



НПО ТЕХНОМАШ
ИМ. С.А. АФАНАСЬЕВА



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ВЕСТНИК «НПО «ТЕХНОМАШ»



ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ ПО КОСМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
РОСКОСМОС

Выпуск №9
2019



✦ ОБРАЩЕНИЕ К ЧИТАТЕЛЯМ

Уважаемые коллеги!

В канун 101 годовщины со дня рождения Первого министра общего машиностроения СССР, дважды Героя Социалистического труда С.А. Афанасьева вашему вниманию предлагается девятый номер научно-технического бюллетеня «Вестник «НПО «Техномаш».

На страницах бюллетеня учёные и специалисты делятся своим опытом, результатами научных исследований и конструкторских разработок по широкому спектру актуальных вопросов в области наукоёмких производственных технологий ракетно-космического машиностроения. Интересны последние достижения в области.

Ряд статей традиционно посвящен таким производственным технологиям, как лазерная сварка, фрикционная сварка, орбитальная сварка неповоротных стыков трубопроводов, изотермическое деформирование, плазменное нанесение покрытий, высокотемпературная пайка.

Публикуются статьи по стандартизациям ракетно-космической техники, результатам авторского надзора, сертификации производства, метрологическому обеспечению производственно-технологической базы, управлению промышленной безопасностью, повышению конкурентоспособности предприятий, инновационной деятельности в машиностроении, прогнозированию производственно-технологического развития ракетно-космической промышленности, реконструкции и техническому перевооружению предприятий.

«Уровень научной разработки, уровень конструкторской работы, уровень технологической работы, уровень организации производства, уровень качества – уровень этого всегда должен быть на высоте», – говорил министр общего машиностроения СССР С.А. Афанасьев.

Работа Министерства, возглавляемого С.А. Афанасьевым, основывалась на следующих принципах: «Стиль работы – коллегиально-командный», «Высокая личная ответственность за порученное дело», «Нас никто не дублирует», «Вопросы надо решать», «Одинаково высокие требования к себе и подчиненным», «Высокий профессионализм», «Умение собрать единомышленников (создать команду)», «Воспитание кадров на личном примере», «Умение ценить людей», «Не ждать учеников, самому формировать «школу», «Не останавливаться на достигнутом!», «Работать, не считаясь ни со временем, ни с чем».

На страницах следующего номера нашего бюллетеня мы опубликуем материалы VI Афанасьевских чтений, на которых будут обсуждаться актуальные вопросы развития научно-производственной системы РКП.

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



Ю.В. Власов



СОДЕРЖАНИЕ

♦ ИСТОРИЯ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

Чичварин В.Ф.

История пилотируемых полётов 3

♦ ИЗ ИСТОРИИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Астахов Ю.П., Новиков П.П.

Конверсия девяностых 17

♦ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ РКП

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 19

Гапоненко О.В., Соболева Н.В.

Методические аспекты прогнозирования технологического развития РКП и управления созданием научно-технического задела перспективной РКТ 28

Шепелева В.Ю.

SWOT-анализ как эффективный инструмент формирования стратегии повышения конкурентоспособности предприятий РКП 39

♦ ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ И ПАЙКИ

Моклученко И.С., Цветков В.С., Белавин А.И., Хрушкова Е.М., Буханова И.Ф., Фадин А.С.

Выбор параметров режима лазерной сварки деталей, изготовленных методом аддитивных технологий 46

Чичков С.А., Сушко В.М., Садовский О.И.

Специальные сварочные головки для орбитальной сварки неповоротных стыков трубопроводов в ракетно-космической отрасли. Модернизация конструкции малогабаритных сварочных головок типа ГСМ 49

Кулик В.И., Щегольсков В.П., Степанов В.В., Цветков С.Е., Афанасьев Н.Ю., Маркин К.Н.

Технология и оборудование для пайки высокотемпературным порошковым припоем тонкостенных трубопроводов из коррозионностойкой стали 53

Картузов Н.О., Кочергин С.А., Кулик В.И., Афанасьев Н.Ю., Титкин А.В., Витол И.И.

Отработка технологии фрикционной сварки инструментом типа «Bobbin-Tool» 56

Кулик В.И., Илюшкин В.Ю., Мучило Ф.М., Созонович С.Н.

Установка для автоматической сварки концевой арматуры стальных и алюминиевых трубопроводов. Подходы к проектированию и технологические возможности 60

Бецеков В.Г., Синякова Т.И., Бочаров Ю.А.

Новые направления применения эффекта сферодинамики при повышении диффузионной активности металла деталей металлокерамических узлов камер сгорания двигательных установок летательных аппаратов 63

Прусаков М.А., Харсеев В.Е., Вайцехович С.М., Овечкин Л.М.

Комбинированное изотермическое деформирование 68

♦ ТЕХНОЛОГИИ СОПРОВОЖДЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ РКТ

Цырклов А.В., Юрцев Е.С., Рахмилевич Е.Г., Савинов Ю.И.

Цифровые двойники в управлении предприятием отрасли 70

♦ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И СИСТЕМЫ СЕРТИФИКАЦИИ

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 79

Поморцев П.М.

К вопросу системного управления промышленной безопасностью в организациях РКП 84

Андрианов Л.С., Рябчиков П.В.

Стандартизация ракетно-космической техники 86

Круглов И.А., Рябчиков П.В.

Результаты авторского надзора в эксплуатирующих организациях 88

Рябчиков П.В., Устьянцев Е.В., Зуева А.А.

Разработка системы сертификации производства организаций-изготовителей РКТ 90

Краснова Е.В., Саушкин Б.П.

Инновационная деятельность в машиностроении. Понятийный аппарат 91

◆ ИСТОРИЯ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

УДК 629.78.072 (09)

Чичварин В.Ф.

(ФГУП «НПО «Техномаш»)

История пилотируемых полётов

Освоившись на Земле, человечество устремило свой взгляд в небо – стало мечтать о полётах. Это нашло отражение в мифах, легендах и преданиях разных стран (полёт Икара, прыжки с колоколен и башен), а также в литературных произведениях Ж. Верна, А. Толстого, Г. Уэльса и др. Первые воздухоплавающие устройства («воздушные змеи») изобрели в Китае в VI веке до н.э., задолго до написания хроники.

Первоначально их делали из бамбука и листьев растений, а после изобретения шёлка – из бамбука и шёлка. Наиболее распространённым типом китайских змеев был дракон – фантастический крылатый змей – символ сверхъестественных сил. Змеи использовались для развлечений, а также и в военных целях – при помощи змеев в воздух поднимались разведчики-наблюдатели. Впоследствии воздушные змеи распространились в Средней Азии, дошли до Европы и Америки. В III веке до н.э. в Китае открыт аэростатический принцип полёта и созданы прототипы будущих воздушных шаров – «воздушные фонарики» – небольшие сферы из рисовой бумаги с установленными внутри масляными светильниками.

Проблемами полёта человека занимался в XVI в. Леонардо да Винчи. Изучая полёты стрекоз, птиц и летучих мышей, Леонардо спроектировал ряд моделей летательных аппаратов (ЛА) для полёта человека, в том числе вертикальный ЛА, считающийся предшественником вертолёта. Однако ЛА великого изобретателя, так и не были построены. Чуть позже, в Англии по чертежам Леонардо исключительно из материалов доступных при его жизни сделан и испытан один из ЛА – он поднялся на высоту 10 метров и продержался в воздухе 17 секунд.

5 июня 1783 г. во Франции впервые поднялся в воздух первый воздушный шар, изобретённый

братьями Монгольфье (Жозеф-Мишель и Жак-Этьени). Шар с отверстием внизу был изготовлен из холста, оклеен для непроницаемости специальной бумагой и наполнялся горячим дымом от горения особой смеси из мокрой шерсти и соломы. Шар с грузом 200 кг за 10 минут взлетел на высоту 915 метров и пролетел 9 км. Полёт длился 25 минут. Впоследствии шар, наполненный горячим воздухом, получил название «монгольфьер», а наполненный водородом или гелием – «шальфьером».

Шары были неуправляемы и перемещались по ветру. В 1852 г. француз Жиффар построил первый управляемый воздушный шар – дирижабль. Аппарат имел сигаровидную форму, снабжался воздушным винтом (пропеллером), который приводился во вращение паровой машиной мощностью 3 л. с. В целях устойчивости и управления курсом предусматривался особый руль-парус. Позднее на дирижабли стали устанавливать двигатели внутреннего сгорания и электрические двигатели на аккумуляторах. Фердинанд Цепелин (Германия) построил первый цельнометаллический дирижабль «Цепелин», совершивший полёт 2 июля 1900 г.



