковых опор и смазки.

A special stand for control of ball bearing gyro devices by moment properties at low rotational speeds was developed, which allows detecting typical defects of ball bearing working surfaces and lubrication.

Ключевые слова: шарикоподшипниковая опора, момент, контроль, дефекты опоры, скорость вращения.

Keywords: ball-bearing support, torque, control, support defects, rotation speed.

В целях оперативного определения моментных характеристик гироскопических приборов и устройств, регистрации, обработки и хранения результатов контроля во ФГУП «НПО «Техномаш» разработан специальный стенд контроля шарикоподшипниковых опор giroприборов массой до 1 кг по моментным характеристикам СКО-20 (ТМКБ.5.26.246.00.00.000).

Основные технические характеристики стенда [1]:

– диапазон измеряемых моментов от минус 0,002 до плюс 0,002 Нм (от минус 20 гсм

до плюс 20 гсм);

– приведенная погрешность измерения моментов, не более 1,5%;

– вес контролируемого изделия с приспособлениями, не более, 1 кг;

– диапазон скоростей вращения контролируемого изделия от 0,2 до 2 об/мин.;

– погрешность определения угла поворота контролируемого изделия от минус 0,5 до плюс 0,5 град.

Внешний вид и комплектность стенда представлены на рис. 1.



Рис 1. Стенд СКО-20



В электронную часть стенда входит:

- блок электроники;
- аналого-цифровой преобразователь;
- персональный компьютер офисного исполнения;
- комплект соединительных кабелей;
- пакет специального программно-математического обеспечения, работающего в ОС WINDOWS.

Механическая часть состоит из привода вращения контролируемого изделия и преобразователя моментов.

Стенд комплектуется приспособлениями – для закрепления контролируемых изделий Заказчика и калибровки преобразователя моментов.

Контроль опор по моментным характеристикам на разрабатываемом стенде проводится в следующей последовательности:

- подготовка к проведению контроля опор;
- постановка контролируемой опоры или прибора на стенд (посредством приспособления для закрепления);
- приведение подвижной части контролируемой опоры или прибора по вращению;
- определение моментов сопротивления вращению;
- обработка результатов контроля;
- снятие контролируемой опоры или прибора со стенда.

После ознакомления специалистов ПАО «Пермская научно-производственная приборостроительная компания» (ПАО «ПНППК») с возможностями стенда СКО-20 получено техническое задание на разработку стенда, адаптированного под выпускаемые предприятием изделия.

В рамках заключенного договора с ПАО «ПНППК» разработан, испытан и внедрён стенд СКО-10 (обозначение по основному конструкторскому документу – стенд СКО-10 ТМКБ.9.26.428.00.00.000).

Стенд, адаптированный под изделия ПАО «ПНППК», обеспечивает контроль качества шарикоподшипниковых опор по моментным

характеристикам на малых скоростях вращения гироскопов ДНГ-5, ДНГ-13, ДНГ-14.

Контроль моментных характеристик опор и приборов [2] осуществляется на следующих стадиях сборки:

- автономно ШПО;
- после сборки привода с ШПО;
- после сборки с маховиком (до герметизации).

Основные параметры и характеристики стенда, разработанного для ПАО «ПНППК»:

- пределы измерения моментов, гс·см: от минус 10 до плюс 10 (от минус 0,001 Нм до плюс 0,001 Нм);
- погрешность измерения моментов, не более 3% (от максимально измеряемого момента) при нормальных условиях;
- повторяемость измерений не более 0,5% – проверяется при контроле линейности по 10 измерениям на максимальном моменте при нормальных условиях;
- скорость вращения привода (в обе стороны) об/мин: от 4 до 60;
- система термостатирования должна обеспечивать поддержание температуры $65\pm 3^\circ\text{C}$ и $75\pm 3^\circ\text{C}$;
- время выхода системы термостатирования на рабочий режим, минут, не более 40;

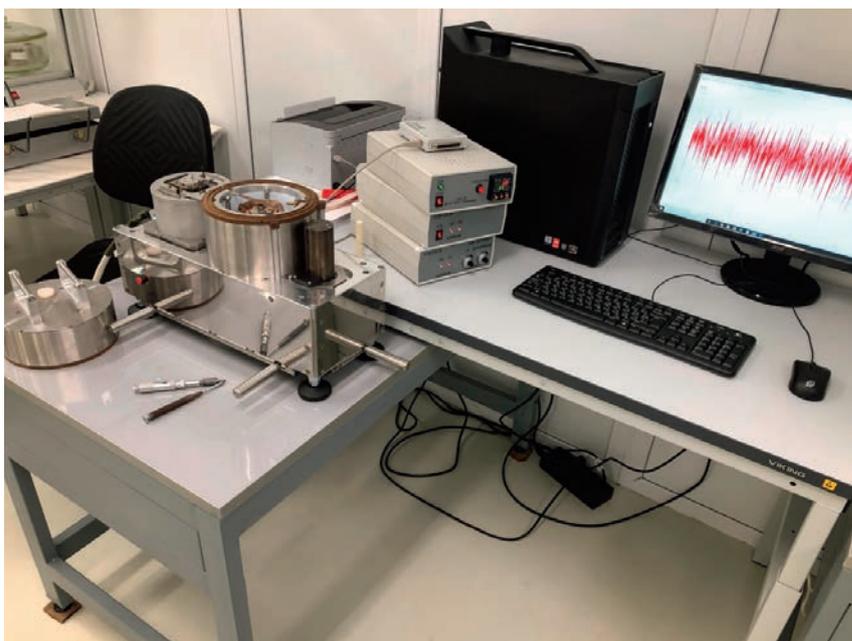


Рис.2. Фотография рабочего места со стендом СКО-10 на территории ПАО «ПНППК»

– питание стенда осуществляется от сети переменного тока напряжением 220 В, частотой 50 Гц;
– время прогрева стенда, минут, не менее 30.
Внешний вид стенда представлен на рис. 2.

В качестве примера приведена часть протокола испытаний (табл.1) прибора ДНГ-13 на стадии сборки с маховиком (до герметизации) серийный номер № 60075 с приложениями (рис. 3–6).

Таблица 1. Протокол испытания

Прибор	Стадия сборки	Серийный №	Дата	Время
ДНГ-13	Привод с карданом	60075	17.12.2020	14:00:40

Условия проведения испытания

№ этапа	Длительность этапа (сек)	Частота вращения (Гц)	Частота опроса (Гц)
Первый	59,92	0,0666433	25
Второй	119,9872	0,1666082	78,125

Статическая обработка сигнала

Параметр	Значение	Допуск		Заключение
		ic	max	
Средний момент сопротивления	0,1050503	0	0	
Дисперсия момента Этап №1	0,0223730			
Дисперсия высокочастотной составляющей момента Этап №1	0,0209040			
Дисперсия момента Этап №2	0,0849572			
Дисперсия высокочастотной составляющей момента Этап №2	0,0858600			

Аномальные фрагменты сигнала

Общее количество аномальных фрагментов сигнала: 17

Заданный уровень для аномальных фрагментов сигнала: 3СКО

Внешняя обойма	Внешняя обойма (по сепаратору)	Внутренняя обойма	Внутренняя обойма (по сепаратору)	Шарики	Неопознанные
0	0	0	0	3	14

Фурье преобразование первый этап испытания

Описание частоты	Расчетное значение (Гц)	Измеренное значение (Гц)	Амплитуда (гс*см)	Допуск (гс*см)	Заключение
Частота магнитной составляющей 1-я гармоника	1,5994387	1,5991211	0,0016796		
Частота магнитной составляющей 3-я гармоника	4,7983160	4,7851563	0,0009592		

Проведенные разработки и исследования шарикоподшипниковых опор являются заделом для создания установки контроля моментов отдельных подшипников гироскопических приборов и устройств на малых скоростях вращения.

Контроль всей производственной цепочки изготовления гироприбора от входного контроля отдельных подшипников до готового изделия позволит выявить технологические операции, в наибольшей степени влияющие на качество по-





лучаемых изделий, и заранее отбраковывать не- исправные изделия (до полной сборки).

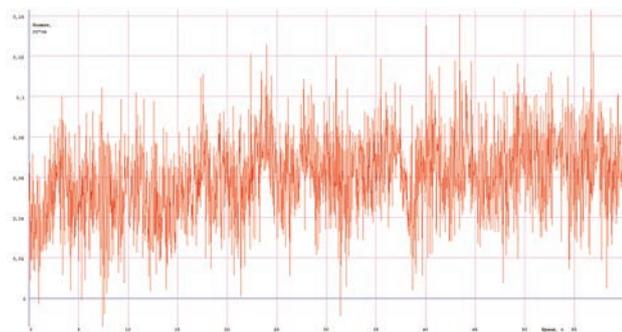


Рис. 3. Первый этап испытания (измеренный момент)



Рис. 5. Все аномальные фрагменты сигнала

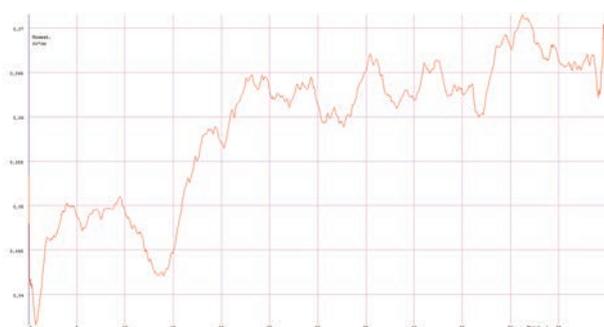


Рис. 4. Первый этап испытания (низкочастотная составляющая момента)



Рис. 6. Фурье преобразование первого этапа испытания (диапазон частот подшипника)

Библиографический список

1. Информационный паспорт 180/16. – ФГУП «НПО «Техномаш», 2016. – ТМБД.П-1.175.
2. Опоры качения приборов / Бальмонт В.Б., Матвеев В.А. – М.: Машиностроение, 1984. – 240 с., ил.

Камалдинов Альберт Мубаракovich – канд. техн. наук, начальник отделения технологии производства гироскопов и приборов точной механики ФГУП «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева.
Тел.: +7 (495) 689-95-67. E-mail: 260@tmnpo.ru
Kamaldinov Albert Mubarakovich - Ph.D. in Engineering sciences, Head of the Gyroscope Manufacturing Technology and Precision Mechanics Instruments Division of FSUE «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasyev.
Tel.: +7 (495) 689-95-67. E-mail: 260@tmnpo.ru

Хруцкая Мария Владимировна – начальник отдела технологии производства приборов точной механики ФГУП «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева.
Тел.: 8 (926) 520-46-90. E-mail: maria.khrutskaya@gmail.com

Khrutskaya Maria Vladimirovna - Department Head for manufacturing technology of precision mechanics instruments of FSUE «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasyev.
Tel.: 8 (926) 520-46-90. E-mail: maria.khrutskaya@gmail.com

Сурженко Марина Сергеевна – руководитель направления отделения технологии производства гироскопов и приборов точной механики ФГУП «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева.
Тел.: +7 (495) 689-95-67. E-mail: 260@tmnpo.ru
Surzhenko Marina Sergeevna – Area Head of the Gyroscope Manufacturing Technology and Precision Mechanics Instruments Division of FSUE «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasyev.
Tel.: +7 (495) 689-95-67. E-mail: 260@tmnpo.ru

УДК 621.8:534.17

*Хруцкая М.В., Камалдинов А.М.
M.V. Khrutskaya, A.M. Kamaldinov*

К вопросу оценки коэффициентов демпфирования стенда контроля осевой нагрузки СКОН

To the problem of estimating the damping coefficients of the SKON axial load control bench

Рассматриваются результаты исследования (методом свободных затухающих колебаний) диссипативных характеристик стенда СКОН с двигателем-маховиком ДМ-001-01. Определены коэффициенты демпфирования системы дифференциальных уравнений трехмассовой колебательной системы упрощенной модели стенда СКОН с двигателем-маховиком, использование которых позволяет идентифицировать собственные частоты стенда.

The research results (by the method of free damping oscillations) of dissipative characteristics of the SKON stand with a momentum wheel DM-001-01 are considered. The damping coefficients of the differential equations system of the three-mass oscillating system for the simplified model of the SKON stand with a momentum wheel, the use of which allows to identify the natural frequencies of the stand, are determined.

Ключевые слова: демпфирование, собственная частота, трехмассовая колебательная система, двигатель-маховик, свободные затухающие колебания.

Keywords: damping, natural frequency, three-mass oscillating system, momentum wheel, free damping oscillations.

При выводе космического аппарата (КА) на расчётные орбиты все устройства КА испытывают существенные вибрационные воздействия, поэтому вибрационные испытания обязательны для всех устройств КА.

Определение собственных частот гироскопических приборов навигации и стабилизации является одним из обязательных требований к этим устройствам.

Стенд контроля осевой нагрузки СКОН [1, 2] предназначен для контроля осевой нагрузки шарикоподшипниковых опор роторов силовых гироскопов и двигателей-маховиков методом определения собственной частоты колебаний ротора.

При этом определить собственную частоту колебаний ротора гироскопа в составе оборудования иногда затруднительно, поскольку сам стенд СКОН является многомассовой колебательной системой и при проведении вибрационных испытаний возникает спектр частот, отно-

сящихся как непосредственно к исследуемому гироскопу, так и к конструкции оборудования.

Объектом исследования статьи является стенд контроля осевой нагрузки СКОН с установленным двигателем-маховиком ДМ-001-01 (рис. 1).



Рис. 1. Стенд контроля осевой нагрузки СКОН с двигателем-маховиком ДМ-001-01



Рассматриваемый стенд СКОН при возбуждении его колебательной силой в осевом направлении представляется в виде трехмассовой колебательной системы (рис. 2) [3–5] и может быть описан системой дифференциальных уравнений.

Расчетная схема упрощенной модели стенда СКОН с двигателем-маховиком описывается системой дифференциальных уравнений (1):

$$\begin{cases} m_1\ddot{x}_1 + h_1\dot{x}_1 + h_2(\dot{x}_1 - \dot{x}_2) + k_1x_1 + k_2(x_1 - x_2) = F_0 \sin \omega t \\ m_2\ddot{x}_2 + h_2(\dot{x}_2 - \dot{x}_1) + h_3(\dot{x}_2 - \dot{x}_3) + k_2(x_2 - x_1) + k_3(x_2 - x_3) = -F \sin \omega t, \\ m_3\ddot{x}_3 + h_3(\dot{x}_3 - \dot{x}_2) + k_3(x_3 - x_2) = 0 \end{cases} \quad (1)$$

где x_i – координата перемещения i -ой массы; m_1, m_2, m_3 – массы вакуумной камеры стенда, подвеса стенда, масса ротора двигателя-маховика соответственно; k_1, k_2, k_3 – коэффициенты осевой жесткости гибких ножек стенда, упругих сильфонов на оси вибровозбудителя, осевая жесткость шарикоподшипников соответственно; h_1, h_2, h_3 – коэффициенты демпфирования соответствующих колебательных контуров; $F(t) = F_0 \sin \omega t$ – амплитуда внешнего возмущения.

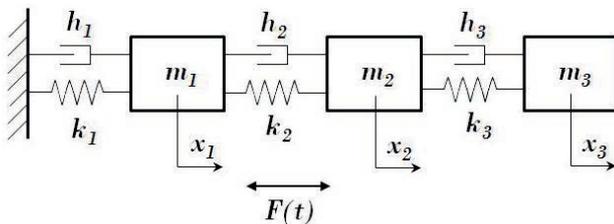


Рис. 2. Расчетная схема механической колебательной системы с тремя степенями свободы:

m_p, m_2, m_3 – массы камеры установки, подвеса и ротора двигателя-маховика; k_p, x_i – жесткости и перемещения камеры установки, подвеса и ротора двигателя-маховика; h_i – коэффициент демпфирования камеры стенда, подвеса стенда и ротора двигателя-маховика

Для решения математической модели (1) необходимо знать значения реальных инерционных, упругих и диссипативных характеристик стенда СКОН и двигателя-маховика ДМ-001-01. Инерционные и упругие характеристики определены при проектировании и изготовлении стенда СКОН и двигателя-маховика (известны значения масс, жесткостей камеры и подвеса стенда, известна масса ротора

двигателя-маховика и жесткость его подшипников). Фактические значения диссипативных характеристик – коэффициентов демпфирования камеры, подвеса стенда СКОН и ротора двигателя-маховика, могут быть получены только опытным путем.

В статье рассматриваются исследования по определению характеристик демпфирования стенда СКОН с двигателем-маховиком ДМ-001-01 методом свободных затухающих колебаний [6]. Метод относится к методам вибродиагностики – методики вычисления функции частотного отклика при импульсном воздействии силы [2], и предусматривает получение осциллограмм свободных затухающих колебаний механической системы.