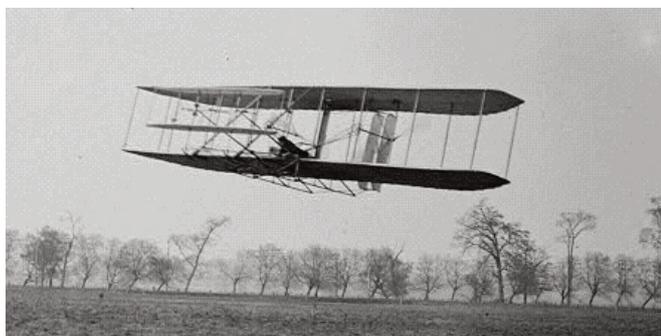


Исследованием полётов первых прообразов дельтопланов – балансных планеров, занимался Отто Лилиенталь в 1880 г. Эксперименты с дельтопланами заложили основу строительства летающих аппаратов тяжелее воздуха. Дельтоплан – летательный аппарат тяжелее воздуха, выполненный по схеме без хвоста со стреловидным крылом, управление полётом которого осуществляется смещением центра масс за счёт перемещения пилота относительно точки подвеса.

Первые полёты на планерах в 1891 г. совершил Отто Лилиенталь, разгадав «секрет» парящего полёта. Он совершил более 2000 полётов и его принято считать первым пилотом, Земли. Первый планер имел ивовый каркас обтянутый материей, крылья округлой формы, хвост, как у птиц. Крылья располагались в два яруса. Пилот продевал руки в два ремня, прикрепленных под крыльями, и сбегал с холма, ловя ветер. Дальность первых полётов не превышала 15 метров, а в дальнейшем – более 100 метров.

Один из основателей науки аэродинамики и теоретических основ авиации англичанин Джордж Келли строил модели планеров и испытывал их на ротативной аэродинамической установке.

Изобретение первого в мире самолёта большинство стран мира связывают с американцами – братьями Уилбур и Орвилл Райт. Братья Райт сконструировали самолёт, поставив двигатель на планер. 17 декабря 1903 г. они совершили первый управляемый полёт человека (Орвилл Райт) на аппарате тяжелее воздуха, имеющей двигатель. Братья были первыми, кто мог управлять полётом в воздухе.



Фундаментальным достижением братьев Райт стало открытие трёх осей вращения самолёта, что позволило пилотам эффективно управ-

лять самолётом и поддерживать его равновесие во время полёта. Этот метод стал основным и таковым остаётся до настоящего времени для всех типов самолётов. Братьям Райт выдали патент США на изобретение системы аэродинамического управления, осуществляемого с помощью поверхностей самолёта.

Началось грандиозное развитие воздухоплавательной авиации. Были созданы первые боевые, пассажирские, транспортные, специальные самолёты, вертолёты, дирижабли и другие летательные аппараты: в 1877 г. – первый беспилотный вертолёт (Энрико Ферланини) с паровым двигателем; в 1907 г. поднялся в воздух первый пилотируемый вертолёт (Поль Корно); в 1910 г. – первый гидросамолёт (Анри Фабр).

Первоначально самолёты строились, главным образом, из древесины и ткани, затем перешли к почти полностью алюминиевым аппаратам с применением двигателей различных типов – поршневых, турбовинтовых, газотурбинных и других.

После окончания Второй мировой войны начался новый этап развития авиационной техники с двигателями нового поколения – реактивными. Разработка авиационных реактивных двигателей велась одновременно в Германии и Англии.

Первый в мире реактивный самолёт «Хенкель He-178» (максимальная скорость – 700 км/час) с турбореактивным двигателем создан в 1939 г. в Германии. Первоначально реактивная авиация нашла применение в военных целях, а затем распространилась на гражданскую сферу и стала доминирующей для атмосферных полётов.

Новым направлением пилотируемых полётов стали внеатмосферные полёты в космическое пространство на летательных аппаратах с ракетным двигателем, то есть двигателем, источник энергии и рабочее тело которого находились в самом летательном аппарате. Сила тяги в ракетном двигателе возникает в результате преобразования исходной энергии в кинетическую энергию реактивной струи рабочего тела.

Первое реактивное устройство «Огненные стрелы» созданы в Китае в VI в. до н.э. после изобретения пороха. Затем первые ракеты распространяются в Средней Азии, а примерно около 1250-х гг. проникают в Европу. В 1686 г. И. Ньютон



обосновал принцип реактивного движения третьим законом механики.

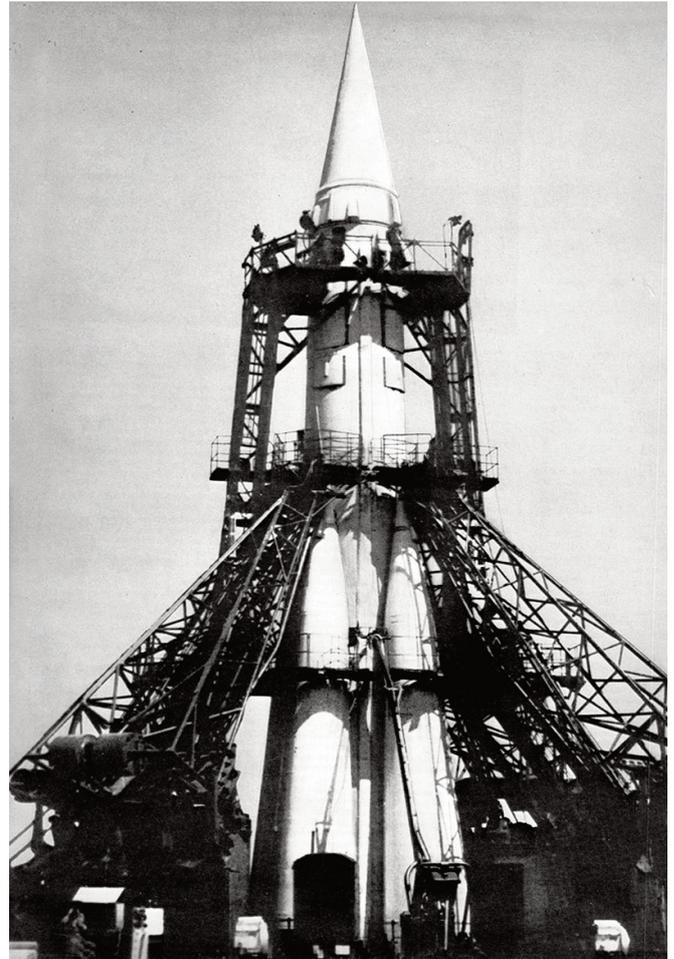
В России вопросами реактивного движения занимался Н. Кибальчич (1881 г.). Основоположником теории космонавтики признан К.Э. Циолковский, опубликовавший в 1903 г. работу «Исследования мировых пространств реактивными приборами», в которой впервые научно обосновал возможность осуществления космических полётов при помощи жидкостных ракет и привёл основные расчётные формулы их полёта.

Работами по ракетной технике в конце XIX – начале XX вв. занимались: в России – Г. Лангемак, Ф. Цандер; в Америке – Р. Горддард; в Германии – Г. Оберт. В 1920-х – 1930 гг. – С. Королёв, В. Глушко, М. Тихонравов, Вернер фон Браун.

Мощный импульс развитию ракетно-космической технике дала Вторая мировая война, по итогам которой в мире появились две сверхдержавы – СССР и США. Америка в конце войны обладала монополией на атомное оружие. Советский Союз должен был в кратчайший срок ликвидировать своё отставание в военной сфере. В течение восьми лет после войны в СССР создали первую атомную бомбу (28 августа 1949 г.), а затем и водородную (12 августа 1953 г.). В отличие от НАТО, чьи базы находились вблизи советских границ, СССР необходимы были средства доставки ядерного оружия межконтинентальной деятельности.

Первая в мире межконтинентальная баллистическая ракета (МБР) Р7 создана в 1957 г. под руководством С.П. Королёва – основоположника практической космонавтики. На основе Р7 впоследствии создано целое семейство космических ракет-носителей, обеспечивших вывод в космос первого искусственного спутника Земли, первый полёт человека в космос, положив тем самым начало пилотируемой космонавтики.

Параллельно в СССР и США проводились работы по созданию пилотирующих космических самолётов и космических кораблей. Советская программа авиационно-космической системы «Спираль», начатая в 1960-х гг. (Постановление ЦК КПСС и СМ СССР от 2 декабря 1965 г.), стала ответом на программу США по созданию космического бомбардировщика, разведчика, перехватчика Х-20 «Дайна Сор».



В Советском Союзе в 1964 г. разработали концепцию создания принципиально новой воздушно-космической системы, которая наиболее рационально интегрировала в себя идеи самолёта, ракетоплана и космического аппарата. Разработку программы «Спираль» поручили ОКБ-155 А.И. Микояна. Главным конструктором назначался Г.Е. Лозино-Лозинский. Название «Спираль» программа получила за характерный спуск орбитального самолёта на Землю, осуществлявшийся по баллистической спирали.

В ходе программы для отработки создания орбитального самолёта и демонстрации его реализуемости созданы подпроекты самолёта-аналога МиГ-105.11, суборбитальных аппаратов-аналогов БОР-1 (беспилотный орбитальный ракетоплан), БОР-2, БОР-3 и космических аппаратов-аналогов «ЭПОС» (Экспериментальный пилотируемый орбитальный самолёт) БОР-4 и БОР-5.

Суборбитальные аппараты выполнялись в масштабе 1:3 из-за ограниченных возможностей



ракет-носителей 8К63Б (модернизированной БРСД Р-12), которыми они запускались с полигона Капустин Яр в 1969–1974 гг. на высоту 100 км, совершая суборбитальный полёт под индексами спутников серии «Космос» (Космос – 1374, Космос – 1614 и др.) и приводняясь в Индийском океане или Черном море.

В рамках программы «Спираль» создан и МиГ-105.11 – лётный дозвуковой аналог экспериментального орбитального пилотируемого самолёта. МиГ-105.11 из-за специфической формы носовой части получил прозвище «Космический лапоть». Такая геометрия носовой части существенно снижала нагрев самолёта при входе в атмосферу.



Испытания начались 2 декабря 1975 г. и проводились до 13 сентября 1978 г. по технологии «воздушный старт» путём сброса МиГ-105.11 с самолёта-носителя ТУ-95. В реальности вновь создаваемый гиперзвуковой самолёт-носитель набирает высоту в 20 км и, достигнув скорости 6 махов, отпускает самолёт. Космоплан выходит на высоту 400 км, выполняет программу полёта, входит в спираль снижения и идёт на посадку. В качестве боевого ударного элемента орбитальный самолёт мог быть оснащён безинерционной 23 миллиметровой пушкой. Такая пушка создана и испытана на одной из орбитальных станций «Салют». Космический самолёт имел отделяемую капсулу для спасения, на которой лётчик мог спуститься с высоты 50–60 км на Землю. В 1975–1978 гг. произведено семь успешных испытательных полётов МиГ-105.11. В настоящее время МиГ-105.11 находится в музее ВВС в Монино. С начала разработки по МКС

«Энергия-Буран» работы по программе «Спираль» прекратились.

Как уже говорилось, на основе первой МБР Р7 стали создаваться первые космические ракеты-носители, на которых выведены в космос первый искусственный спутник Земли и первый космонавт – Юрий Алексеевич Гагарин, открыв тем самым космическую эру человечества. Серия первых пилотируемых кораблей «Восток» разрабатывалась в ОКБ-1 под руководством С.П. Королёва в 1957–1963 гг. Корабль «Восток» был одноместным и состоял из сферического спускаемого аппарата, также выполняющего функции орбитального отсека и конического приборного отсека с тормозной двигательной установкой. Космонавт в скафандре размещался в специальном катапультируемом кресле. На последнем этапе посадки, после торможения спускаемого аппарата в атмосфере, на высоте 7 км, космонавт, катапультируясь из кабины, совершал приземление на парашюте. Спускаемый аппарат приземлялся на парашюте отдельно.



Первый пилотируемый корабль «Восток», запуск которого состоялся 12 апреля 1961 г., стал первым в мире космическим аппаратом, позволившим осуществить полёт человека в космическое пространство. Корабль «Восток» с Ю. Гагариным на борту совершил один оборот вокруг Земли, облетев планету за 108 минут. Первый отряд космонавтов, сформированный для полётов на «Востоке», насчитывал в своих рядах 20 человек. Позже, для непосредственной подготовки первого полёта на корабле «Восток-1», выделили группу в составе: Ю. Гагарина,



Г. Титова, П. Поповича, А. Николаева, В. Быковского, Г. Нелюбова. Первоначально Г. Нелюбов был третьим после Ю. Гагарина и Г. Титова кандидатом на первый полёт, но из-за некорректного поведения его отчислили из отряда космонавтов.

Всего корабль «Восток» совершил шесть пилотируемых полётов, в том числе первый полёт женщины-космонавта В.В. Терешковой 16 июня 1963 г.



Следующей разработкой пилотируемых кораблей в ОКБ-1 стал первый в мире многоместный (3 члена экипажа) без использования скафандров корабль «Восход». «Восход» фактически повторял корабли серии «Восток», но без скафандров и катапультирующих кресел. Космонавты приземлялись в спускаемом аппарате на парашютах. Для обеспечения мягкой посадки помимо парашютной системы на спускаемом аппарате устанавливался твёрдотопливный тормозной двигатель, срабатывающий непосредственно перед касанием земли. Первый пилотируемый полёт «Восход-1» с космонавтами В. Комаровым, Феоктистовым и Егоровым совершил 12 октября 1964 г. После первого успешного полёта корабля «Восход-1» следующей целью стало осуществить выход космонавта в открытое космическое пространство.

Корабль «Восход-2» являлся модифицированным в сравнении с кораблём «Восход-1» – два космонавта в скафандрах, на корабле установлена надувная шлюзовая камера «Волга». Во время старта шлюзовая камера находилась в сложенном состоянии, в космосе она надувалась, а перед сходом корабля с орбиты отстреливалась от корабля. Полёт «Восхода-2» с космонавтами П. Беляковыми и А. Леоновым состоялся 16 марта 1965 г. А. Леонов впервые в мире

вышел в открытый космос, пробыл там 24 минуты и вернулся в корабль.

19 марта 1965 г. в связи с отказом автоматики посадка прошла в ручном режиме с приземлением в нерасчётном месте. Следующие пять планируемых пилотируемых полётов («Восход-3, 4, 5 6, 7) отменили, а программу закрыли. Полёт «Восхода-3» выполнялся беспилотным, как «Космос-110» (22 февраля 1966 г. – 20 суток с собаками на борту). Это был последний полёт кораблей «Восход».

После прекращения полётов на «Восходах» у СССР образовался двухгодичный перерыв в пилотируемых полётах.

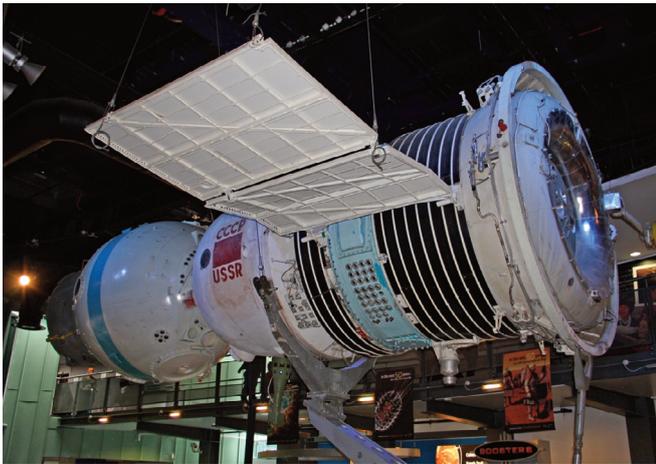
«Союз» – новое семейство советских и российских многоместных транспортных пилотируемых космических кораблей. Разработка базовой модели корабля (7К-ОК) началась в 1962 г. в ОКБ-1 под руководством С.П. Королёва. «Союзы» позволяли доставлять экипаж до трёх человек на низкую околоземную орбиту на ракете-носителе «Союз». Корабль состоял из трёх отсеков: спускаемого аппарата (СА), бытового отсека (БО), приборно-агрегатного отсека (ПАО). Спускаемый аппарат в отличие от кораблей «Восток» и «Восход» имел форму колокола и покрывался теплозащитой на основе абляционных материалов. На днище БО под сбрасываемым теплозащитным экраном располагались двигатели мягкой посадки. Бытовой отсек оснащали стыковочным узлом и системой сближения «Игла» и использовали при шлюзовании при выходе в открытый космос.