По темпу убывания амплитуды колебаний определяют относительное рассеяние энергии:

$$\psi(X) = 2 \ln \frac{X_i}{X_{i+1}} = 2\delta, \quad (2)$$

где X_i и X_{i+1} – две последующие амплитуды соответственно в начале и конце i -го периода колебаний.

$$\delta = \ln \frac{x_i}{x_{i+1}} = nT, \quad (3)$$

где δ – логарифмический декремент; x_i – амплитуды любых двух последовательных пиков; n – приведенный коэффициент демпфирования; T – длительность одного колебательного цикла.

Определены приведенные коэффициенты демпфирования вакуумной камеры стенда, подвеса стенда и ротора двигателя-маховика.

Для каждого испытания проведено по три эксперимента при одних и тех же условиях.

Измерения характеристик свободных затухающих колебаний проводились одноосным лазерным виброметром PDV-100, предназначенным для бесконтактного измерения параметров вибрации объектов методом лазерной доплеровской виброметрии.

Проведение измерений характеристик свободных затухающих колебаний для определения демпфирования камеры стенда выполнялось в соответствии с блок-схемой, приведенной на рис. 3. Подвес с установленным двигателем-маховиком фиксировались, и оператор оказывал ударное воздействие на стен-

ку камеры стенда СКОН. Лазерный виброметр PDV-100 измерял и регистрировал результаты колебаний на ноутбук со специальным программным обеспечением VibSoft-20. Один из полученных графиков затухающих колебаний механической системы при фиксации подвеса стенда представлен на рис. 4.

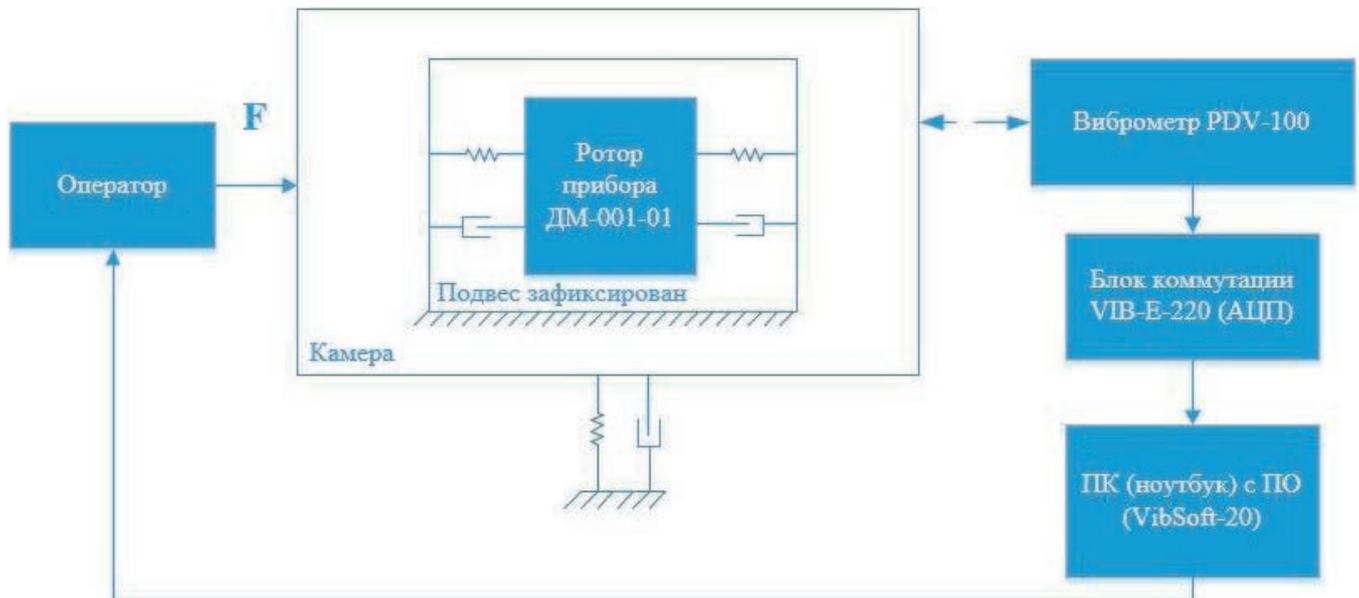


Рис. 3. Блок-схема испытаний для определения демпфирования камеры стенда

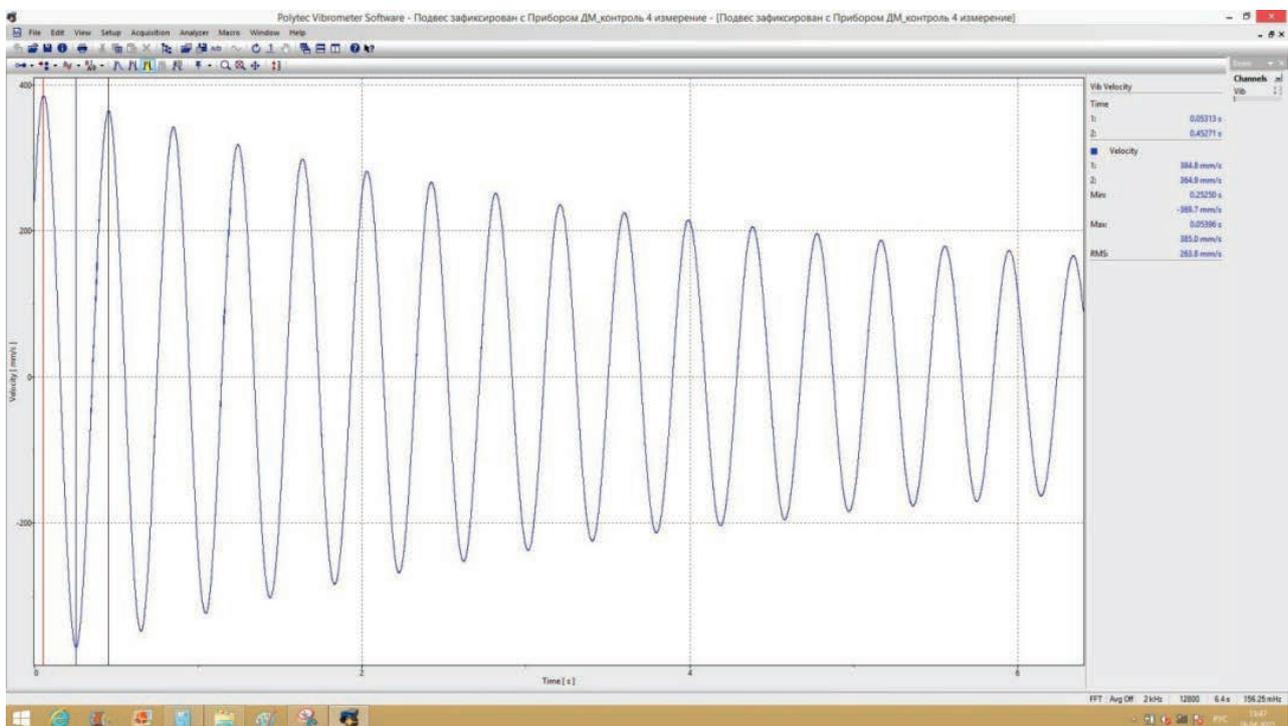


Рис. 4. График затухающих колебаний механической системы при фиксации подвеса стенда СКОН. Результаты измерений параметров затухающих колебаний и расчета приведенного коэффициента демпфирования камеры стенда СКОН приведены в табл.1.

Таблица 1. Определение демпфирования камеры (подвес зафиксирован)

Измерение № п/п	Амплитуда первого пика, мм/с x_i	Амплитуда второго пика, мм/с $x_{i=1}$	Отношение амплитуд $\frac{x_i}{x_{i+1}}$	Логарифмический декремент $h \frac{x_i}{x_{i+1}}$	Длительность, T, с	Приведенный коэффициент демпфирования, n
1	489.5	461.2	1.061361665	0,0595	0,39417	0,1509
2	756.6	724.7	1.044018214	0,0431	0,39709	0,1085
3	385	364.9	1.055083585	0,0536	0,39958	0,1341

Проведение измерений характеристик свободных затухающих колебаний для определения демпфирования подвеса стенда выполнялось в соответствии с блок-схемой (рис. 5). Камера фиксировалась, вибровоздействие подавалось оператором через генератор сигналов, усилитель мощности и магнитоэлектрический обрат-

ный преобразователь. Аналогично лазерный виброметр PDV-100 измерял и регистрировал результаты колебаний на ноутбук со специальным программным обеспечением VibSoft-20. Один из полученных графиков затухающих колебаний механической системы при фиксации камеры стенда СКОН представлен на рис. 6.

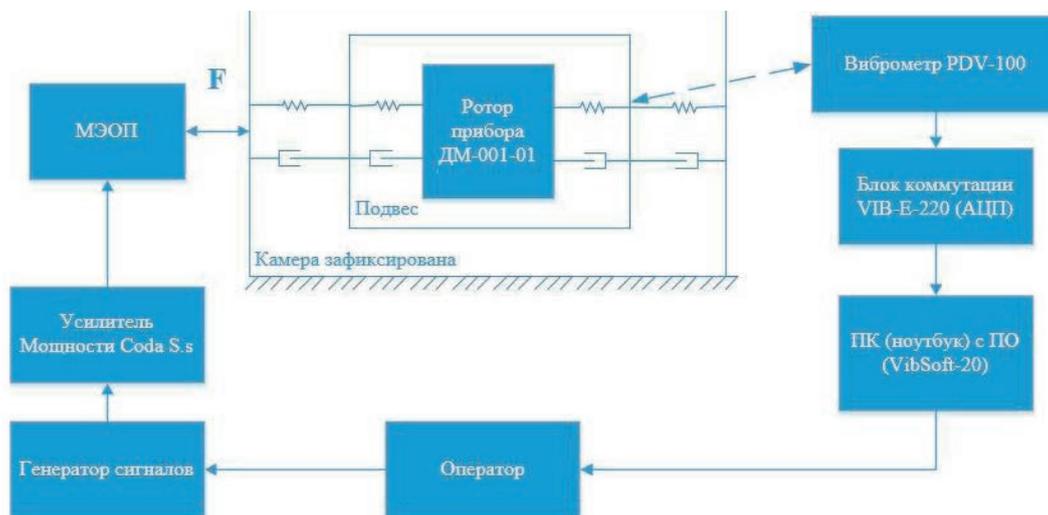


Рис. 5. Блок-схема испытаний для определения демпфирования подвеса стенда (при фиксации камеры стенда)

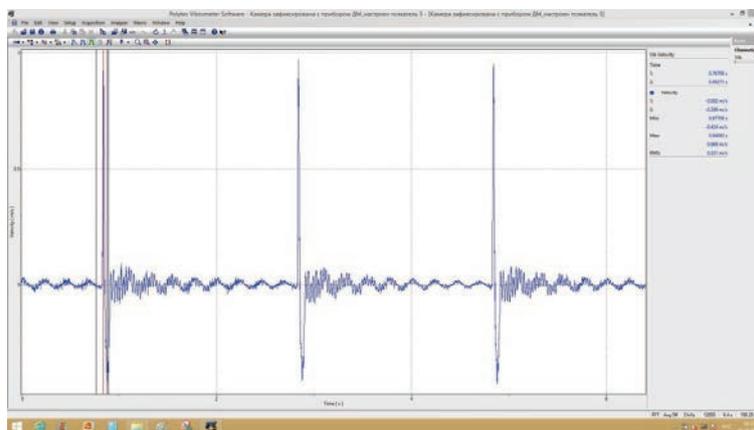


Рис. 6. График затухающих колебаний механической системы при фиксации камеры стенда
 Результаты измерений параметров затухающих колебаний и расчета приведенного коэффициента демпфирования подвеса стенда СКОН приведены в табл. 2.

Таблица 2. Определение демпфирования подвеса (камера зафиксирована)

Измерение № п/п	Амплитуда первого пика, мм/с x_i	Амплитуда второго пика, мм/с $x_{i=1}$	Отношение амплитуд $\frac{x_i}{x_{i+1}}$	Логарифмический декремент $h \frac{x_i}{x_{i+1}}$	Длительность, T, с	Приведенный коэффициент демпфирования, n
1	1002	91.12	10.99648815	2,3976	0,07263	33,0108
2	969	56	17.30357143	2,8509	0,07292	39,0963
3	840	94.5	8.888888889	2,1848	0,07250	30,1352

Проведение измерений характеристик свободных затухающих колебаний для определения демпфирования двигателя-маховика ДМ-001-01 выполнялось в соответствии с блок-схемой (рис. 7). На двигатель-маховик с приспособле-

нием оператором подавалось вибровоздействие через генератор сигналов и вибростенд со встроенным усилителем мощности. Один из полученных графиков затухающих колебаний двигателя-маховика ДМ-001-01 представлен на рис. 8.

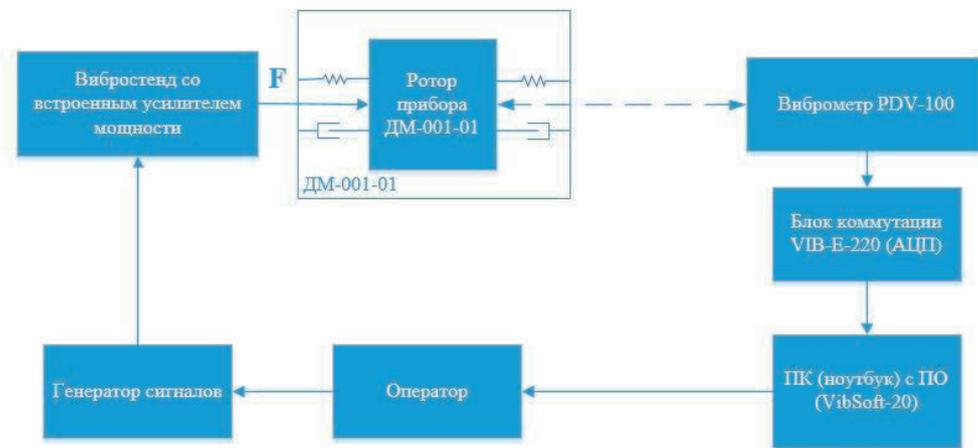


Рис. 7. Блок-схема испытаний для определения демпфирования двигателя-маховика ДМ-001-01

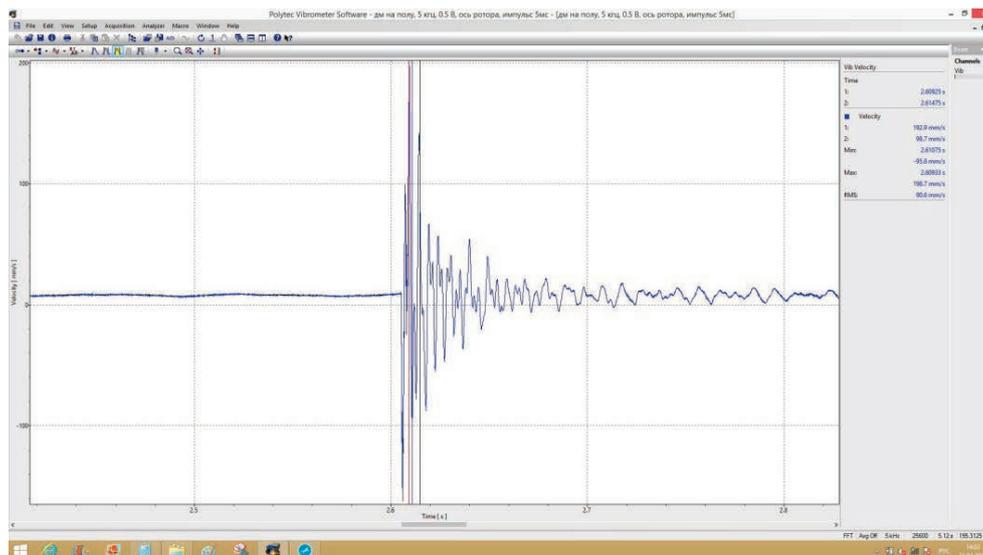


Рис. 8. График затухающих колебаний двигателя-маховика ДМ-001-01

Таблица 3. Определение демпфирования ДМ-001-01 (измерение колебания ротора)

Измерение № п/п	Амплитуда первого пика, мм/с x_i	Амплитуда второго пика, мм/с $x_{i=1}$	Отношение амплитуд $\frac{x_i}{x_{i+1}}$	Логарифмический декремент $h \frac{x_i}{x_{i+1}}$	Длительность, Т, с	Приведенный коэффициент демпфирования, n
1	172.0	133.6	1.287425149	0,2526	0,00428	59,0187
2	164.3	123.9	1.326069411	0,2822	0,00483	58,4265
3	198.7	142.1	1.398311049	0,3353	0,0055	60,9636

Результаты измерений параметров затухающих колебаний и расчета приведенного коэффициента демпфирования двигателя-маховика ДМ-001-01 приведены в табл. 3.