Первые три базовых модуля корабля 7К-ОК совершили испытательные полёты в 1966–1967 гг. Первый пилотируемый полёт «Союз-1» с космонавтом В. Комаровым состоялся 7 февраля 1967 г.

Полёт шёл неудачно, и его решили прекратить. При посадке из-за нештатной работы парашютной системы спускаемый аппарат с космонавтом разбился и В. Комаров погиб. 26 октября 1968 г. на корабле «Союз-3» Г. Береговой совершил первый полёт после гибели Комарова.

6 июня 1971 г. стартовал «Союз-11» с космонавтами А. Добровольским, В. Волковым, В. Пацаевым (без скафандров) с целью стыковки и перехода на орбитальную станцию «Салют-1». После 11 дней пребывания на станции про-



изошло возгорание: принято решение прекратить полёт и оставить станцию. 29 июня «Союз-11» отделился от станции. 30 июня на «Союзе-11» включён тормозной двигатель, который отработал заданное время. Произошло разделение отсека корабля, и прервалась связь с экипажем. На высоте 7 км раскрылся основной парашют спускаемого аппарата. Сработали двигатели мягкой посадки, полёт завершился в заданном районе. Поисковая группа обнаружила экипаж без признаков жизни – повреждение тканей из-за декомпрессионной болезни оказались несовместимыми с жизнью. Причина аварии – разгерметизация аппарата из-за несанкционированного открытия вентиляционного клапана.

После катастрофы в течение 27 месяцев последовал перерыв в запусках кораблей «Союз» (следующий пилотируемый корабль «Союз-12» запущен 27 сентября 1973 г.). Операции выведения на орбиту и спуск космонавтов на Землю стали осуществляться только в скафандрах.

В процессе развития и совершенствования серии пилотируемых кораблей «Союз» созданы

модификации – «Союз7К-Т», «Союз 7К-ТМ», «Союз Т», «Союз ТМ», «Союз ТМА», «Союз ТМА-М», «Союз МС». Последняя модификация «Союз МС», первый полёт которого состоялся в 2016 г., предположительно будет использоваться для пилотируемых полётов, до прихода на смену корабля нового поколения.

С 2000 г. в РКК «Энергия» начались работы по созданию многоцелевого пилотируемого многоразового космического корабля «Клипер» на смену кораблям серии «Союз». «Клипер» разрабатывался как один из элементов транспортной системы обслуживания орбитальных станций, исследовательских и туристических орбитальных полётов.



Роскосмос в 2005 г. объявил о конкурсе на создание нового российского корабля, где наряду с проектом «Клипер» рассматривались проекты «Центра Хруничева» и НПО «Молния». Ни один из представленных проектов конкурсная комиссия не приняла по причине технико-экономической нереализуемости.





6 апреля 2009 г. РКК «Энергия» объявлен победителем второго конкурса на новый российский корабль. Так началась разработка нового корабля «Федерация». В отличие от кораблей «Союз» корабль «Федерация» будет способен взять на борт шесть членов экипажа, до 500 кг груза, а также до 30 суток находиться в автономном полёте и до одного года в составе орбитальной станции.



В ответ на американскую программу «Спейс Шаттл» в Советском Союзе с 1972 г. стали развиваться работы по созданию многоразовой транспортно-космической системы (МКС) «Энергия-Буран» в составе ракеты-носителя «Энергия» (РН) и орбитального космического самолёта «Буран». Главным конструктором МКС стал Б. Губанов. Головным разработчиком «Бурана» определили НПО «Молния», возглавляемое Г.Е. Лозино-Лозинским, в 1960-е годы уже работавшим над проектом многоразовой авиационно-космической системы «Спираль».



Создание МКС «Энергия-Буран» стало самой масштабной космической программой в истории отечественной космонавтики. В ней аккумулирован многолетний опыт и потенциал ракетно-космической промышленности и передовые достижения свыше 1200 предприятий и организаций 100 министерств и ведомств страны, участвовавших в создании МКС.

РН «Энергия» (изделие 11К25, зарубежное обозначение SL17) – самая мощная отечественная ракета, выполненная по двухступенчатой схеме «Пакет» с параллельным расположением четырёх кислородно-керосиновых ракетных блоков первой ступени вокруг центрального кислородно-водородного блока второй ступени и ассиметричным боковым расположением полезного груза. Благодаря своей компоновке РН «Энергия» является универсальной и способна выводить на околоземные орбиты полезную нагрузку массой более 100 тонн как в виде орбитального корабля, так и в виде самостоятельных крупногабаритных космических грузов. Боковые ракетные блоки диаметром 4 м с четырёхкамерными ЖРД РД-170 с тягой 170 т. Центральный ракетный водородный блок диаметром 8 м оснащён четырьмя однокамерными ЖРД РД-120 с тягой каждого 148 т у Земли и 200 т в пустоте. Стартовая масса ракеты – 2400 т. Суммарная тяга при старте – 3550 т.

Корабль «Буран» имеет треугольное крыло с двойной стреловидностью, а также аэродинамические органы управления и объединённую двигательную установку. В передней части корабля располагается герметичная кабина для экипажа вместимостью до 10 человек, в средней части – грузовой отсек длиной 18,5 м и объёмом 350 м³, вмещающий полезный груз массой до 30 т при взлёте и до 20 т при посадке. Стартовая масса корабля – 105 т.

Первый полёт РН «Энергия» с космическим аппаратом «Полюс» совершён 15 мая 1987 г. Первый и единственный беспилотный полёт космического орбитального самолёта «Буран» состоялся 15 ноября 1988 г. и проходил в полностью автоматическом режиме. Полёт длился 205 минут: за это время «Буран» совершил два витка вокруг Земли. В 1990 г. работы по программе «Энергия-Буран» были приостановлены, а 25 мая 1993 г.



программу окончательно закрыли. В 2002 г. единственный летавший в космос «Буран» пострадал при обрушении крыши монтажно-испытательного корпуса на космодроме Байконур, в котором он хранился вместе с готовыми экземплярами РН «Энергия».

При внешнем сходстве с американской системой «Спейс Шаттл» советская система «Энергия-Буран» имела принципиальное отличие: РН «Энергия» являлась универсальной и орбитальный корабль мог совершать полёты в полностью автоматическом режиме, без участия человека.

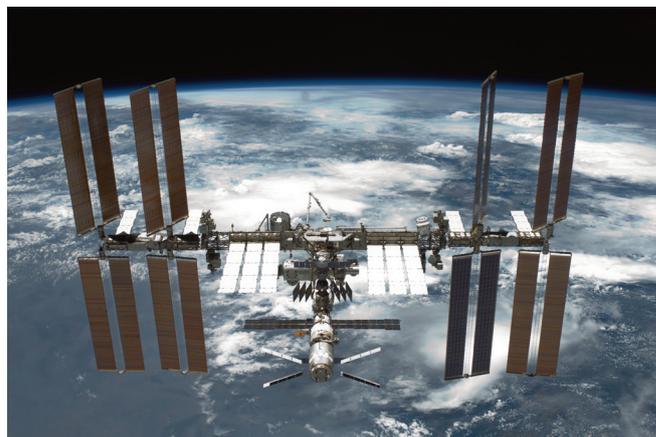
В СССР существовало две программы пилотируемых орбитальных станций – гражданской «Салют» и военной «Алмаз». На орбиту выведено семь станций «Салют», три из которых («Салют-2», «Салют-3», «Салют-5») разработаны по программе военных орбитальных станций (ОПС) «Алмаз».

19 апреля 1971 г. на околоземную орбиту выведена первая в мире гражданская долговременная орбитальная станция (ДОС) «Салют-1». Она существовала 175 суток. На неё было совершено две экспедиции. В 1972 г. СССР попытался вывести на орбиту вторую ДОС, однако старт прошёл неудачно и станция погибла. Выведенная на орбиту Земли 3 апреля 1972 г. ДОС «Салют-2» из-за разгерметизации закончила свою работу через 54 дня. ДОС «Салют-6» и ДОС «Салют-7», запущенные соответственно в 1977 и 1982 гг., при-

надлежали ко второму поколению орбитальных станций и имели два стыковочных узла, дающие возможность дозаправки и снабжения станции с помощью грузовых кораблей. «Салют-6» пробыл на орбите 4 года и 10 месяцев, «Салют-7» – 8 лет и 10 месяцев.

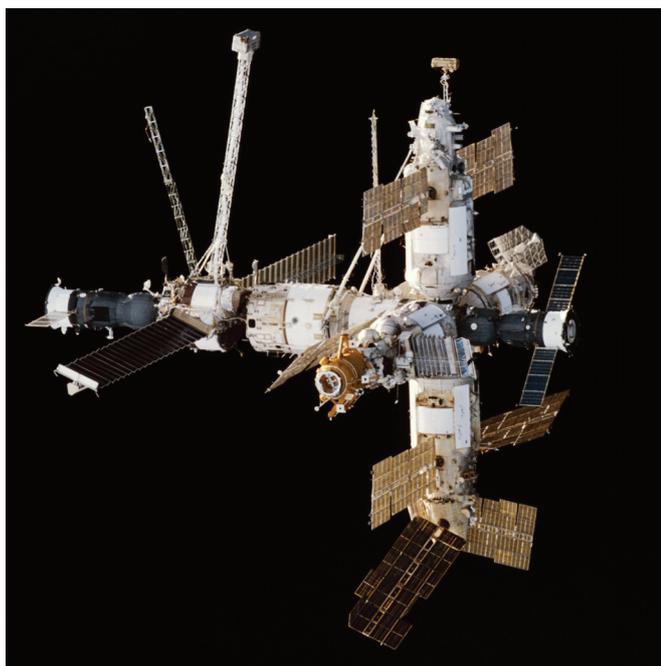
19 февраля 1986 г. на орбиту вывели первую многомодульную орбитальную станцию «Мир». Она просуществовала 15 лет, на станции побывало 104 человека. «Мир» затоплен в Тихом океане 23 марта 2001 г.

20 ноября 1998 г. Россия запустила первый элемент Международной космической станции (МКС) – функционально-грузовой блок «Заря». В настоящее время в российский сегмент МКС входят пять модулей.



Прообразом первых американских экспериментальных космических кораблей для полётов в космос стали разработанные в 1930–1940 гг. в Германии орбитальный бомбардировщик конструкции Ойгена Зенгера и беспилотная крылатая ракета ФАУ-2 Вернера фон Брауна.

Разработка первого американского экспериментального пилотируемого гиперзвукового самолёта Х-15 началась в 1954 г. Х-15 стартовал по технологии воздушного старта из-под крыла стратегического бомбардировщика, совершая суборбитальный полёт и приземляясь на авиабазе, расположенной на дне высохшего солёного озера. Первый пилотируемый полёт осуществлён в 1962 г. Всего по этой программе выполнено 199 полётов. Для полётов на Х-15 сформирован отряд астронавтов, 13 из которых поднимались на высоту более 80 миль (80,5 км). По результатам программы Х-15 в 1956 г. в США





началась программа создания многоцелевого (бомбардировщик, разведчик, перехватчик) пилотируемого многоразового космического орбитального самолёта X-20 «Дайна Сор».

Вывод X-20 на орбиту предполагался на различных модификациях РН «Титан». Изготовлено несколько габаритно-массовых макетов аппарата и проведены широкие научно-технические исследования. Однако в 1962 г. вследствие различных причин технического, военно-политического и финансового характера программу закрыли.

Выбор дальнейшего развития пилотируемой космонавтики США сделали в пользу программы «Меркурий». «Меркурий» – первая реализованная пилотируемая космическая программа США, начатая в январе 1958 г. Корабль «Меркурий» – одноместный орбитальный, пилотируемый корабль, выполненный по схеме капсулы. Астронавт располагается в ложементе в скафандре всё время полёта. Атмосфера кабины – чистый кислород. Корабль не имел возможности манёвра с изменением параметров орбиты. Вход в атмосферу осуществляется по баллистической траектории с перезагрузками до 8 единиц (до 12 единиц в суборбитальных полётах). Аппарат садится на водную поверхность. Для полётов сформирован отряд пилотов из семи человек.

Первый суборбитальный полёт совершён А. Шепардом 5 мая 1961 г. Продолжительность полёта – 15 минут, достигнутая высота – 186 км, дальность – 486 км, скорость – 2294 м/сек. Аппарат выводился на орбиту РН «Редстоун». В зависимости от целевого назначения полётов использовались также РН «Юпитер» и «Атлас». Второй

(и последний) суборбитальный полёт по программе «Меркурий» совершён 21 июля 1961 г., пилот – В. Гриссом. Программа полёта выполнена. После приводнения произошёл нештатный отстрел люка, капсула стала наполняться водой. Пилот был спасён (поднят на борт вертолёта). Но капсула затонула на глубину 5 км и поднята в 1999 году.

20 февраля 1962 г. на корабле «Меркурий», выводимым на орбиту РН «Атлас Д», совершил первый орбитальный космический полёт гражданин США Джон Глен. Продолжительность полёта составила 4 часа 43 минуты (3 витка вокруг Земли). Всего по программе «Меркурий» совершено шесть пилотируемых полётов, в том числе четыре орбитальных. Последний полёт по программе состоялся 15 мая 1963 г.

Второй реализованной пилотируемой программой США стала программа «Джемени» («Близнецы»). «Джемени» продолжила программу «Меркурий», но значительно превзошла её по возможностям – два члена экипажа, большее время автономного полёта, возможность изменения параметров орбиты и др. В ходе программы также отработаны методы сближения и стыковки. Впервые в США осуществлены несколько выходов в открытый космос. Суммарное время полётов по программе составило 41 сутки. Установлен рекорд длительности полёта – 14 суток. Суммарное время выхода в открытый космос – 10 часов. Вывод кораблей на орбиту осуществлялся РН «Титан 2». Подготовка астро-



навтов к полётам на кораблях «Джемени» началась в 1962 г. Из 508 военных лётчиков отобрано семь в возрасте 32–37 лет. Первый полёт корабля «Джемени» состоялся 23 марта 1965 г. Экипаж – В. Гриссом, Д. Янг. Полёт длился 4 часа 53 минуты (3 оборота вокруг Земли).

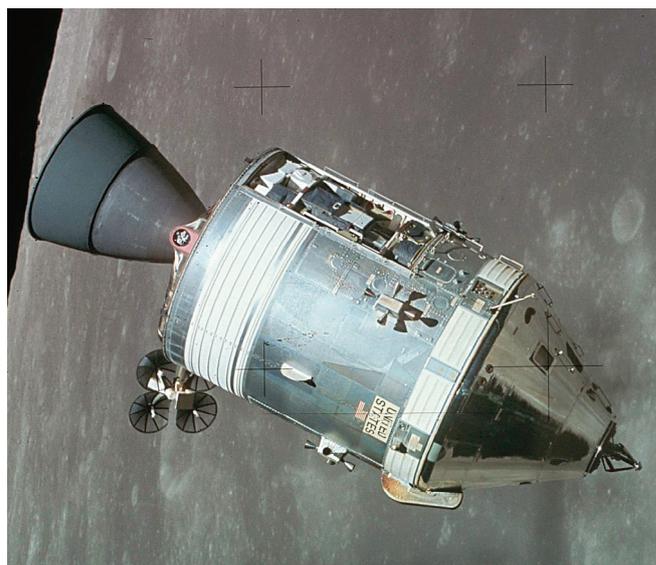
Второй полёт корабля «Джемени» – 3 июня 1965 г. с выходом первого астронавта США (Э. Уайт) в открытый космос. В результате сбоя программного обеспечения компьютера вместо управляемого спуска осуществлён баллистический спуск.

Последний полёт по программе «Джемени» состоялся 11 ноября 1966 г. Результаты 10-ти полётов пилотируемых кораблей «Джемени» показали, что основные задачи программы выполнены. На кораблях «Джемени» побывало в космосе 20 астронавтов, а некоторые из них (3 астронавта) по второму разу. Общие расходы на программу составили 1 млрд 300 млн долларов. Стоимость (вместе с РН) одного пуска – 45 млн долларов. В рамках программы изготовлено: 12 лётных образцов кораблей «Джемени» и 12 ракет-носителей «Титан 2» и «Атлас».