Таким образом, опытным путем определены значения диссипативных характеристик элементов стенда СКОН с двигателем-маховиком ДМ-001-01, что позволит выделять из спектра частот

при измерениях на стенде СКОН собственные частоты стенда и собственную частоту исследуемого двигателя-маховика. Результаты математического моделирования системы дифференциальных уравнений (1) с полученными коэффициентами демпфирования будут представлены в следующих работах.

Библиографический список

1. Патент на изобретение № 2608719 РФ, МПК G01M 13/00 (2006.01) Стенд контроля осевой нагрузки узла шарикоподшипниковых опор роторов силовых гироскопов и двигателей-маховиков / Камалдинов А.М., Хруцкая М.В., Сурженко М.С. и др. (Россия); заявитель и патентообладатель ФГУП «НПО «Техномаш» № 2015 141 581; от 01.10.2015; опубл. 23.01.2017. Бюл № 3.
2. Технология контроля предварительной осевой нагрузки шарикоподшипниковых опор роторов гироскопов систем ориентации и навигации изделий РКТ / Хруцкая М.В., Камалдинов А.М. // Вестник «НПО «Техномаш». – Москва. – 2020. № 3. – С.40–47.
3. К вопросу увеличения ресурса силовых гироскопов и двигателей-маховиков / Хруцкая М.В., Камалдинов А.М. // Вестник СГАУ. – Самара. – 2014. №4 (42). – С. 270–278.
4. Колебания в инженерном деле / Тимошенко С.П., Янг Д.Х., Уивер У. – М.: Машиностроение, 1985. – 472 с.
5. Вибродиагностика в прецизионном приборостроении / Кораблев С.С., Шапин В.И., Филатов Ю.Е.; под ред. К.М. Рагульскаса. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1984. – 84 с.
6. Вибрации в технике: Справочник. В 6-ти т. / Ред. совет: Челомей В.Н. (пред.). – М.: Машиностроение, 1981. – Т.6. Защита от вибраций и ударов / Под ред. К.В. Фролова. 1981. 456 с.

Хруцкая Мария Владимировна – начальник отдела технологии производства приборов точной механики ФГУП «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева.

Тел.: 8 (926) 520-46-90. E-mail: maria.khrutskaya@gmail.com

Khrutskaya Maria Vladimirovna - Department Head for manufacturing technology of precision mechanics instruments of FSUE «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasyev.

Tel.: 8 (926) 520-46-90. E-mail: maria.khrutskaya@gmail.com

Камалдинов Альберт Мубаракович – канд. техн. наук, начальник отделения технологии производства гироскопов и приборов точной механики ФГУП «НПО «Техномаш».

Тел.: +7 (495) 689-95-67. E-mail: 260@tmnpo.ru

Kamaldinov Albert Mubarakovich - Ph.D. in Engineering sciences, Head of the Gyroscope Manufacturing Technology and Precision Mechanics Instruments Division of FSUE «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasyev.

Tel.: +7 (495) 689-95-67. E-mail: 260@tmnpo.ru

УДК 629.7:004

Белавин А.И., Должанский Ю.М., Илингина А.В., Кочергин С.А., Машко Р.В., Моключенко И.С.
 Belavin A.I., Dolzhanskiy Y. M., Ilingina A.V., Kochergin S.A., Mashko R.V., Moklyuchenko I.S.

Информационные электронные паспорта на технологии и специальное оборудование, разработанные ФГУП «НПО «Техномаш» в 2020 году

Electronic Informational Data Sheets on Technologies and Special Equipment Developed by FSUE «NPO «Technomac» in 2020

Приведен перечень технологий и производственного оборудования ракетно-космической промышленности, разработанных ФГУП «НПО «Техномаш» в 2020 году, и основные фрагменты информационных паспортов.

The list of technologies and production equipment for the aerospace industry developed by FSUE «NPO «Technomac» in 2020 and the main fragments of data sheets are given.

Ключевые слова: информационный паспорт, технологии машиностроения, производственное оборудование, аддитивные технологии, технологии сварки, электронно-лучевая сварка, физико-химические технологии.

Keywords: information data sheet, machine building technologies, production hardware, additive technologies, welding technologies, electron beam welding, physicochemical technologies.

В порядке оперативного информирования предприятий отрасли о вновь разработанных ФГУП «НПО «Техномаш» отраслевых технологиях и специальном технологическом оборудовании приводится перечень разработок, паспортизованных в 2020 году, и значимые фрагменты паспортов¹.

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

Название технологии (оборудования)	№№ паспорта
Технологии намотки ПКМ	
1. Оборудование для изготовления углепластиковых профилей для каркасов солнечных батарей космических аппаратов	П251/20
Технологии сварки	
2. Установка для электронно-лучевой сварки в локальном вакууме заготовок шпангоутов и продольных швов обечаек РН	П254/20
3. Установка для электронно-лучевой сварки в общем вакууме крупногабаритных корпусных конструкций изделий РКТ	П256/20
4. Установка для электронно-лучевой сварки в локальном вакууме кольцевых швов обечаек диаметром до 3500 мм (проект)	П258/20
Физико-химические технологии	
5. Полуавтомат электроэрозионный электрохимический вырезной мод. ЭП310ПВ	П257/20
Аддитивные технологии (прямое лазерное выращивание)	
6. Технология изготовления деталей и сборочных единиц РКТ из отечественных металлических порошков методом аддитивных технологий	П255/20
7. Технология изготовления деталей и сборочных единиц РКТ из отечественных металлических порошков аддитивным выращиванием	П259/20

¹ – в [1–8] можно найти аналогичную информацию за период 2010–2019 гг.



 <p>РОСКОСМОС</p>	<p>Государственная корпорация по космической деятельности «РОСКОСМОС»</p> <p>Федеральное государственное унитарное предприятие «Научно-производственное объединение «Техномаш» имени С.А. Афанасьева</p>	 <p>НПО ТЕХНОМАШ им. С.А.Афанасьева</p>
--	--	--

Центр научно-технического сопровождения создания изделий РКТ

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПАСПОРТ 254/20

Установка для электронно-лучевой сварки в локальном вакууме заготовок шпангоутов и продольных швов обечаек РН

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

Соисполнитель: ЗАО ПК «СтанкоПресс», Монтажная ул., д. 9, стр. 1, пом. IV, ком. 48, г. Москва, 107497, Россия (изготовление опытного образца установки ЭЛС)

Поставщик оборудования: ФГУП «НПО «Техномаш»

Уровень готовности технологии (по ГОСТ Р 57194.1-2016) – УГТ9

Общие сведения:

Установка (рис. 1) предназначена для электронно-лучевой сварки в локальном вакууме продольных швов крупногабаритных цилиндрических обечаек диаметром до 3500 мм заготовок кольцевых шпангоутов толщиной до 140,0 мм.

Основными конструктивно-функциональными элементами установки являются:

- камера вакуумная (ТМКБ.3.24.356.10.00.000);
- стол поворотный (ТМКБ.3.24.356.30.00.000);
- манипулятор электронно-лучевой пушки (ТМКБ.3.24.356.31.00.000);
- площадка обслуживания (ТМКБ.3.24.356.70.00.000);
- вакуумная система (ТМКБ.3.24.356.81.00.000);
- пневмооборудование (ТМКБ.3.24.356.82.00.000);
- система автономного охлаждения (ТМКБ.3.24.356.83.00.000);
- электрооборудование (ТМКБ.3.24.356.90.00.000);

- комплект электронно-лучевой аппаратуры;
- система управления.

Сведения об аналогах:

- в России: нет
- за рубежом: сведений нет



Рис. 1. Установка в сборочном цехе завода-изготовителя

Таблица 2. Основные технические характеристики установки

Характеристики	Значения
Габариты свариваемых деталей, мм: заготовок шпангоутов: толщина обечаек: диаметр длина толщина	до 140 до 3500 до 2300 до 26
Основные характеристики электронно-лучевой аппаратуры (ЭЛА) технические характеристики ЭЛА: ускоряющее напряжение, кВ мощность луча, кВт ток луча, мА ход ЭЛП: в вертикальной плоскости (ось Z), мм в горизонтальной плоскости (ось X), мм количество электронно-лучевых пушек на установке	30 15 от 1 до 500 2400 ±20 2
Основные характеристики вакуумной камеры: объем, м ³ остаточное давление в камере, мм рт. ст. время откачки камеры, мин	52 1×10 ⁻⁴ - 5×10 ⁻⁵ 8
Скорость сварки, м/ч	от 5 до 60
Линейная скорость вращения планшайбы (при диаметре изделия 3000 мм), м/ч Биение планшайбы стола, мм, не более торцевое радиальное	от 5 до 60 0,5 0,5
Габаритные размеры установки, мм длина ширина высота	15500 7350 7100
Грузоподъемность стола поворотного, кг	5000

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПАСПОРТ 256/20**Установка для электронно-лучевой сварки в общем вакууме
крупногабаритных корпусных конструкций изделий РКТ**

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

Соисполнитель: ОАО «НИТИ «Прогресс», Пушкинская ул., д. 268, г. Ижевск, 426008, Удмуртская Республика, Россия (поставка электронно-лучевой технологической аппаратуры ЭЛА-40И, участие в отработке технологии сварки и приёмочных испытаниях опытного образца установки).

Поставщик оборудования (и технологии): ФГУП «НПО «Техномаш».

Уровень готовности по ГОСТ Р 571943.1-2016 – УГТ-9

Общие сведения:

Установка (рис. 2) предназначена для сварки в общем вакууме продольных и кольцевых швов обечаек, круговых швов врезных фланцев в цилиндрические, конические и сферические оболочки днищ сборочных единиц корпусных элементов изделий ракетно-космической техники (РКТ) диаметром до 4000 и длиной до 4000 мм².

² – Разработка отмечена Дипломом за I место на секции 5 «Развитие ракетно-космической промышленности и производственных технологий» Всероссийского молодежного конкурса научно-технических работ «Орбита молодежи», С.-Петербург, 2019





Рис. 2. Общий вид опытно-промышленного образца установки

Состав и компоновка основных узлов установки приведены на рис. 3

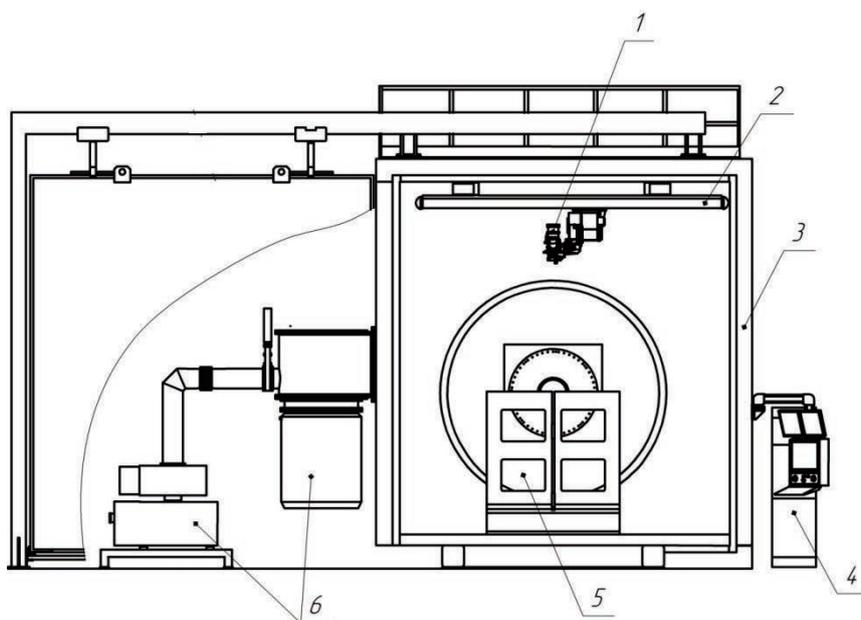


Рис. 3. Компоновка основных устройств опытного образца установки:
1 – модуль ЭПП; 2 – модуль перемещения ЭПП; 3 – вакуумная камера;
4 – пульт управления; 5 – манипулятор; 6 – вакуумная система

Модуль ЭЛП включает собственно электронно-лучевую пушку (ЭЛП-Н5, рис. 4) и комплект аппаратуры:

- блок накала и смещения;
- источник питания TECHNIX Model SR-60-N-40EBWS;
- усилитель входной;
- турбомолекулярный насос TURBOVAC 50 DN 63;
- шкаф управления энергоблоком;
- усилитель входной;
- комплект кабелей;
- комплект шлангов;
- комплект запасных частей и принадлежностей (ЗИП), обеспечивающий:
 - управление основными параметрами сварки в ручном режиме;
 - видеонаблюдение по датчику вторичных электронов (ДВЭ);
 - оповещение оператора о некоторых неисправностях;
 - предотвращение неверных действий оператора;
 - протоколирование действий оператора.

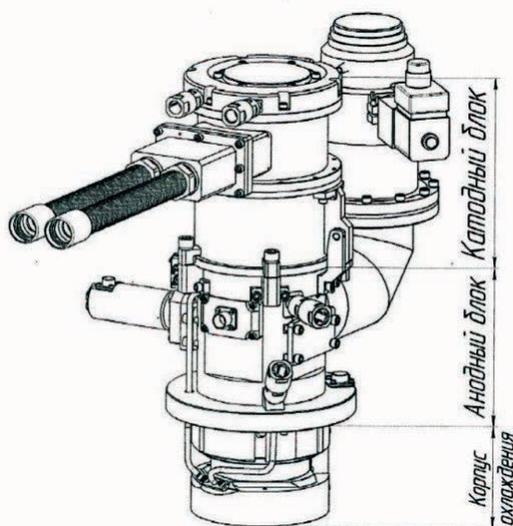


Рис. 4. Общий вид ЭЛП-Н5

Модуль перемещения ЭЛП предназначен для перемещения и позиционирования ЭЛП. Стоит из модулей продольного и поперечного перемещения ЭЛП и манипулятора, выполняющих следующие перемещения:

- продольное (X);

- поперечное (Y);
- вертикальное (логическая координата Z), включая:

- поворот первого звена манипулятора (A);
- поворот второго звена манипулятора (B);
- наклон ЭЛП в плоскости YZ (C);
- наклон ЭЛП в плоскости XZ (D).

Вакуумная камера установки представляет собой сварную конструкцию, выполненную из двух частей, герметично скрепленных фланцевым болтовым соединением, и оснащенную автономными системами:

- форвакуумной откачки;
- высоковакуумной откачки;
- высоковакуумной откачки ЭЛП.

Дверь камеры перемещается в положения «открыто/закрыто» приводом с помощью дистанционно управляемого модуля перемещения, обеспечивающего герметичное запираение камеры с дистанционным управлением; прижим двери к вакуумной камере осуществляется четырьмя пневматическими цилиндрами и контролируется датчиками соответствующих пневмоцилиндров.

Для подачи электропитания на приводы, устройства наблюдения и освещения камеры, подключения элементов системы управления, датчиков положения и других, расположенных внутри камеры электрических устройств, предусмотрены герметичные вводы с защитой от пыли, рентгеновского излучения и бомбардировки вторичными электронами.

Механическая система установки включает:

- стол глобусный;
- модуль транспортный, осуществляющий перемещения глобусного стола и заднего центра с установленными на них свариваемыми изделиями из вакуумной камеры на загрузочную платформу и обратно;
- центр задний устанавливается на транспортном модуле и предназначен для поддержки заготовок большого веса и длины, закрепленных на планшайбе глобусного стола в горизонтальном положении;
- модуль перемещения двери вакуумной камеры.

Стол глобусный устанавливается и фиксируется на транспортном модуле установки в двух

рабочих положениях планшайбы (горизонтальном, вертикальном) и предназначен для вращения (U) и наклона (V) свариваемого изделия с заданной программой скоростью.

Сведения об аналогах:
– в России: аналогов нет
– за рубежом: сведений нет

Таблица 3. Основные технические характеристики установки

Характеристики	Значения
Механическая часть	
Общее количество управляемых от системы ЧПУ координат:	
– модуля ЭЛП	3
– электронного луча	6
– стола глобусного	4
– модуля транспортного	(H, W)
Наклон ЭЛП в плоскости XZ (D), <i>угл. град.</i>	0–90
Наклон ЭЛП в плоскости YZ (C), <i>угл. град.</i>	0–110
Скорость перемещения ЭЛП по координатам X, Y, Z; <i>мм/с</i>	1–40
Грузоподъёмность (консольно), <i>Нм</i>	50 000
Вакуумная система	
Объём вакуумной камеры, <i>м³</i>	135
Рабочее давление, <i>Па (мм рт.ст.), не более:</i>	
– в камере	1,3x10 ⁻² (1x10 ⁻⁴)
– в электронно-лучевой пушке	6,6x10 ⁻³ (5x10 ⁻⁵)
Время достижения рабочего давления в камере и в ЭЛП (при подготовленных к работе высоковакуумных агрегатах), <i>мин, не более</i>	50
Система охлаждения	автономная, замкнутая
Бак резервуара промышленного охладителя GC-A-110 «EUROCHILLER», <i>л</i>	400
Электронно-лучевая сварочная аппаратура (ЭЛА-40И)	
Ускоряющее напряжение, <i>кВ</i>	30/60
Мощность ЭЛП, <i>кВт</i>	40
Диапазон регулировки тока сварки, <i>мА</i>	0– 650
Расстояние от среза электронной пушки до изделия, <i>мм</i>	100– 300
Системы визуализации свариваемого стыка	визуальная; электронная; телевизионная
Точность определения свариваемого стыка	± 0,1
Регистрируемые параметры сварки (с протокольной распечаткой в паспорте сварки и электронным архивированием)	ускоряющее напряжение; ток луча; ток фокусировки; скорость сварки; рабочее давление в вакуумной камере; рабочее давление в ЭЛП
Габаритные размеры установки	
Диаметр, <i>мм, не более</i>	4000
Длина, <i>мм, не более</i>	4000
Толщина стенки, <i>мм, не более</i>	100

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПАСПОРТ 258/20

Установка для электронно-лучевой сварки в локальном вакууме кольцевых швов обечаек диаметром до 3500 мм (проект)

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

Соисполнители: АО «Станкотех», Окский проспект, д. 70, Коломна Московской области, 140042, Россия (проектирование и изготовление опытного образца установки); ОАО «НИТИ «Прогресс» (разработка электронно-лучевой технологической аппаратуры).

Поставщик оборудования: ФГУП «НПО «Техномаш».

Уровень готовности технологии (по ГОСТ Р 57194.1-2016) – УГТ6

Общие сведения:

Установка (рис.5) разработана для сварки в локальном вакууме крупногабаритных обечачных элементов конструкций изделий РКТ и смонтирована на базе универсального станка КЖ9905.

Основные конструктивные узлы и функциональные системы установки:

- камера вакуумная;
- аппаратура электронно-лучевой пушки (ЭЛП);
- привод вращения изделия;
- площадка обслуживания;
- вакуумная система;
- пневмосистема;
- система автономного водяного охлаждения;

– система электрооборудования.

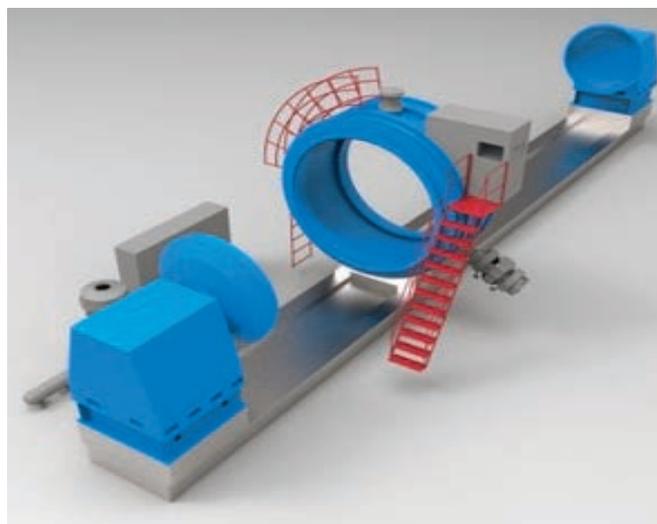


Рис. 5. 3D-компоновка опытного образца установки

Оборудование разработано в развитие созданного ранее ФГУП «НПО «Техномаш» (информационный паспорт П80/11) унифицированного модуля для ЭЛС в локальном вакууме кольцевых швов корпусных конструкций из алюминиевых сплавов диаметром 2500 мм (рис. 6).

Сведения об аналогах:

- в России: аналогов нет;
- за рубежом: сведений нет.

Таблица 4. Основные технические характеристики установки

Характеристики	Значения
Габариты сборочных единиц, мм, не более:	
– диаметр	3500
– длина	4000
– толщина стенки	До 15
Характеристика электронно-лучевой аппаратуры (ЭЛА):	
– ускоряющее напряжение, кВ	30
– ток луча, мА	1–500
– количество электронно-лучевых пушек	1





Характеристики вакуумной камеры:	
– внутренний диаметр, мм	3760
– длина, мм	1430
– остаточное давление в камере, мм рт. ст.	$1 \times 10^{-4} - 5 \times 10^{-5}$
– время откачки камеры, мин., не более	30
– рабочее давление в камере, Па, не более	0,0133
Скорость сварки, м/ч	5-60
Параметры электропитания установки, В×А	380×50
Габариты установки, мм	22150×5950×6310



Рис. 6. Общий вид модуля для ЭЛС в локальном вакууме обечаек диаметром 2500 мм в цехе завода-изготовителя изделий

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПАСПОРТ 255/20

Технология изготовления деталей и сборочных единиц РКТ из отечественных металлических порошков методом аддитивных технологий

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

Соисполнители: «ВМЗ» – филиал АО «ГКНП» им. М.В. Хруничева», ул. Ворошилова, д. 22, Воронеж, 394006, Россия (разработка чертежей опытных деталей для отработки технологии прямого лазерного выращивания); АО «КБХА», ул. Ворошилова, д.20, Воронеж, 394006, Россия (участие в предварительных испытаниях опытного образца специального технологического оборудования для прямого лазерного выращивания; испытания опытных деталей); АО «Ай-Джи-Эй Технологии», проезд Завода Серп и Молот, д. 10, Москва, 111250, Рос-

сия (разработка ПМО технологии лазерного выращивания типовых деталей ЖРД РКТ, участие в отладке и проведении предварительных испытаний опытного образца специального технологического оборудования для прямого лазерного выращивания деталей РКТ).

Поставщик оборудования: ФГУП «НПО «Техномаш».

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

Общие сведения:

Оборудование и технология разработаны в обеспечение эксплуатационных характеристик деталей и узлов перспективных изделий РКТ, изготавливаемых методом прямого лазерного

выращивания с последующей механической обработкой, а также уменьшения трудоемкости и стоимости их изготовления.

Типовые ДСЕ ЖРД, которые могут изготавливаться по разработанной технологической документации из сплавов 07Х16Н6, ХН55МБЮ-ВД

(ЭП 66-ВД) и др., приведены на рис. 6.

Принципиальная схема разработанной технологии показана на рис. 7, а облик и функциональный состав оборудования на рис. 8 и 9.

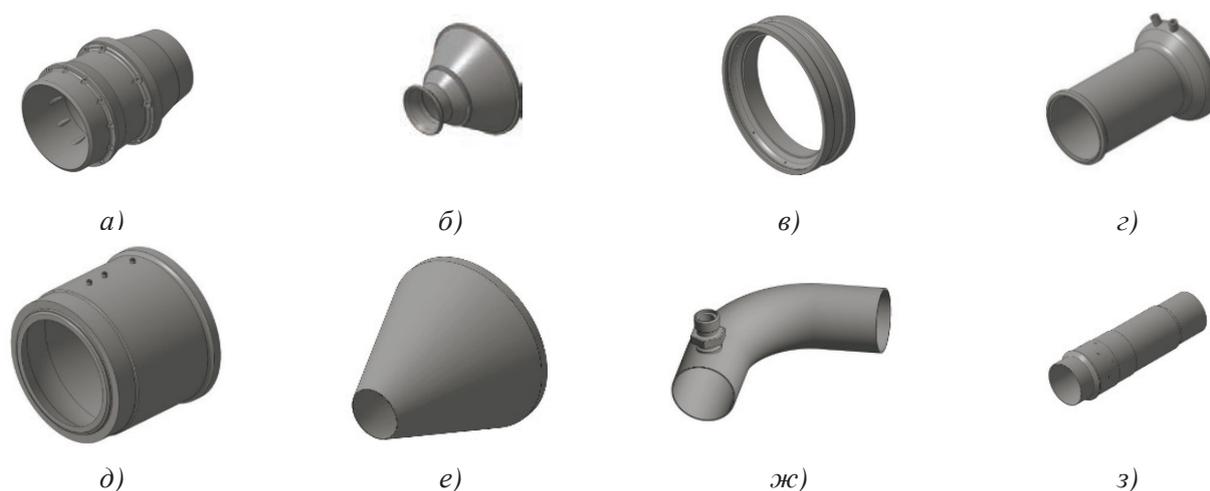


Рис. 6. Типовые детали ЖРД:

- а) корпуса с насадками; б) рубашки сопла; в) вставки; г) патрубки выхлопные; д) рубашки камер; е) рубашки сопел; ж) патрубки; з) форсунки

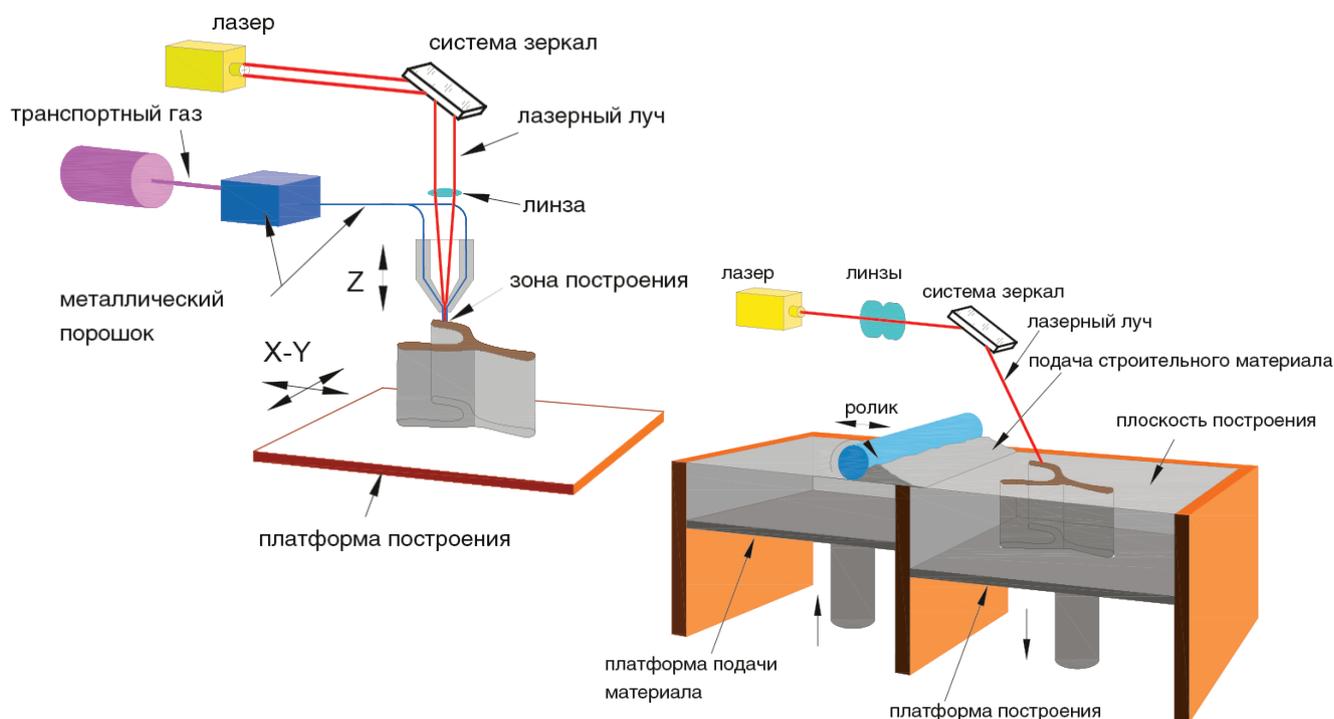


Рис.7. Принципиальная схема процесса прямого лазерного выращивания



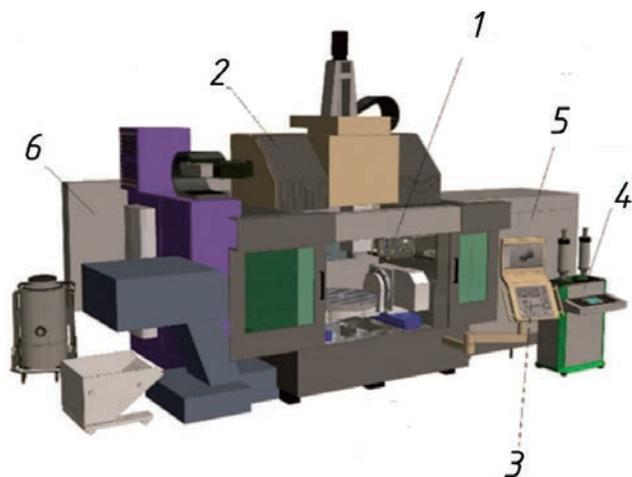


Рис. 8. 3D-облик опытного образца оборудования:
 1 – модуль лазерный; 2 – пятикоординатный обрабатывающий центр; 3 – модуль системы управления; 4 – порошковый питатель-дозатор; 5 – устройство крепления и перемещения рабочей головки; 6 – блок системы подачи газов

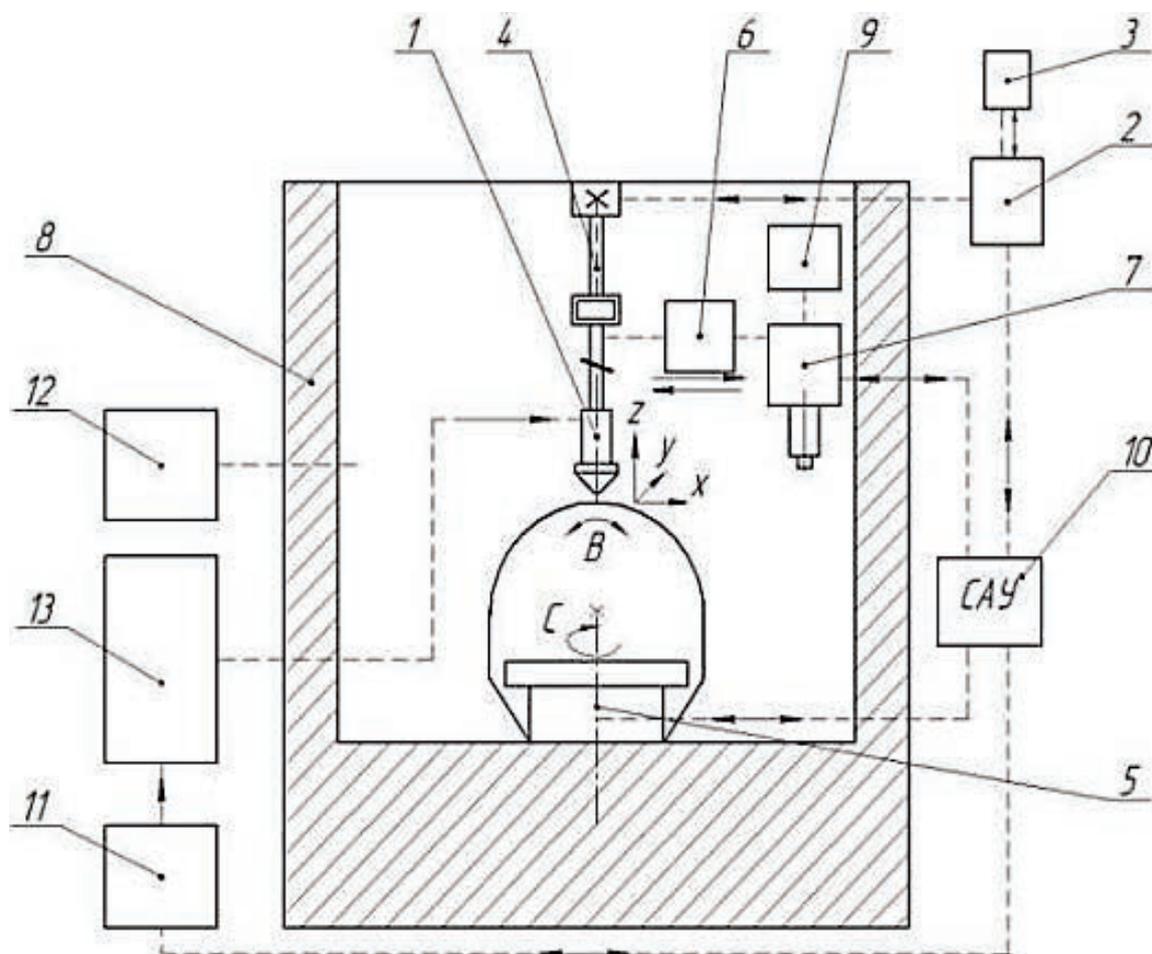


Рис. 9. Функциональный состав и компоновка оборудования:

- 1 – наплавочная головка с коллиматором и системой видеонаблюдения; 2 – иттербиевый волоконный лазер; 3 – система охлаждения лазера; 4 – кинематический модуль перемещений по осям X, Y и Z; 5 – модуль вращений B и C; 6 – модуль смены инструмента; 7 – инструментальный магазин с набором инструментов; 8 – защитная технологическая кабина; 9 – система подачи СОЖ; 10 – модуль системы управления; 11 – система подачи газов; 12 – система вытяжной вентиляции; 13 – порошковый питатель-дозатор

Сведения об аналогах:

– в России: экспериментальный стенд СПб ГПУ (ИЛИСТ) на базе ЛС-5;

– за рубежом: LASERTEC 65 3D, фирма DMG MORI, Япония.