Опыт, полученный в ходе программы «Джемени», использован при подготовке и осуществлении программы «Аполлон». Программа «Аполлон» принята НАСА в 1961 г. в целях осуществления пилотируемых полётов с высадкой на Луну. Программа «Аполлон» стала третьей программой пилотируемых космических полётов США. В программе использовались космические корабли «Аполлон» и серия РН «Сатурн», которые позднее задействовали в программе «Скайлэб» – первой американской орбитальной станции, а также в советско-американской программе «Союз-Аполлон». Конструктивно корабль «Аполлон» состоял из двух основных частей – соединённых командного и служебного отсеков, в которых экипаж из трёх человек проводил большую часть полёта, и лунного модуля, предназначенного для посадки и взлёта с Луны двух астронавтов. Командный отсек имел герметичную кабину с системой жизнеобеспечения экипажа, систему управления и навигации, систему радиосвязи, систему аварийного спасения и тепловой защитный экран. Лунный модуль корабля «Аполлон» имел

две ступени: посадочную и взлётную. Посадочная использовалась для спуска лунного корабля с орбиты Луны и мягкой посадки на лунную поверхность, а также служила стартовой площадкой для взлётной ступени. Взлётная ступень с герметичной кабиной экипажа и собственной двигательной установкой после завершения исследований (с двумя членами экипажа) стартовала с поверхности Луны и на орбите стыковалась с командным отсеком, в котором находится третий член экипажа.

Вывод космического корабля «Аполлон» на орбиту Земли и траекторию полёта к Луне осуществлялся трёхступенчатой РН «Сатурн-5», разработанной под руководством Вернера фон Брауна. РН «Сатурн-5» могла вывести на низкую околоземную орбиту груз массой около 145 т, а на траекторию к Луне около 65 т. Всего произведено 13 пусков ракеты, из них 9 – к Луне, все успешные.



16 июля 1969 г. стартовал пилотируемый космический аппарат «Аполлон-11». Экипаж: командир – Нил Армстронг, пилот командного модуля – Майкл Коллинз, пилот лунного модуля – Эдвин Олдрин. После выхода на орбиту Луны Н. Армстронг и Э. Олдрин перешли в лунный модуль, а М. Коллинз остался на орбите. Лунный модуль совершил посадку на поверхность Луны. Первым человеком, ступившим на Луну, стал Нил Армстронг. Это произошло 21 июля 1969 г. Затем к нему присоединился Э. Олдрин. Они совершили один выход на лунную поверхность, ко-



торый продолжался 2 часа 31 минуту 40 секунд. Всего они оставались на поверхности Луны в течение 21 часа 36 минут.

В ходе выполнения программы произошли две крупные аварии. Первая – пожар во время наземных испытаний (после пожара сгоревший корабль получил название «Аполлон-1»), в результате которого погибли 3 астронавта – В. Гриссом, Э. Уайт и Р. Чаффи. Вторая – произошла во время полёта корабля «Аполлон-13». В результате взрыва бака с жидким кислородом и выхода из строя двух из трёх батарей топливных элементов. Высадка на Луну была сорвана, астронавтам с риском для жизни удалось вернуться на Землю.

Программа «Аполлон» внесла большой вклад в историю пилотируемой космонавтики. «Аполлон-8» (1968 г.) с экипажем Ф. Борман, Д. Ловелл, У. Андерс стал первым пилотируемым кораблём, вышедшим на орбиту другого астрономического объекта, сделав 10 витков вокруг Луны, а «Аполлон-17» (1972 г.) – последний с высадкой на Луну. С 1968 по 1975 гг. запущено 15 космических кораблей «Аполлон» с экипажами (38 астронавтов), из них шесть «Аполлонов» успешно осуществили лунные экспедиции (с 1969 по 1972 гг. на «Аполлоне-11», -12, -14, -15, -16, -17») с высадкой на Луну. На Луну высаживались 12 астронавтов. На «Аполлоне-11» (1969 г.) осуществлена первая посадка на Луну, на «Аполлоне-17» (1972 г.) – последняя. Эти шесть полётов на данный момент – единственные за всю историю человечества, когда люди высаживались на другие астрономические объекты. «Аполлон» – единственная серия космических кораблей, на которых люди покидали пределы низкой околоземной орбиты и преодолевали притяжение Земли, а также единственная – совершившая успешную высадку людей на Луну и возвращение их на Землю.

14 мая 1973 г. в США ракетой «Сатурн-5» выведена на орбиту Земли первая и единственная орбитальная станция «Скайлэб» («Небесная лаборатория»). Корпус станции изготовлен из третьей ступени ракеты «Сатурн-1Б», экипаж станции – 3 астронавта. На станции работали три экспедиции продолжительностью 28, 59 и 84 суток каждая. В 1975 г. «Скайлэб» сведена с



орбиты и затоплена.

«Спейс Шаттл» («Космический челнок») – американский многоразовый транспортный корабль, использованный в рамках государственной программы NASA «Космическая транспортная система», начал разрабатываться с 1971 г. Всего построено пять «Шаттлов» (два из них погибли в катастрофах – «Челленджер» (28 января 1986 г.) и «Колумбия» (1 февраля 2003 г.). Полёты в космос осуществлялись с 12 апреля 1981 г. по 21 июля 2011 г. Планировалось, что к 1990 г. будет совершаться по 24 старта в год, и каждый из кораблей совершит до 100 полётов в космос. На практике они использовались значительно меньше – за 30 лет эксплуатации произведено 135 пусков (включая две катастрофы).

Больше всего полётов (39) совершил космический челнок «Дискавери». Орбитальный космический корабль «Шаттл» запускался в космос при помощи двух твердотопливных ракетных ускорителей и трёх собственных маршевых двигателей, которые получили топливо (жидкие водород и кислород) из огромного внешнего подвешенного бака. На начальном участке траектории создают тягу отделяемые твердотопливные ускорители, которые отделяются и приводятся на парашютах в океан, и, после ремонта



и перезаправки, используются вновь. Внешний топливный бак с жидкими водородом и кислородом служит звеном для соединения ускорителей с космическим кораблём. Бак отбрасывается примерно через 8,5 мин. после старта, большая часть его сгорает в атмосфере, а остатки падают в океан. Космический корабль выходит на околоземную орбиту. После выполнения программы полёта возвращается на Землю и совершает посадку как планер на взлётно-посадочную полосу.

Наименьший состав экипажа «Шаттла» состоит из двух астронавтов. Наибольший экипаж «Шаттла» – восемь астронавтов. Чаще всего в экипаж входит от 5 до 7 астронавтов. Максимальная масса полезной нагрузки, доставляемая в космос – 24,4 тонны. С 1981 г. с помощью «Шаттлов» доставлено на орбиту более 1370 т полезных грузов. Максимальная масса груза, возвращаемого с орбиты – до 14,4 т. «Шаттл» рассчитан на двухнедельное пребывание на орбите. В общей сложно-

сти к дате закрытия программы в 2011 г. Шаттлы совершили 135 полётов, из них «Дискавери» – 39, «Атлантис» – 33, «Колумбия» – 28, «Индевор» – 25, «Челленджер» – 10.

По версии руководства СССР космические челноки могли быть использованы в качестве орбитальных бомбардировщиков – носителей ядерного оружия, а также для похищения и уничтожения советских космических аппаратов, находящихся на орбите. В результате советская космическая отрасль получила задание создать многоразовую многоцелевую космическую систему с характеристиками, аналогичными «Шаттлу». Общая фактическая стоимость 30-летней программы на 2011 г. составляла 113,7 млрд долларов. Стоимость каждого полёта «Шаттла» со временем менялась: в 2003 г. – около 240 млн долларов, а в 2010 г. – около 775 млн долларов.

8 июля 2011 г. осуществлен последний старт «Атлантиса» по программе «Космическая транспортная система». На «Шаттлах» совершили полёты 355 астронавтов и космонавтов. После завершения эксплуатации все сохранившиеся «Шаттлы» переданы в музей.

С середины 2000-х годов в США концерном «Локхид Мартин» в рамках программы «Созвездие» разрабатывается многоцелевой, частично многоразовый пилотируемый транспортный космический корабль «Орион». Корабль предназначался для доставки людей и грузов на МКС и для полётов к Луне, а в дальнейшем к Марсу. В околоземных полётах «Орион» должен сменить космические челноки «Спейс Шаттл», завершив-





ших полёты в 2011 г., а в будущем обеспечить высадку человека на Марс.

Первый пилотируемый полёт с экипажем из двух астронавтов планировался на 2014 г., начало полётов к Луне – на 2019–2020 гг. Первый беспилотный испытательный полёт на РН «Дельта» состоялся 5 декабря 2014 г. Беспилотный полёт с помощью РН SLS с облётом Луны планировался на конец 2018 г., но из-за технических недоработок и финансовых трудностей запуск РН SLS отложен до 2019 г.