Таблица 5. Основные сравнительные технические характеристики

Характеристики	Разработанное оборудование	Аналоги	
		стенд ИЛИСТ СПбГПУ	LASERTEC 65 3D
Габариты выращиваемых деталей, мм: – диаметр – высота	600 400	100 50	500 400
Минимальная толщина стенки, мм (после механической обработки)	0,9 ± 0,1	1 <i>(механическая обработка отсутствует)</i>	(нет данных)
Используемые порошки (металлы)	нержавеющие стали, жаропрочные никелевые сплавы		
Фракционный состав рабочих порошков, мкм	50-150	(нет данных)	(нет данных)
Мощность лазерного излучения, Вт	5000	5000	2000
Габаритные размеры установки, мм	6450×7000 ×3830	(нет данных)	(нет данных)
Площадь размещения оборудования, м ² <i>(не более)</i>	45	(нет данных)	(нет данных)

С дополнительной информацией о разработке можно ознакомиться в [9].

Библиографический список

1. Бараев А.В., Должанский Ю.М. и др. Информационные паспорта на технологии и специальное технологическое оборудование машиностроительного производства РКП // Вестник «НПО «Техномаш». – 2016. – № 2. – С. 59–64.
2. Бараев А.В., Должанский Ю.М. Электронная паспортная спецификация специального оборудования и производственных технологий, разработанных ФГУП «НПО «Техномаш» в 2010–2015 гг. // Вестник «НПО «Техномаш». – 2017. – № 3. – С. 72–75.
3. Бараев А.В., Должанский Ю.М. и др. Информационные электронные паспорта на технологии и оборудование, разработанные ФГУП «НПО «Техномаш» в 2016 году. // Вестник «НПО «Техномаш». – 2017. – № 3. – С. 66–71.
4. Бараев А.В., Должанский Ю.М. и др. Электронная паспортная спецификация технологий и специального оборудования РКП // Технология машиностроения. – 2018. – № 5. – С. 56–60.
5. Бараев А.В., Должанский Ю.М. Информационные электронные паспорта на технологии и специальное оборудование, разработанные ФГУП «НПО «Техномаш» в 2017 году // Вестник «НПО «Техномаш». – 2018. – № 6. – С. 76–80.
6. Бараев А.В., Должанский Ю.М. и др. Технологии и специальное оборудование, разработанные ФГУП «НПО «Техномаш» в 2018 году // Сварочное производство. – 2019. – № 6. – С. 52–56.
7. Бараев А.В., Должанский Ю.М. и др. Информационные электронные паспорта на технологии и специальное оборудование, разработанные ФГУП «НПО «Техномаш» в 2018 году // Технология машиностроения. – 2019. – № 6. – С. 61–68.
8. Бараев А.В., Должанский Ю.М. и др. Информационные электронные паспорта на технологии и специальное оборудование, разработанные ФГУП «НПО «Техномаш» в 2019 году // Вестник «НПО «Техномаш». – 2020. – № 1. – С. 75–85.
9. Бараев А.В., Кулик В.И., Кочергин С.А., Маркин К.Н., Белавин А.И., Бещеков В.Г., Зубачев А.Н., Бочаров Ю.А., Цветков В.С., Хрушкова Е.М. Разработка опытного образца специального тех-





нологического оборудования для аддитивного производства методом прямого лазерного выращивания деталей РКТ // Вестник «НПО «Техномаш». – 2017. – №2. – С.26–28.

Белавин Алексей Игоревич – начальник отдела
ФГУП «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева.

Тел.: 8 (495) 689-95-45, доб. 95-01. E-mail:

A.Belavin@tm.fsa

Belavin Alexey Igorevich – Department Head of FSUE
«NPO «Technomac» named after S.A. Afanasyev.

Тел.: 8 (495) 689-95-45, ext. 95-01. E-mail:

A.Belavin@tm.fsa

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

Тел.: 8 (495) 689-97-04, доб. 24-27. E-mail:

Dolzhansky.Yu@tmnp.ru

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

Тел.: 8 (495) 689-97-04, ext. 24-27. E-mail:

Dolzhansky.Yu@tmnp.ru

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

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

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

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

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

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

Кочергин Сергей Александрович – канд. техн.
наук, директор центра ФГУП «НПО «Техномаш»
им. С.А. Афанасьева.

Тел. 8(495) 689-95-45, доб. 24-53. E-mail:

S.Kochergin@tmnp.ru

Kochergin Sergei Aleksandrovich – Ph.D. in
Engineering Sciences, Center Director of FSUE «NPO
«Technomac» named after S.A. Afanasyev.

Тел.: 8(495) 689-95-45, доб. 24-53. E-mail:

S.Kochergin@tmnp.ru

Машко Ростислав Владимирович – начальник
лаборатории ФГУП «НПО «Техномаш» им. С.А.
Афанасьева.

Тел. 8(495) 689-97-04, доб. 95-45. E-mail:

R.Mashko@tm.fsa

Mashko Rostislav Vladimirovich – Laboratory Head
of FSUE «NPO «Technomac» named after S.A.
Afanasyev.

Тел.: 8(495) 689-97-04, доб. 95-45. E-mail:

R.Mashko@tm.fsa

Моключенко Игорь Сергеевич – руководитель
направления ФГУП «НПО «Техномаш» им. С.А.
Афанасьева.

Тел. 8(495) 689-95-45, доб. 22-15. E-mail:

I.Mokljuchenko@tm.fsa

Moklyuchenko Igor Sergeevich – Area Head of FSUE
«NPO «Technomac» named after S.A. Afanasyev.

Тел.: 8(495) 689-95-45, ext. 22-15. E-mail:

I.Mokljuchenko@tm.fsa

УДК 658.518.3:629.7

*Омигов Б.И., Рябчиков П.В.**Omigov B.I., Ryabchikov P.V.*

Методические рекомендации по составлению перечня особо важных, критичных технологических процессов и операций

Methodological recommendations for a list of especially important, critical technological processes and operations

Статья посвящена результатам выполнения практических задач по повышению качества и надёжности ракетно-космической техники. Рекомендации содержат сведения о действующих в ракетно-космической промышленности требованиях к разработке Перечней особо важных, критичных технологических процессов (операций); обобщают опыт ведущих организаций ракетно-космической промышленности и раскрывают проблемные вопросы и негативный опыт, полученный в результате проверок качества и инспекционного контроля организаций.

The paper is devoted to the results of practical tasks to improve the quality and reliability of aerospace equipment. Recommendations contain information on the requirements applicable in the aerospace industry for the development of lists of especially important, critical technological processes (operations); summarize the experience of leading organizations in the aerospace industry and reveal problematic issues and negative experiences resulting from quality inspections and inspections of organizations.

Ключевые слова: стандартизация, качество, особо ответственные операции.

Keywords: standardization, quality, critical operations.

В целях получения квалифицированной методической помощи во ФГУП «НПО «Техномаш» – как головную научно-исследовательскую организацию ракетно-космической промышленности (ГНИО РКП) – обращаются многие организации. Так, например, в 2020 году проводились работы по разъяснению требований нормативной документации по запросам организаций в части разработки перечня особо важных (ответственных), критичных (специальных) технологических процессов и операций (далее – Перечень ООО) по запросу РКЗ АО «ГКНППЦ им. М.В. Хруничева».

Основопологающим документом, регламентирующим создание и производство комплексов и изделий ракетной и космической техники различного назначения с обеспечением заданных (требуемых) уровней качества, надёжности и безопасности является Положение РК-98-КТ (РК-98) и его дальнейшее развитие – Положение РК-11-КТ (РК-11) (далее – Положение РК).

Для всех организаций РКП являются обязательными требования ОСТ 134-1028-2012 с изм. 1 [1]. В Положении РК, ГОСТ РВ 15.002-2003, ГОСТ РВ 0015-002-2012, ОСТ 134-1028-2012 с изм. 1 установлены требования по выявлению трудноуправляемых и нестабильных технологических процессов (ТП), особо ответственных и критичных (специальных) ТП (операций) изготовления, сборки, монтажа, регулировки, настройки, испытаний и контроля, а также управлению ими.

По результатам анализа перечисленных документов установлено, что все формулировки имеют аналогичные по смыслу значения с различным текстовым описанием. Причем, даже в основополагающем документе (Положении РК) в разных разделах формулировки имеют отличия.

Положением РК установлено, что подготовку опытного производства на предприятиях-изготовителях и подготовку к монтажным работам



на полигоне (объекте монтажа) специализированные монтажные организации проводят по планам подготовки опытного производства и планам подготовки к монтажным работам, которые должны предусматривать:

- составление (уточнение) совместно с организациями-разработчиками перечня особо ответственных (критичных) технологических процессов и операций;

- составление совместно с организациями-разработчиками перечня особо важных (ответственных) операций сборки, монтажа, регулировки, настройки, испытаний и контроля, которые могут выполняться только исполнителями, аттестованными и имеющими удостоверение (карты закрепления) на право выполнения таких работ.

Пунктом 8.5.1.46 ОСТ 134-1028-2012 с изм. 1 установлено, что документы по стандартизации организации с учётом требований Положений РК, ГОСТ РВ 0015-002, ГОСТ РВ 15.301 должны предусматривать документальное оформление, согласование с военным представительством Министерства обороны Российской Федерации (далее – ВП МО РФ) и утверждение перечней:

- особо ответственных и критичных (специальных) ТП (операций);

- критичных элементов изделия;

- особо ответственных операций сборки, монтажа, регулировки, настройки, испытаний и контроля, которые выполняются только аттестованным персоналом, включая операции, выполняемые только в дневное время аттестованным персоналом;

- деталей, сборочных единиц и продукции, на которые оформляются технологические паспорта для осуществления пооперационного контроля качества изготовления и идентификации статуса выполнения операций ТП и качества изготовления.

Особо ответственный технологический процесс или операция – технологический процесс или операция, нарушения в которых могут привести либо к выходу из строя продукции, либо к потере или изменению ее функциональных свойств.

Отдельно стоит пояснить определение критичного (специального) процесса или опера-

ции – критичным (специальным) процессом (операцией) является технологический процесс (операция), результат которого нельзя в полной мере проверить последующим контролем и испытанием каждого образца продукции и установить выполнение требований конструкторской документации, следовательно, недостатки продукции могут проявиться только в ходе ее применения.

Таким образом, к критичным (специальным) процессам или операциям необходимо относить те случаи, когда контроль результата процесса (операции) предусмотрен, но вместе с тем:

- выборочный (не 100%);

- разрушающий или вносит недопустимые по КД изменения в характеристики, свойства продукции (каждое изделие испытать таким образом нельзя);

- возможен только на образцах-свидетелях;

- обладает большой погрешностью.

Для специальных процессов характерна необходимость внесения в перечни ООО даже не собственно процесса, а контрольной операции, подтверждающей качество выполнения технологической.

Специальные процессы упоминаются и в Авиационных правилах АП 145.

Специальные технологические процессы – ТП, результаты которых невозможно в полной мере проверить последующим контролем или испытаниями без изменения свойств изделия или без его разрушения. Вследствие этого, соответствие изделия установленным требованиям обеспечивается только непрерывным управлением такими процессами.

В Авиационных правилах АП 21 также содержатся требования к управлению специальными процессами – организации-изготовители должны иметь документацию, в которой описаны методы контроля изготовления частей, деталей и агрегатов, включая методы определения стабильности специальных и особо ответственных технологических процессов.

Разные формулировки в нормативной документации (НД) являются первым источником разногласий. Вторым источником является отсутствие четких указаний по составлению перечней ООО.

В организациях РКП применяются несколько подходов к составлению перечней ООО:

1. Перечень ООО разрабатывается на основании перечня критичных элементов изделий (КрЭ).

2. Перечень ООО разрабатывается на основании решения технолога и представителя заказчика с учетом анализа особенностей технологического процесса, опыта изготовления аналогичных изделий.

3. Перечень ООО разрабатывается на основании наличия действующих операций межцехового и окончательного контроля.

Самым худшим считается третий подход. При проведении проверок качества изготовления РКТ на одном из предприятий выявлено, что в перечень ООО внесены все операции, которые применяются при производстве – сварочные, лакокрасочные, упаковка и т.д. Такой подход полностью дискредитирует смысл особо ответственной операции. Например, для операции сварка не имеет решающего значения нахождение за спиной сварщика контролера и (или) представителя заказчика. От этого качество сварного шва не улучшится. Решающей в данном случае будет операция, подтверждающая качество сварного шва – неразрушающий контроль, испытания на герметичность и т.п.

Второй подход является более разумным, однако также необоснованно расширяет перечень. Ведь все операции следует выполнять качественно, без дефектов, а не только особо ответственные. Все операции по созданию авиационной и космической техники в большинстве случаев являются особыми операциями. Право их реализации ограничено соответствующими лицензионными и сертификационными требованиями, которые касаются аттестации исполнителей, рабочих мест и технологических процессов. Понятно, что из-за нескольких некачественно изготовленных, например, болтов, может возникнуть аварийная ситуация. Но смысл особо ответственных операций – это обеспечение функционирования критичных элементов изделий.

Анализ видов последствий и критичности отказов (АВПКО) – это процедура качественного анализа проекта, технологии изготовления, правил эксплуатации и хранения, системы тех-

нического обслуживания и ремонта изделия, заключающаяся в выделении на некотором уровне разукрупнения его структуры возможных (наблюдаемых) отказов разного вида, в прослеживании причинно-следственных связей, обуславливающих их возникновение, и возможных (наблюдаемых) последствий этих отказов на данном и вышестоящих уровнях, а также в качественной оценке и ранжировании отказов по тяжести их последствий (ГОСТ 27.310-95 [2]). В соответствии с п. 4.2 ГОСТ 27.310-95 в процессе АВПКО решается задача по составлению и периодической коррекции перечней критичных элементов и технологических процессов.

Соответственно, на основании перечней критичных элементов создаются перечни ООО, то есть операций и технологических процессов, которые реализуются в процессе создания именно критичных элементов конструкций. Учитывая, что Положение РК прямо допускает разработку единого перечня особо ответственных (критичных) технологических процессов и операций, не стоит разрабатывать два отдельных документа.

Таким образом, рекомендуется следующий порядок разработки взаимоувязанных документов в обеспечение качества и надежности:

1. Проведение АВПКО.

2. Разработка Перечня КрЭ изделия (выполняет организация-разработчик).

3. Анализ Перечня КрЭ изделия (выполняет организация-изготовитель). Установление всех технологических процессов, применяемых при изготовлении КрЭ. Определение из объема технологических процессов, применяемых при изготовлении КрЭ технологических процессов сборки, монтажа, регулировки, настройки, испытаний и контроля. Составление Перечня особо важных (ответственных), критичных технологических процессов (операций).

4. Разработка Перечня специального технологического оборудования, испытательных стендов и контрольно-измерительных средств, задействованных в реализации особо важных (ответственных), критичных технологических процессов (операций).

5. На основании Перечня специального технологического оборудования, испытательных стендов и контрольно-измерительных средств,



задействованных в реализации особо важных (ответственных), критичных технологических процессов (операций), разрабатываются отдельные графики планово-предупредительного ремонта (ППР) оснастки, задействованной в реализации особо важных (ответственных), критичных технологических процессов (операций); для металлообрабатывающего оборудования – графики проверки на технологическую точность.

6. На основании Перечня особо важных (ответственных), критичных технологических процессов (операций) разрабатывается Перечень технологических процессов (операций), подлежащих фото- и видеодокументированию (СТО ГК 1001-2019 [3]).

Указанные выше перечни и графики могут уточняться и дополняться в процессе производства изделий РКТ и их составных частей с накоплением статистических сведений о качестве и надежности продукции.

Не следует перегружать Перечень ООО операциями, не относящимися к операциям сборки, монтажа, регулировки, настройки, испытаний и контроля, соответствующего КрЭ изделия.

Операции, которые по мнению службы качества и (или) заказчика (в т.ч. ВП МО РФ), требуют особого внимания при их выполнении, следует включать в перечни обязательного предъ-

явления или в перечни специальных процессов (операций), которые могут разрабатываться организацией самостоятельно.

Внесение операций в Перечни особо важных (ответственных), критичных технологических процессов (операций), не относящихся к конкретному критичному элементу изделия, не вносит существенного влияния на качество выполнения таких операций.

Операции, не отнесенные к Перечню ООО, требуется выполнять с заданными показателями качества.

В случае выявления несоответствий по элементам конструкции, ставшим причиной аварии, рекомендуется актуализировать Перечень КрЭ.

Организациям-разработчикам с использованием информации по авариям и отказам РКТ разработки других предприятий РКТ рекомендуется совместно со специалистами ГНИО РКТ проводить анализ Перечней КрЭ, выявлять конструктивно и (или) функционально схожие элементы конструкции, по которым имелись отказы и аварии, и осуществлять анализ и корректировку Перечня КрЭ.

На основании изменений к Перечню КрЭ организациям-изготовителям необходимо проводить актуализацию Перечней особо важных операций.

Библиографический список

1. ОСТ 134-1028-2012 Ракетно-космическая техника. Требования к системам менеджмента качества предприятий, участвующих в создании, производстве и эксплуатации изделий (с изменением № 1). – 165 с.
2. ГОСТ 27.310-95 Надежность в технике. Анализ видов, последствий и критичности отказов. Основные положения. – М.: Издательство стандартов, 2002. – Сб. Надежность в технике.– С. 139–152.
3. СТО ГК 1001-2019 Система стандартизации Госкорпорации «Роскосмос». Фото- и видеодокументирование процессов при изготовлении и эксплуатации изделий ракетно-космической техники. Основные требования (применяется с 01.07.2019).

Омигов Борис Иванович – канд. техн. наук, директор центра ФГУП «НПО «Техномаш» имени С.А. Афанасьева.
Тел.: 8 (495) 689-95-61, доб. 23-69. E-mail: B.Omigov@tmnpo.ru
Omigov Boris Ivanovich – Ph.D. in Engineering Sciences, Center Director of FSUE «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasyev.
Tel.: 8 (495) 689-95-61, ext. 23-69. E-mail B.Omigov@tmnpo.ru

Рябчиков Павел Вячеславович – директор центра ФГУП «НПО «Техномаш» имени С.А. Афанасьева.
Тел.: 8 (495) 689-95-94, доб. 23-09. E-mail: p.ryabchikov@tmnpo.ru
Ryabchikov Pavel Vyacheslavovich – Center Director of FSUE «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasyev.
Tel.: 8 (495) 689-95-94, доб. 23-09. E-mail: p.ryabchikov@tmnpo.ru

УДК 629.7:658.5

Дорохин Ю.Н., Круглов И.А., Сумбуров С.А.
Dorokhin Y.N., Kruglov I.A., Sumburov S.A.

Результаты внедрения фото- и видеодокументирования в ракетно-космической промышленности

Results of photo and video documenting implementation in the aerospace industry

Статья посвящена результатам внедрения фото- и видеодокументирования в ракетно-космической промышленности.

The paper is devoted to the results of photo- and video-documentation in the aerospace industry.

Ключевые слова: фотодокументирование, видеодокументирование, система технологической надежности.

Keywords: photo-documentation, video-documentation, process reliability system.

В современном мире ежедневно появляются новые технологии, методы производства и контроля. Мировые тенденции требуют постоянной адаптации. К действующему производству предъявляются все более высокие требования по надежности и качеству конечной продукции, особенно в ракетно-космической технике (РКТ). В космической деятельности цена ошибки имеет высочайшую цену – в финансовых и репутационных вопросах, в сохранении человеческих жизней, а также при осуществлении пилотируемых запусков и безопасности персонала. В организациях ракетно-космической промышленности (РКП) идут постоянные изменения, внедряются новейшие прогрессивные технологии и способы контроля качества изделий РКТ. Одним из способов дополнительного контроля качества продукции является внедрение фото- и видеодокументирования на всех этапах производства РКТ и ее составных частей.

В 2019 году в рамках развития и внедрения единого подхода при организации системы управления качеством, обеспечении технологической надежности в соответствии с указанием генерального директора Госкорпорации «Роскосмос» в максимально сжатые сроки (менее трех месяцев) ФГУП «НПО «Техномаш» – головной научно-исследовательской организацией РКП по технологиям создания РКТ и метрологическому обеспече-

нию ее производственно-технологической базы – разработан стандарт «Фото- и видеодокументирование процессов при изготовлении и эксплуатации изделий ракетно-космической техники. Основные требования» (далее – стандарт по ФВД) [1].

Следует отметить, что внедрение фото- и видеодокументирования в ряде организаций РКП началось еще до разработки стандарта по ФВД. Целью разработки стандарта по ФВД являлось упорядочение, систематизация и внедрение единых подходов к организации фото- и видеодокументирования во всех организациях, входящих в структуру Госкорпорации «Роскосмос».

Требования стандарта по ФВД распространяются на все особо ответственные (критичные) технологические процессы (операции) изготовления, сборки, монтажа, ремонта, испытаний, эксплуатации, а также контроля качества изделий РКТ и их составных частей. Определены виды документирования и общие подходы к их организации, а также к хранению и обороту полученных в результате фото- и видеодокументирования документов.

В соответствии с производственными планами и возможностями организации РКП разрабатывают планы внедрения фото- и видеодокументирования на местах. Надо сказать, что в 2020 году пандемия внесла серьезные коррективы в



процессы внедрения процедур фото- и видеодокументирования в организациях РКП. Далеко не на всех предприятиях удалось в полной мере реализовать работы, начатые в 2020 году. Только на 20% предприятий РКП внедрение проведено, остальные организации находятся в стадии анализа требований и реализации необходимых действий для полноценного введения указанных процедур в технологические процессы. Можно прогнозировать, что к концу 2021 – началу 2022 года на большинстве предприятий РКП такие процедуры будут применяться в полном объеме.

Хотя само по себе фото- и видеодокументирование формально не может улучшить качество продукции, положительное влияние от его появления явно заметно, и это позволяет Появление операций фото- и видеодокументирования позволяет в случае необходимости осуществить ретроспективный взгляд на промежуточные результаты изготовления, монтажа ремонта, испытаний составных частей изделий, в том числе в процессе эксплуатации при проведении работ на технических и стартовых комплексах во время подготовки изделий РКП к запуску. А сами операции фиксации результатов выполнения работ в виде фото- или видеоматериалов показали себя как эффективный инструмент до-

полнительного контроля, стимулирующий работников к более внимательному выполнению порученных операций.

По результатам опытной эксплуатации стандарта по ФВД во второй половине 2019 года и в 2020 году осуществлен сбор замечаний и предложений от предприятий РКП. Проведена работа по анализу результатов опытной эксплуатации стандарта по ФВД. Характер замечаний в основном носит редакционный характер, что позволяет сделать вывод о высоком качестве стандарта по ФВД, несмотря на сжатые сроки его разработки. В настоящее время подготовлен проект извещения о внесении изменений на основании собранных замечаний и предложений.

Несмотря на то, что фото- и видеодокументирование в РКП в целом находится в стадии внедрения, уже сейчас можно отметить положительный эффект как в части локализации проблемы в случае обнаружения отказов или несоответствий на последующих этапах производства и эксплуатации изделий и их составных частей, так и в оценке показателей качества и надежности изделий РКП.

Статистика говорит сама за себя – в 2019, 2020 и I квартале 2021 года организациями РКП осуществлено 100% успешных запусков изделий РКП.

Библиографический список

1. СТО ГК 1001-2019 «Система стандартизации Госкорпорации «Роскосмос». Фото- и видеодокументирование процессов при изготовлении и эксплуатации изделий ракетно-космической техники. Основные требования» (применяется с 01.07.2019).

Дорохин Юрий Николаевич – заместитель генерального директора по обеспечению качества производства РКП ФГУП «НПО «Техномаш» имени С.А. Афанасьева.

Тел.: 8(495) 689-96-66, доб. 22-63. E-mail: Y.Dorohin@tmnpo.ru

Dorokhin Yurii Nikolaevich - Deputy CEO for Quality Assurance in the Aerospace Manufacturing of FSUE «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasyev.

Тел.: 8(495) 689-96-66, ext. 22-63. E-mail: Y.Dorohin@tmnpo.ru

Круглов Игорь Александрович – заместитель директора центра ФГУП «НПО «Техномаш» имени С.А. Афанасьева.

Тел.: 8(495) 689-95-94, доб. 23-09. E-mail: I.Kruglov@tmnpo.ru

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

Тел.: 8(495) 689-95-94, ext. 23-09. E-mail: I.Kruglov@tmnpo.ru

Сумбуров Сергей Алексеевич – главный специалист ФГУП «НПО «Техномаш» имени С.А. Афанасьева.

Тел.: 8(495) 689-96-88, доб. 22-37. E-mail: S.Sumburov@tmnpo.ru

Sumburov Sergey Alexeyevich – Principal Specialist of FSUE «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasyev.

Тел.: 8(495) 689-96-88, доб. 22-37. E-mail: S.Sumburov@tmnpo.ru

УДК 658.513:629.7

Лобанов А.В., Жуков В.В., Круглова Ю.В.
Lobanov A.V., Zhukov V.V., Kruglova Y. V.

Аспекты предъявления этапов опытно-конструкторских работ для контроля военными представительствами Министерства обороны Российской Федерации

Aspects of presenting the experimental design projects stages for control by military representative offices of Ministry of Defence of the Russian Federation

Статья посвящена актуальным проблемным вопросам предъявления на приёмку военным представительствам Министерства обороны Российской Федерации этапов опытно-конструкторских работ, выполняемых ФГУП «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева.

The paper is devoted to the current problematic issues of submitting for acceptance by the military missions of the Ministry of Defense of the Russian Federation the stages of experimental design projects which are carried out by FSUE «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasyev.

Ключевые слова: предъявление, рассмотрение, испытания, заключение.

Keywords: submission, review, tests, conclusion.

В настоящее время практически все работы, выполняемые ФГУП «НПО «Техномаш» в рамках Федеральной космической программы Российской Федерации, а также по другим Федеральным целевым программам, финансируемым Госкорпорацией «Роскосмос», ведутся под контролем военного представительства Министерства обороны Российской Федерации (ВП МО РФ).

Предъявление этапов опытно-конструкторских работ (ОКР) на контроль ВП МО РФ регламентируется требованиями нормативных документов системы разработки и постановки на производство военной техники и связанных с ними других нормативных документов. Основными при выполнении ОКР являются Положение РК-11-КТ, ГОСТ РВ 15.203–2001 Система разработки и постановки на производство. Военная техника. Порядок выполнения опытно-конструкторских работ по созданию изделий и их составных частей. Основные положения и

ГОСТ РВ 2.902 Единая система конструкторской документации. Порядок проверки, согласования и утверждения конструкторской документации.

Как правило, технические задания (ТЗ) на выполнение ОКР (составных частей (СЧ) ОКР) Госкорпорации «Роскосмос» (предприятий ракетно-космической промышленности (РКП) – головных исполнителей ОКР), которые выдаются ФГУП «НПО «Техномаш», предусматривают выполнение следующих этапов:

- разработка эскизного проекта (ЭП);
- разработка рабочей (рабочей конструкторской) документации (РД/РКД) для изготовления опытного образца изделия;
- изготовление опытного образца изделия (опытного образца СЧ изделия) и проведение предварительных испытаний;
- проведение приёмочных (государственных, межведомственных) испытаний опытного образца изделия (опытного образца СЧ изделия)¹;

¹ Поскольку приёмочные испытания проводятся комиссией, назначенной заказчиком, этот этап выведен за рамки рассмотрения в статье.





– утверждение РКД для организации промышленного (серийного) производства изделий.

По техническим заданиям Госкорпорации «Роскосмос» не предусматривается выполнение этапа технического проекта, поэтому работы, выполняемые на этой стадии, распределяются по этапам разработки ЭП и разработки РКД.

Перед началом выполнения работ по ОКР (СЧ ОКР) ответственное за выполнение работы подразделение должно провести проработку ТЗ в части наличия всех ранее изложенных требований по ТЗ в разделе «Этапы выполнения работ» (проведение экспертиз, патентных исследований, разработки программ испытаний, изготовления макетов и образцов и т.д.). В случае выявления расхождений в разделе «Этап выполнения работ» с требованиями, изложенными ранее по тексту ТЗ, ответственным за выполнение работы подразделением должны быть выработаны мероприятия (проведение корректировки ТЗ, согласование решения с заказчиком, оформление программы приемки и т.д.) по определению минимально необходимого объема отчетной документации и порядку ее разработки и предъявления на приемку. Проведение такой работы на раннем этапе позволяет в дальнейшем избежать проблемных вопросов при приемке этапов в ВП МО и в Госкорпорации «Роскосмос», так как необходимость разработки документов и выполнение работ, не учтенных в разделе «Этапы выполнения работ», при этом отраженных в других разделах ТЗ, может привести к срыву срока выполнения работ по этапу или некорректному их выполнению.

При выполнении этапов ОКР следует учитывать, что в соответствии с Положением о взаимодействии ФГУП «НПО «Техномаш» с 1653 ВП МО РФ при выполнении опытно-конструкторских работ П 4.2-11-2015 отчетная научно-техническая документация (ОНТД) должна быть предъявлена не менее чем за 30 дней до сроков окончания этапов, установленных в ТЗ и ведомости исполнения.

На этапах ОКР разрабатываются документы, установленные ГОСТ РВ 15.203 и ГОСТ РВ 2.902. При этом необходимо обращать внимание не только на документацию, указанную в приложении А ГОСТ РВ 15.203, но и на документы, указанные в разделах стандарта,

устанавливающих порядок выполнения этапов ОКР, а также на документы, установленные ГОСТ РВ 2.902.

При разработке ЭП в соответствии с ГОСТ РВ 15.203 материалы должны быть рассмотрены на научно-техническом совете (НТС) или техническом совещании специалистов ФГУП «НПО «Техномаш».

ЭП должен быть представлен ВП МО для ознакомления в срок не менее чем за 15 дней до рассмотрения его на НТС (секции НТС) или на техническом совещании специалистов. По результатам рассмотрения ЭП, при необходимости, должен быть доработан, утверждён генеральным директором Предприятия, после чего рассмотрен заинтересованными организациями по одному из вариантов, установленных пунктом 5.2.8 ГОСТ РВ 15.203. Доработанный по результатам рассмотрения ЭП представляется в ВП МО РФ на заключение. Вместе с ЭП представляются документы, установленные ГОСТ РВ 15.203 и ГОСТ РВ 2.902 для стадий разработки эскизного и технического проектов.

ВП МО РФ по результатам рассмотрения вырабатывает заключение, которое должно содержать рекомендации об утверждении (отклонении) проекта и рекомендации о возможности перехода к следующему ОКР (СЧ ОКР).

В случае выдачи ВП МО заключения об отклонении от приёмки ЭП, **заказчик должен подтвердить это заключение**, после чего ЭП дорабатывается и направляется ВП МО РФ повторно.

На этапе разработки ЭП при изготовлении и испытаниях макетов необходимо особо обращать внимание на наличие в ТЗ требований по согласованию с ВП МО подлинников документов для изготовления макетов и на наличие требований по согласованию с ВП МО программ и методик испытаний.

На этапе разработки РКД в ВП МО РФ предъявляются утверждённая ФГУП «НПО «Техномаш» конструкторская документация и иные документы в объёме, установленном ТЗ и ГОСТ РВ 15.203. В частности, на этапе разработки РКД может разрабатываться и согласовываться с ВП МО РФ (если это не произведено на этапе эскизного проектирования) перечень (комплект-



ность) конструкторской документации на изделие в соответствии с номенклатурой конструкторской документации, приведённой в ГОСТ 2.102 [1], с указанием документов, подлежащих согласованию на последующих этапах ОКР (СЧ ОКР) и на стадии промышленного (серийного) производства с ВП МО, другими организациями в соответствии с их компетенцией и заказчиком или головным исполнителем ОКР (если ФГУП «НПО «Техномаш» выполняет СЧ ОКР).

ВП МО РФ в соответствии с ГОСТ РВ 15.203 рассматривает предъявленную РКД и согласовывает (визирует) документы в соответствии с указанным выше перечнем, в срок не более 20 дней со дня получения на рассмотрение.

При обнаружении недостатков в предъявленной РКД ВП МО возвращает её на доработку с указанием **конкретных замечаний и предложений**.

После устранения недостатков документацию предъявляют на рассмотрение повторно.

При этом, в случае если предприятие не согласно с замечаниями и предложениями ВП МО РФ, разногласия решает заказчик.

Стоит обратить внимание, что в ГОСТ РВ 15.203 особо оговорено указание **конкретных замечаний и предложений**.

Согласование РКД осуществляется ВП МО РФ путём визирования подлинников документации, которое является основанием для приёмки этапа выполнения ОКР заказчиком.