При полётах к МКС в экипаж «Ориона» могут входить шесть астронавтов. В экспедициях к Луне планировалось отправлять по четыре астронавта. Корабль «Орион» должен был обеспечивать доставку людей на Луну для длительного пребывания с тем, чтобы в дальнейшем подготовить пилотируемый полёт на Марс. Диаметр корабля – 5,3 м, масса – 25 т. Внутренний объем кабины экипажа в 1,5 раза больше, чем у корабля «Аполлон».

По последней версии: вместо новой РН «Арес» (от её создания отказались) «Орион» должен выводиться на существующих РН «Дельта-4» или «Атлас-5» для полётов на околоземную орбиту, а также на разрабатываемой новой сверхтяжелой РН SLS для полётов в дальний космос. В 2010 г. президент США Б. Обама закрыл программу «Созвездие», но работы по созданию нового корабля по концепции корабля «Орион» продолжились. В 1911 г. расходы на проект превысили 5 млрд долларов.

5 декабря 2014 г. на РН «Дельта 4» состоялся успешный запуск корабля «Орион», который после испытательного полёта приводнился в Тихом океане.

В настоящее время ведется изготовление и испытания первых лётных кораблей. Первый пилотируемый полёт «Ориона» планируется осуществить не ранее 2021 г. В США компанией «Боинг» разрабатывается частично многоэтажный пилотируемый транспортный космический корабль «Старлинер» (CST-100). Он будет использоваться для доставки экипажа (не менее четырех человек) и грузов (до 100 кг) к МКС и оставаться пристыкованным к ней в течение 210 суток (для возможности экстренной эвакуации экипажа МКС). Запуск

корабля будет производиться ракетой «Атлас-5». Предполагалось, что CST-100 может быть введен в эксплуатацию в 2014 г. В настоящее время в производстве находится три корабля. Сроки запуска неоднократно переносятся. Последняя версия – первый пилотируемый пуск в середине 2019 г.

С 2004 г. частной компанией «SpaceX» (США) под руководством Илона Маска началась разработка космического многоэтажного корабля «Дракон» для полётов к МКС и РН «Фалькон». 25 мая 2012 г. «Дракон» стал первым частным космическим кораблём, пристыковавшимся к МКС.

Первый запуск «Фалькон-9» состоялся 4 июня 2010 г. с массогабаритным макетом корабля «Дракон» для проведения испытаний.

8 декабря 2010 г. успешно стартовала РН «Фалькон-9» с космическим кораблем «Дракон» на борту. Корабль достиг орбиты, отделился от носителя и дважды облетел Землю, после чего пошёл на снижение. Капсула вошла в атмосферу и, раскрыв парашюты, приводнилась в Тихом океане. Первый полёт к МКС совершён 22 мая 2012 г. Стыковка произошла успешно.

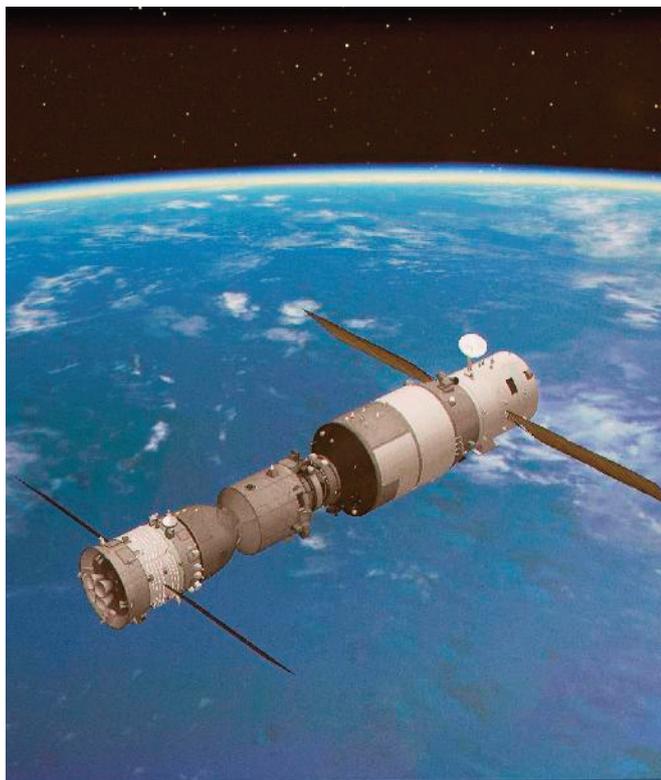


В 2014 г. представлена пилотируемая версия многоэтажного аппарата «Дракон». В капсуле «Дракона» могут находиться одновременно семь астронавтов. Первый беспилотный полёт «Дракона» намечался на декабрь 2018 г.



В настоящее время во всем мире, в первую очередь в США, начал развиваться коммерческий космический туризм. Многие фирмы разрабатывают пилотируемые аппараты для подъема людей на высоту 100 км (линия Кармана – условная граница космоса) и орбитального полёта продолжительностью около двух часов. Для совершения полета с кратковременной подготовкой около трех дней принимаются заявки от желающих в возрасте 18 лет и старше.

Третьей космической державой, создающей и выводящей в космос пилотируемые космические корабли, стал Китай. Космическая программа Китая началась в 1956 г. Основателем китайской космической программы считается Цянь Сюэсэнь, также принимавший участие во многих американских аэрокосмических разработках. В 1955 г. он возглавил работы по ядерным и ракетно-космическим программам Китая. В 1956 г. началась разработка ракетной программы Китая с привлечением советских специалистов и передачей документации на советскую баллистическую ракету Р1. Первый искусственный спутник Земли в рамках программы запущен в 1970 г.



15 октября 2003 г. выведен в космос первый пилотируемый космический корабль «Шеньчжоу-5» с тайконавтом Ян Ливэя. «Шеньчжоу-6» в 2005 г. стал первым многоместным китайским пилотируемым космическим кораблём. На корабле «Шеньчжоу-9» в 2012 г. совершила полёт первая женщина тайконавт Лю Ян. В 2011 г. запущена «Тяньгун-1» – восьмитонная орбитальная лаборатория (базовый модуль), являющийся первым элементом создания китайской орбитальной станции.

Китай ведет разработку перспективных многоэтажных космических систем. Создан и проходит испытания прототип космолана «Шеньлун».

Созданные в начале XX века основоположником теории космонавтики К.Э. Циолковским труды по научному обоснованию возможностей осуществления космических полётов с помощью жидкостных ракет и первые экспериментальные работы, проведенные в мире по созданию ракетных аппаратов, позволили приступить к реализации космических полётов. Авангардом таких работ выступил СССР: под руководством С.П. Королёва созданы первые РН, на одной из которых 12 апреля 1961 г. совершил легендарный пилотируемый полёт в космос Ю.А. Гагарин, положив начало космической эры человечества.

Гагаринский полет, наряду с полётом Н. Армстронга (20 июля 1969 г.), стали величайшими событиями в истории человечества, имеющими всемирно-историческое значение в развитии земной цивилизации.

За 58 лет пилотируемых космических полётов в космическом пространстве побывали 572 человека из 36 стран мира, в том числе 512 мужчин и 60 женщин. Не обошлось и без потерь. При подготовке к полётам и выполнении космических заданий погибли 25 человек, в том числе 19 – из США и 6 – из СССР. Но это не остановило людей.

Кроме России, США, КНР пилотируемые космические программы разрабатываются в Индии, Японии и в ряде других стран. Развитие космонавтики продолжается.

♦ ИЗ ИСТОРИИ ПРЕДПРИЯТИЯ

УДК 338.245.8

Астахов Ю.П., Новиков П.П.

(ФГУП «НПО «Техномаш»)

Конверсия девяностых

В статье изложен опыт финансового оздоровления ФГУП «НПО «Техномаш» в 80-е и 90-е годы прошлого века, когда предприятие находилось в предбанкротном состоянии. В целях выживания создавались и внедрялись конверсионные технологии, программы работ с Мосгорисполкомом и Казахстаном, заключались договоры с Моэнерго и Мостеплоэнерго. В результате предпринятых действий положение предприятия стабилизировалось.

Ключевые слова: конверсия предприятия, товары народного потребления и государственная продукция, оздоровление, структура отрасли, развитие кооперации.

В жизненном цикле каждой компании наступает период, когда снижаются объемы производства и прибыль, растут затраты, не обновляется продуктовая линейка и, как следствие, происходит снижение конкурентоспособности и востребованности на рынке. Если не провести кардинальных изменений компания «умирает». Чтобы этого не произошло, необходим комплекс структурных, финансово-экономических и технических преобразований, без которых оздоровление проблематично.