На этапе изготовления опытного образца и проведения предварительных испытаний ВП МО РФ осуществляет контроль качества его изготовления (в соответствии с перечнем обязательного предъявления) и приёмку опытного образца перед предварительными испытаниями, рассмотрение и согласование РКД, эксплуатационной документации (ЭД) и технологической документации (ТД), если согласование ТД предусмотрено ТЗ, откорректированных по результатам предварительных испытаний, и материально-техническую приёмку опытного образца.

Перед предъявлением опытного образца изделия на приёмку ВП МО РФ, он должен пройти приёмку отделом технического контроля (ОТК).

ВП МО РФ проводит приёмку опытного образца по проекту технических условий (ТУ),

(входящих в комплект КД) в объёме проверок, соответствующих категории приёмосдаточных испытаний. Принятый ВП МО РФ опытный образец допускается для предъявления на предварительные испытания.

Для проверки готовности рабочей конструкторской и технологической документации, откорректированных по результатам предварительных испытаний, к предъявлению ВП МО РФ на согласование и выдачу заключения о возможности изготовления (доработки) по ней опытного образца изделия для предъявления на приёмочные испытания, ФГУП «НПО «Техномаш» создается комиссия, которая проверяет документацию в объёме требований ГОСТ РВ 2.902. Результаты проверки оформляются актом. По результатам работы комиссии РКД присваивается литера «О».

На этапе предварительных испытаний проверку ЭД проводит комиссия с участием ВП МО РФ. Результаты проверки также оформляются отдельным актом.

Проверенная комиссией, откорректированная, согласованная в установленном порядке и утверждённая РКД литеры «О», ЭД и соответствующая ТД на процессы контроля и испытаний перед приёмочными испытаниями должны быть предъявлены на согласование и заключение ВП МО в соответствии с требованиями ГОСТ РВ 2.902. Вместе с РКД в ВП МО РФ предъявляют также акты (отчёты, решения) по отработке и предварительным испытаниям опытного образца изделия.

ВП МО РФ рассматривает документацию литеры «О» в объёме, предусмотренном ГОСТ РВ 2.902.

ЭД, в том числе цветные оригиналы учебно-технических плакатов по эксплуатации изделия и каталожные описания на изделие, ВП МО РФ рассматривает в частях:

- соответствия их утверждённой ведомости ЭД;
- соответствия их опытному образцу изделия, предъявляемому на приёмочные испытания;
- полноты доработки по результатам предварительных испытаний;
- соответствия ЭД утверждённым проспектам.



После устранения замечаний ВП МО в соответствии с ГОСТ РВ 2.902 подписывает подлинники документов под рубрикой «Согласовано» согласно перечню документов, подлежащих согласованию, утверждает акт о завершении корректировки РКД и доработке опытного образца изделия по результатам предварительных испытаний и направляет своё заключение заказчику и во ФГУП «НПО «Техномаш» в срок не более 20 дней со дня получения на рассмотрение документации по опытному образцу изделия.

Откорректированную РКД и другую техническую документацию, необходимую для проведения приёмочных испытаний, доработанный по документации литеры «О» опытный образец изделия ВП МО РФ принимает в порядке, установленном в программе материально-технической приемки.

Содержание и объем программы материально-технической приемки определяют заказчик, ВП МО РФ и ФГУП «НПО «Техномаш». В программе также должен быть установлен порядок предъявления доработанного опытного образца изделия (опытного образца СЧ изделия) на приёмку отделу технического контроля.

По совместному решению головного исполнителя ОКР (исполнителя СЧ ОКР) и заказчика (решению представительства заказчика (ПЗ) при исполнителе СЧ ОКР и головного исполнителя ОКР для опытного образца СЧ изделия военной техники (ВТ)) допускается осуществлять материально-техническую приёмку без разработки этой программы, а руководствуясь проектом ТУ – в объёме состава проверок, предусмотренных для категории приёмо-сдаточных испытаний.

Результаты материально-технической приёмки оформляют актом.

При несоответствии опытного образца изделия и (или) РКД акту о завершении корректировки РКД согласно плану-графику мероприятий и доработки (изготовления) по ней опытного образца изделия ВП МО РФ выдает заключение о причине возврата опытного образца изделия и (или) РКД для устранения выявленных недостатков и предъявления их на повторную приемку.

Основанием для закрытия этапа ОКР «Изготовление опытного образца изделия (опытного образца СЧ изделия) и проведение предварительных испытаний» является акт материально-технической приёмки.

На этапе «Проведение приёмочных (государственных, межведомственных) испытаний опытного образца изделия (опытного образца СЧ изделия)» основанием для предъявления ОНТД по этапу в ВП МО РФ и приёмки этапа является утверждённый совместным решением заказчика акт приёмочных (государственных, межведомственных) испытаний.

На этапе ОКР «Утверждение рабочей конструкторской документации для организации промышленного (серийного) производства» ВП МО РФ принимает откорректированную по результатам приёмочных (государственных, межведомственных) испытаний РКД и ЭД и доработанный по результатам приёмочных испытаний опытный образец изделия (опытный образец СЧ изделия).

После завершения работ составляют акт, на основании которого РКД, ТД и ЭД могут быть предъявлены на рассмотрение межведомственной комиссии для утверждения их к промышленному (серийному) производству с присвоением литеры «О₁».

ГОСТ РВ 2.902 и ГОСТ РВ 15.203 не конкретизируют требований по созданию комиссии ФГУП «НПО «Техномаш» для рассмотрения готовности документации, откорректированной по результатам приёмочных (государственных, межведомственных) испытаний, к предъявлению её на приёмку ВП МО РФ. Однако создание такой комиссии является целесообразным, для предотвращения предъявления в ВП МО РФ документации, содержащей несоответствия или ошибки.

Основанием для предъявления ОНТД по этапу на согласование в ВП МО РФ является акт межведомственной комиссии об утверждении РКД к промышленному (серийному) производству.

Таким образом, основными особенностями предъявления ОНТД по этапам ОКР на рассмотрение и согласование в ВП МО РФ являются:

– трехкратное представление РКД в ВП МО РФ на рассмотрение, согласование и приёмку (безлитерная, откорректированная по результатам предварительных испытаний, откорректированная по результатам приёмочных (государственных, межведомственных) испытаний перед предъявлением на рассмотрение межведомственной комиссией для утверждения к про-

мышленному (серийному) производству с присвоением литеры «О₁»);

– двукратное представление опытного образца на приёмку ВП МО РФ (по проекту ТУ перед предварительными испытаниями и на материально-техническую приёмку перед предъявлением на приёмочные (государственные, межведомственные) испытания).

Библиографический список

1. ГОСТ 2.102-2013. Виды и комплектность конструкторских документов. – М.: Стандартинформ, 2014. – 15 с.

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

Тел.: 8(495) 689-95-94, доб. 23-93. E-mail:

V.Zhukov@tmnpo.ru

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

Tel.: 8(495) 689-95-94, ext. 23-93. E-mail: V.Zhukov@tmnpo.ru

Круглова Юлия Васильевна – специалист ФГУП «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева.

Тел.: 8(495) 689-95-55, доб. 95-55. E-mail: yuliya-frolova-1987@mail.ru

Kruglova Yulia Vasilievna – Specialist of FSUE «NPO «Technomac» named after S.A. Afanasyev.

Tel.: 8(495) 689-95-55, ext. 95-55. E-mail: yuliya-frolova-1987@mail.ru

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

Тел. 8(495) 689-95-36, доб. 97-08. E-mail: a.lobanov@tm.fsa

Lobanov Andrey Vladimirovich – Principal specialist of FSUE «NPO «Technomac» named after S.A.

Afanasyev.

Tel.: 8(495) 689-95-36, ext. 97-08. E-mail: a.lobanov@tm.fsa



УДК 629.78

Чичварин В.Ф.
Chichvarin V.F.

К 55-летию образования Министерства общего машиностроения

To the 55th Anniversary of the Ministry of General Machine Building Establishment

Статья посвящена становлению отечественной ракетно-космической промышленности в послевоенные годы, которое началось с создания баллистических и стратегических ракет, опыт при создании которых позволил осуществить запуск первых космических ракет-носителей. После ряда организационных изменений сформировано Министерство общего машиностроения, перед которым поставили сложную и ответственную задачу – обеспечить паритет с США по стратегическим ядерным силам и развитие работ по космосу.

The paper is devoted to the formation of the domestic aerospace industry in the postwar years, which began with the engineering of ballistic and strategic missiles, the experience in the engineering of which made it possible to launch the first space launch vehicles. After a series of organizational changes, the Ministry of General Machine Building was formed, which was faced with the complex and responsible task of ensuring parity with the United States in strategic nuclear forces and the development of work on space.

Ключевые слова: ракетно-космическая промышленность, Министерство общего машиностроения, структура Министерства, производственно-технологическая база, технологии.

Keywords: aerospace industry, Ministry of General Machine Building, Ministry structure, engineering and manufacturing base, technologies.

13 мая 1946 года опубликовано Постановление Совета Министров СССР № 1017-419сс о создании в Советском Союзе реактивного вооружения. Эта дата считается днем рождения отечественной ракетно-космической отрасли. Создан специальный комитет по реактивной технике при Совете Министров СССР под председательством Маленкова Г.М. для координации работ по созданию новой отрасли (рис. 1).

Головными министерствами по разработке и производству реактивного вооружения определили:

– по реактивным снарядам с жидкостными двигателями – Министерство вооружения (министр Устинов Д.Ф.);

– по реактивным снарядам с пороховыми двигателями – Министерство сельскохозяйственного машиностроения (министр Ванников Б.Л.);

– по реактивным самолетам-снарядам – Министерство авиационной промышленности

(министр Хруничев М.В.).

Также определили основные министерства по смежным производствам.

В Постановлении указывалось, что работы по развитию реактивной техники являются важнейшей государственной задачей и должны выполняться как первоочередные. Контроль за созданием в СССР ракет дальнего действия возложили на заместителя председателя Совета Министров СССР Берия Л.П. Началось формирование структуры новой отрасли.

В Министерстве вооружения создается Головной научно-исследовательский институт реактивного вооружения – НИИ-88 (ныне – ЦНИИмаш) на базе артиллерийского завода 88 в поселке Подлипки (ныне – г. Королёв). В НИИ-88 организуется отдел 3 «Баллистические ракеты дальнего действия» под руководством Главного конструктора С.П. Королёва, который обеспечивал замкнутый цикл создания ракеты – от производства до испытаний.

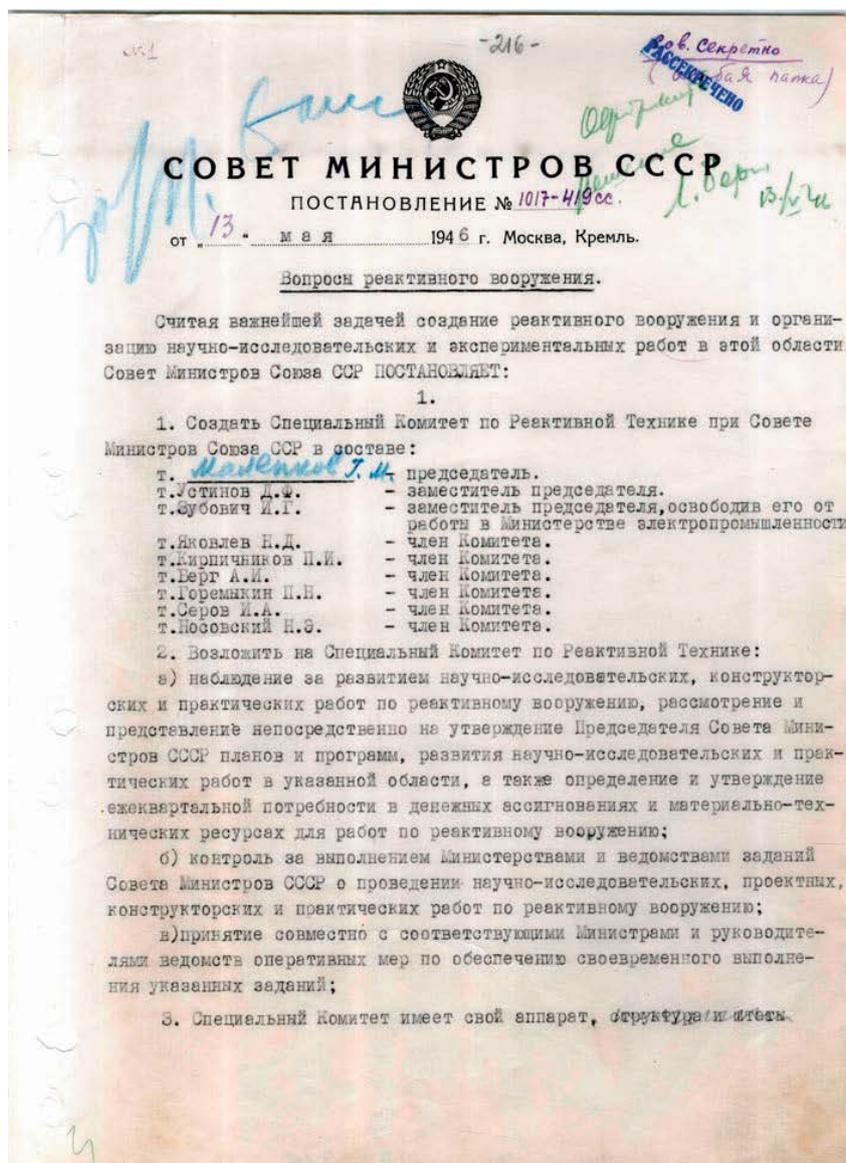


Рис. 1. Постановление Совета Министров СССР
от 13 мая 1946 года № 1017-419

В 1956 году ОКБ-1 вместе с заводом 88 выделено из НИИ-88 в самостоятельную организацию – Центральное конструкторское бюро экспериментального машиностроения (ЦКБЭМ). Сейчас это – Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С.П. Королёва (рис. 2).

РКК «Энергия» сыграла основополагающую роль в формировании ракетно-космической отрасли нашей страны. Под руководством Королёва созданы первые отечественные баллистические ракеты (Р-1 и Р-2), ракета морского базирования Р-11 ФМ, стратегическая ракета Р-5М, впервые в мире пронёсшая через космос реальный ядерный

заряд, взорванный на полигоне в СССР и ознаменовавшая начало ракетно-ядерной эры, а также межконтинентальная баллистическая ракета Р-7 и созданные на её основе первые космические ракеты-носители (РН), первый искусственный спутник Земли, первый спутник связи «Молния», первый пилотируемый космический корабль «Восток», первые межпланетные автоматические станции для исследования Луны, Марса, Венеры и другие изделия ракетно-космической техники (РКТ) [1].

Впервые созданные в РКК «Энергия» изделия РКТ передавались для организации новых направлений ракетно-космической деятельности на другие предприятия страны, где создавались

конструкторские бюро и производства соответствующего профиля, в том числе:

- Р-1 и Р-2 (Днепропетровск) – боевые ракетные комплексы наземного базирования;
- Р-11 ФМ (Миасс, Златоуст) – боевые ракетные комплексы морского базирования;
- Р-7 и КА «Восток» (Куйбышев) – боевые ракеты, РН среднего класса и космические аппараты (КА) дистанционного зондирования Земли;
- КА «Молния» (Железногорск) – космические аппараты связи и телевидения;
- КА «Луна», «Марс», «Венера» (Москва, НПО имени Лавочкина) – межпланетные станции и КА для космических исследований;
- РТ-2 (Пермь) – боевые ракетные комплексы с РДТТ.

Становление и развитие ракетно-космической отрасли складывалось под влиянием различных политических, научно-технических и социально-экономических факторов.

В качестве смежников НИИ-88 создавались НИИ и КБ в других ведомствах, занимающихся реактивным вооружением, которые стали первыми создателями основных направлений развития РКТ страны. В структуру отрасли включи-

ли Научно-исследовательский технологический институт № 40 (НИТИ-40), преобразованный из ГСПКИ-40.

Первоочередная задача, поставленная перед Министерством вооружения – воспроизведение с применением отечественных материалов немецкой ракеты ФАУ-2. Первый пуск ракеты А-4 (аналог ФАУ-2) осуществлен 18 октября 1947 года с космодрома Капустин Яр (рис. 3). Первые баллистические ракеты отечественного производства – А-4 (с использованием трофейных элементов ФАУ-2), Р-1 (копия ФАУ-2 по собственным чертежам с использованием отечественных материалов и технологий), Р-2 (с улучшенными характеристиками и отделяемой головной частью) изготавливались малыми сериями на опытном заводе 88, входящим в структуру НИИ-88.

В 1951 году для серийного производства ракет Р-1 и Р-2 в Министерство вооружения передан вновь построенный Днепропетровский автомобильный (машиностроительный) завод. Он стал первым в стране серийным ракетным заводом. Комплексную бригаду специалистов, включая работников НИТИ-40, по освоению производства ракет на Днепропетровском машиностроительном



Рис. 2. Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С.П. Королёва

заводе возглавлял министр Устинов Д.Ф. (рис. 4).

В марте 1953 года Министерство вооружения и Министерство авиационной промышленности объединены в Министерство оборонной промышленности. Министром назначен Устинов Д.Ф. В августе 1953 года авиационная промышленность выделена в самостоятельное министерство, которое возглавил Дементьев П.В.

15 марта 1953 года Министерство вооружения преобразовано в Министерство оборонной промышленности СССР (министр Устинов Д.Ф.).

14 декабря 1957 года Министерство оборонной промышленности упразднили, а на его базе создан Государственный комитет Совета Министров СССР по оборонной технике во главе с Домрачевым А.В.

В пятидесятые годы в период экономических реформ в связи с перестройкой системы управления народным хозяйством наука, конструктор-

ские бюро и научно-исследовательские институты остались в подчинении Госкомитетов, ранее образованных вместо Министерств, а промышленные предприятия перешли в ведение вновь образованных территориальных Совнархозов. Это привело к отрыву науки и разработки новых изделий и технологий от промышленных предприятий, что и предопределило возврат к Министерствам.

В конце 1964 года принято решение вернуться к отраслевому ведению народного хозяйства и возродить систему Министерств. Образовалась «девятка» оборонных министерств:

- Среднего машиностроения – министр Славский Е.П.;
- Общего машиностроения – министр Афанасьев С.А.;
- Машиностроения – министр Бахирев В.В.;
- Авиационной промышленности – министр Дементьев П.В.;

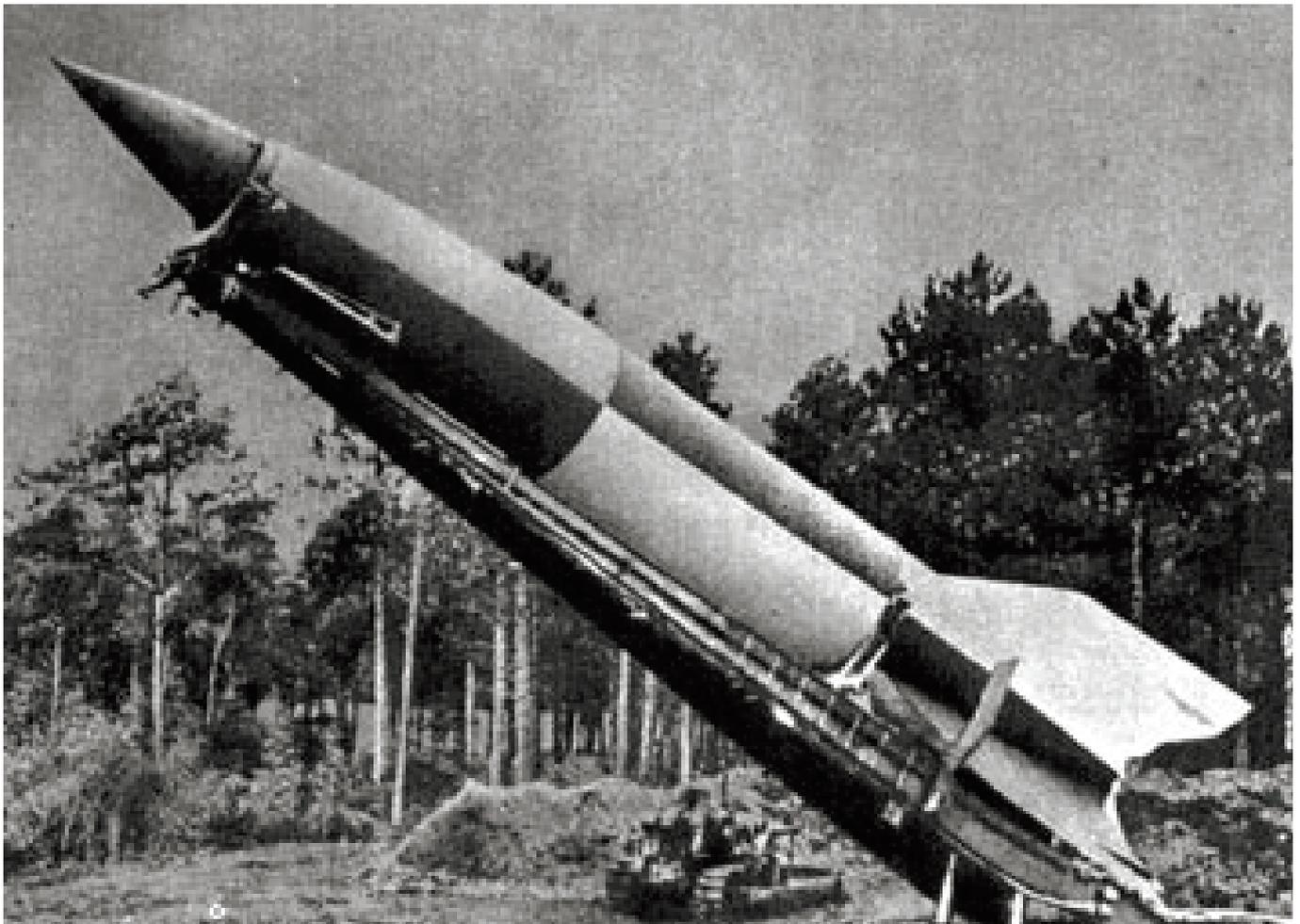


Рис. 4. Ракета А-4





Рис. 4. Министр Устинов Дмитрий Федорович

Рис. 5. Первый ракетно-космический министр
Афанасьев Сергей Александрович

- Оборонной промышленности – министр Зверев С.В.;
- Судостроительной промышленности – министр Бутома Б.Е.;
- Связи – министр Псурцев Н.Д.;
- Радиопромышленности – министр Калмыков В.Д.;
- Электронной промышленности – министр Шокин А.И.

Координация деятельности оборонных министерств возлагалась на Военно-промышленную комиссию (ВПК) при Президиуме Совета Министров СССР.

2 марта 1965 года образовано Министерство общего машиностроения, отвечающее за ракетное производство для обороны страны и освоение космического пространства. Министром назначен Сергей Александрович Афанасьев – первый ракетно-космический министр страны (рис. 5).

Созданию Министерства предшествовал продолжительный период формирования ракетно-космической отрасли страны при административной подчиненности её структурных подразделений различным ведомствам. Министерство общего машиностроения пришлось организовывать с нуля. Такого Министерства раньше в стране не было.

Минобщемаш создавалось комплексным, способным самостоятельно решать все вопросы РКТ – от научно-исследовательских и конструкторских работ до серийного производства изделий на базе совершенной технологии и организации производства. Перед Министерством ставилась сложная и ответственная задача – обеспечить паритет с США по стратегическим ядерным силам и развитие работ по космосу.

К тому времени обстановка в соотношении сил стратегического ядерного сдерживания складывалась тревожно – СССР уступал США по количеству развернутых МБР в шесть раз.

Для обеспечения комплексного решения поставленных задач в Минобщемаше необходимо было собрать основные НИИ, конструкторские бюро и промышленные предприятия, занимавшиеся РКТ, в том числе находящиеся в других ведомствах. Особенно остро стоял вопрос о передаче в МОМ НИИ, КБ и предприятий автоматики и систем управления. При этом сохранены и расширены кооперационные связи с предприятиями других министерств и ведомств.

Под руководством С.А. Афанасьева в кратчайшие сроки создана стройная структура Министерства (рис. 6).

Работа Министерства велась в тесном содру-

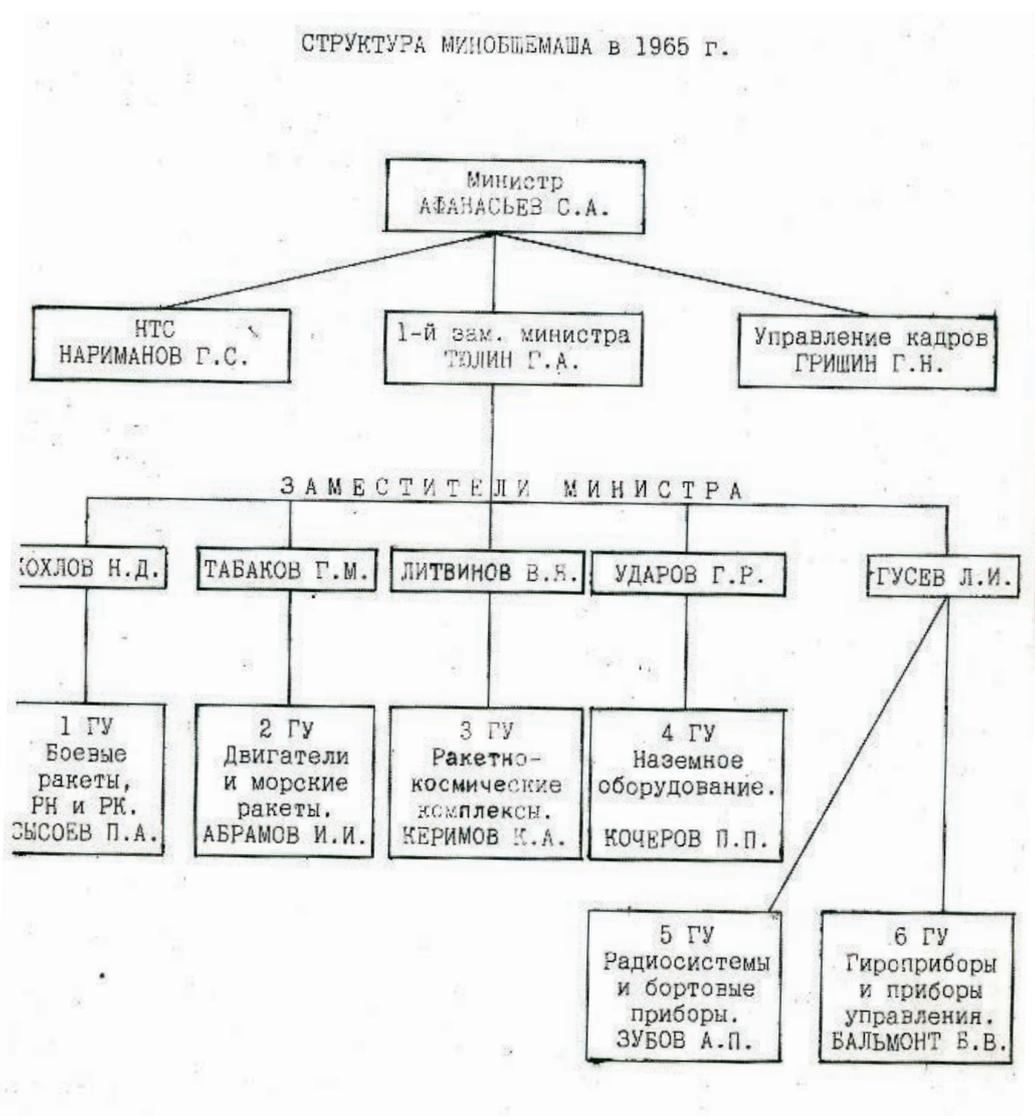


Рис. 6. Структура Министерства общего машиностроения в 1965 г.

жестве с Министерством обороны и Академией наук. Для определения основных направлений развития науки и техники, научно-обоснованной технической политики в отрасли в Министерстве работал Научно-технический Совет под председательством С.А. Афанасьева из ученых, конструкторов, высококвалифицированных специалистов и новаторов производства.

С.А. Афанасьев возглавлял Министерство общего машиностроения с 1965 по 1983 годы. Ему принадлежит ключевая роль в создании ракетно-космической индустрии. Он организовывал свою работу на основе сочетания коллегиальности и единоначалия в обсуждении принятия решений всех вопросов по руководству отрасли. Под руководством

С.А. Афанасьева создан мощный производственный, технологический и кадровый потенциал, ставший фундаментом дальнейшего развития отечественной ракетно-космической отрасли [2].

В 1960–1970 годах в отрасли стали организовываться комплексные научно-производственные объединения, осуществляющие полный цикл создания РКТ – от проведения НИОКР до сдачи готовой продукции и её эксплуатационного сопровождения. Особое внимание уделялось обеспечению качества и надежности изделий на всех стадиях их создания. Была сформирована межотраслевая система обеспечения качества и надежности РКТ.

Большое значение придавалось совершенство-

ванию и развитию производственно-технологической базы отрасли, созданию новых технологий, специальному нестандартному оборудованию и средствам технологического оснащения. Формировались и реализовывались планы внедрения новой техники и технического перевооружения производства. В отрасли создавались специализированные заводы технологического оборудования. На отдельных предприятиях Министерства централизованно изготавливались некоторые виды специального технологического оборудования и инструмент для всей отрасли.

Регулярно проводились Советы специалистов – Главных технологов, Главных сварщиков и других специалистов по основным видам технологий, а также качеству, надежности и метрологическому обеспечению. Решение всех технологических проблем возлагалось на головной

технологический институт НИТИ-40 – НИИТМ (ФГУП «НПО «Техномаш») (рис. 7).

С.А. Афанасьев уделял большое внимание укреплению и развитию института: выросла численность работников, расширилась лабораторно-испытательная база, повысился научно-технический потенциал. Для оперативного решения технологических задач созданы филиалы и базовые подразделения в Днепропетровске, Златоусте, Омске, Красноярске, Воронеже, Перми, Ижевске, Харькове, Томске, Ленинграде, Самаре, Оренбурге.

В особых случаях (при изготовлении комплексов «Н1-Л3» и «Энергия-Буран») формировались комплексные бригады специалистов (до 100 человек) технологического института для технологического обеспечения работ на космодроме Байконур.

Для повышения уровня управления произ-



Рис. 7. ФГУП «НПО «Техномаш»

водством Министерством разработана и внедрена отраслевая система оперативно-календарного планирования и диспетчирования производства – ОКП и Д.

В отрасли решались научно-технические и производственные задачи в комплексе с социальными вопросами – со строительством жилья, поликлиник и больниц, пионерских лагерей и санаториев, Дворцов культуры и спортивных комплексов, с созданием подсобных хозяйств.

С.А. Афанасьевым проводилась эффективная кадровая политика (школа Афанасьева), в основе, которой – профессионализм, уважение к коллегам, воспитание высочайшей ответственности за порученное дело.

Стиль работы С.А. Афанасьева – это деятельное утверждение принципов: «В нашей работе нет мелочей» и «Нас никто не дублирует».

Под руководством С.А. Афанасьева Министерство общего машиностроения внесло достойный вклад в создание ракетно-ядерного щита страны.

В дальнейшем Министерство общего машиностроения СССР возглавляли:

- О.Д. Бакланов – 1983–1988 гг.;
- В.Х. Догужиев – 1988–1989 гг.;
- О.Н. Шишкин – 1989–1991 гг.

14 ноября 1991 года постановлением Госсо-

вета Российской Федерации Министерство общего машиностроения СССР упразднено.

28 ноября 1991 года Указом Президента Российской Федерации № 242 учреждено Министерство промышленности Российской Федерации с Департаментом общего машиностроения.

25 февраля 1992 года Указом Президента Российской Федерации № 185 образовано Российское космическое агентство (РКА) при Правительстве Российской Федерации. Генеральным директором РКА назначен Ю.Н. Коптев.

Указом Президента Российской Федерации от 25 мая 1999 года № 651 РКА преобразовано в Российское авиационно-космическое агентство (РАКА).

Указом Президента Российской Федерации от 9 марта 2004 года № 314 РАКА преобразовано в Федеральное космическое агентство (Роскосмос).

Указом Президента Российской Федерации от 28 декабря 2015 года № 666 путем преобразования Федерального космического агентства (Роскосмос) создана Государственная корпорация по космической деятельности «Роскосмос».

Сегодня Госкорпорация «Роскосмос» – официальный правопреемник Министерства общего машиностроения СССР.

Для решения поставленных перед отраслью задач необходимо в полной мере использовать опыт деятельности и традиции Минобщемаша.

Библиографический список

1. Черток Б.Е. Ракеты и люди. – М.: Машиностроение, 1999. – 2-е изд. – 416 с.: ил.
2. Лукичев М.А., Шестаков А.Е., Нечеса Я.В., Шаульская Н.М. Сергей Александрович Афанасьев. Создатель отечественной космической отрасли. – Ярославль: РМП, 2018. – 308 с.

Чичварин Виктор Федорович – ветеран труда
ФГУП «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева.
Тел.: 8(495) 689-22-40. E-mail: V.Chichvarin@tm.fsa

Chichvarin Victor Fedorovich – labor veteran of FSUE
«NPO «Technomac» named after S.A. Afanasyev.
Tel.: 8(495) 689-22-40. E-mail: V.Chichvarin@tm.fsa