В конце 80–90-х гг. прошлого века НИИТМ (ФГУП «НПО «Техномаш») вместе со страной прошел весь путь экономических реформ. В 80-е годы ракетно-космической отрасли и руководством института взят курс на «Конверсию»; на базе отраслевых достижений разработаны «Каталоги продукции ТНП и ГП» для внедрения в народном хозяйстве. Институт, участвуя во всех отечественных и зарубежных выставках, неизменно демонстрировал свои достижения в этой области, получая заслуженные награды. Выпускались рекламные листовки на продукцию, велась непосредственная работа с потенциальными потребителями. Основная роль отводилась отраслевым лабораториям института, где создавалась, испытывалась и производилась (зачастую совместно с предприятиями отрасли) продукция на базе разработанных технологий.

Программой совместных работ Министерства общего машиностроения и Мосгорисполкома предусматривался комплекс работ по повышению технического уровня предприятий. Наряду с мероприятиями данной программы Министерство общего

машиностроения поручило институту оказание технической помощи предприятиям легпищепрома и медицины. Также «Техномаш» приступил к разработке и реализации конверсионной программы «Казахстан-Космос», утвержденной Министром общего машиностроения Шишкиным О.Н. и Президентом Казахстана Назарбаевым Н.А.

Для решений технических проблем народного хозяйства при НИИТМ создали инженерный центр «Конверсия». Были заключены договоры и выполнены работы на миллионы рублей.

В 90-е годы государство нанесло удар по промышленности. Предприятия лишились оборотных средств, усилилась налоговая нагрузка. Деньги автоматически снимались со счетов предприятий. Выполнение заключенных договоров – закупка материалов, комплектующих, оплата услуг контрагентов – стало почти невозможным, что неуклонно вело к срыву сроков. Зарплата не выплачивалась месяцами, произошел значительный отток квалифицированных кадров, но остались самые преданные специалисты, те, кто считал институт своим домом.

Почти в каждой лаборатории возникли малые предприятия и договора заключались через них. Отток кадров прекратился, институт продолжил работу с предприятиями отрасли.

В тот трудный период сформировался отдел нетрадиционных технологий (Астахов Ю.П., Чубченко Б.А., Новиков П.П.), который приступил к разработке новой линейки ТНП и ГП.

Совместно с отраслевым институтом угольной промышленности отдел на основе новых твердосплавных порошков разработал и изготовил



образцы новых породных резцов для проходки штреков в шахтах. Авторы данной статьи лично ездили в г. Шахты Ростовской области и проводили натурные испытания на ряде шахт на глубинах 600–1200 метров. Резцы выдержали испытания и были востребованы. В то время преобладал бартер, и мы не смогли найти потребителя на несколько вагонов высококачественного угля.

Также отделом разработаны и запатентованы оригинальные коррозионностойкие фильтры и дренажные системы для анионитных и катионитных фильтров (различного объема) для цехов химводоподготовки районных тепловых электростанций. По сравнению со стандартными пластмассовыми фильтрами наши фильтры имели увеличенный срок службы, а дренажные системы требовали меньших затрат при эксплуатации. Данными системами оснащены 24 районные тепловые электростанции г. Москвы и Московской области – Каширская ГРЭС, Шатурская ГРЭС, ГЭС-1 им. С.А. Смидовича (Кремлевская ГЭС) и другие станции.

В середине 90-х отдел выиграл конкурс на проведение работ по поставкам совместно с австрийской фирмой «Арваг» для цеха химводоподготовки Кремлевской ГРЭС 36 единиц водоподготовительного оборудования, в том числе двухъярусных анионитных и катионитных фильтров диаметром 3,5 м с высотой 8 м с внутренней гуммировкой. Фирма «Арвак» отвечала за конструкцию, а отдел за изготовление и гуммировку. Заказ выполнен, фильтры смонтированы. «Техномаш» спасен от банкротства – погашены значительные долги института за электричество перед Мосэнерго методом взаимозачета.

Ярким примером работы отдела стал контракт с АО НИИ «Химмаш» по изготовлению трех комплектов системы жизнеобеспечения космонавтов на МКС, от которого все отказались, а отдел нетрадиционных технологий взялся за его реализацию. Сроки поджимали, назначена дата старта ракеты-носителя. Мы понимали всю сложность вопроса, поэтому специалисты отдела оперативно разработали технологию и сетевой график изготовления деталей и узлов блока жизнеобеспечения (БЖ6161). К кооперации привлекли отделение сварки и опытное производство, а по механической обработке – сторонние организации. Сборку узлов и блока жизнеобеспечения проводили своими силами. Все понимали, что выдержать сроки поставки и обеспечить качество работы – дело чести отдела и института.

Заказ выполнили в срок. После проведенных испытаний один комплект системы жизнеобеспечения

космонавтов (БЖ6161) стартовал и доставлен на МКС.

В то время в каждом отделении создавалась и реализовывалась своя конверсионная продукция и технологии.

В заключение необходимо отметить, что финансовое оздоровление предприятия невозможно без структурных, финансово-экономических преобразований, создания и производства новой продукции, услуг, являющихся конкурентоспособными на рынке, повышения значимости работ отраслевых лабораторий и для коммерциализации разработок создания дочерней (инжиниринговой) компании.

Сейчас ракетно-космическая отрасль находится далеко не в молодом возрасте и по заявлениям руководителей Государства и Правительства нуждается в оздоровлении, в частности проведения работ по «Конверсии».

Необходимо поменять структуру отрасли, переходя от многопрофильных предприятий (в плане технологических переделов) к чисто сборочным предприятиям по линейке РН, пилотируемых комплексов, КА и систем управления, трехуровневой глубокой системы отраслевой кооперации, работающей на сборочные предприятия:

1-й уровень кооперации – предприятия, изготавливающие составные части изделий ракетно-космической техники, отдельных узлов, агрегатов и управляющих систем;

2-й уровень кооперации – предприятия, изготавливающие детали сборочных единиц, составных частей изделий, узлов и агрегатов;

3-й уровень кооперации – предприятия, поставляющие сырье, материалы, заготовки, комплектующие для производства радиотехнических и электронных блоков ракетно-космической техники.

При этом высвободится значительная часть производственных мощностей предприятий отрасли, которая сейчас имеет загрузку не более 50% и которую нужно будет по отраслевой программе «Конверсия» (в ряде случаев «Диверсификация») при государственной поддержке переориентировать на серийный выпуск ТНП и ГП с трансфером технологий и организацией глубокой кооперации, ориентированной на создаваемые серийные сборочные мощности по выпуску ТНП и ГП в отрасли для внутреннего рынка и на экспорт.



✦ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ РКП

УДК 629.7:001895

Кондратенко А.Н., Олексенко И.А.

(ФГУП «НПО «Техномаш»)

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

Сложности планирования реконструкции и технического перевооружения предприятий ракетно-космической промышленности в обеспечение разработки и подготовки производства ракетно-космической техники, разработки и внедрения промышленных технологий создания ракетно-космической техники обуславливают необходимость осуществления на постоянной основе планирования, информационно-аналитического, нормативно-правового, организационно-методического и научно-технического сопровождения таких мероприятий. Разработаны основные методические подходы рассмотрения и отбора инвестиционных проектов по реконструкции и техническому перевооружению предприятий и технологических научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ для включения в программные мероприятия или при корректировках государственных и федеральных целевых программ в части производственно-технологического развития ракетно-космической промышленности.

Ключевые слова: реконструкция, техническое перевооружение, инвестиционные проекты, НИОКР, технологии, планирование, показатели, критерии.

В современных условиях бюджетных ограничений, внешнеполитической обстановки, необходимости производственно-технологической модернизации ракетно-космической промышленности (РКП) актуальной является задача внедрения новых подходов к эффективной разработке и реализации государственных программ, федеральных целевых программ (ГП и ФЦП), направленных на производственно-технологическое развитие РКП [1-3]. Применительно к современным условиям авторами статьи разработаны основные методические подходы рассмотрения и отбора инвестиционных проектов по реконструкции и техническому перевооружению предприятий (ИП) и технологических научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) [3] для включения в программные мероприятия ГП и ФЦП в части производственно-технологического развития РКП для обеспечения безусловного выполнения целевых задач федеральной космической программы (ФКП), ФЦП по поддержанию, развитию и использованию глобальной навигационной

спутниковой системы ГЛОНАСС (ФЦП «ГЛОНАСС»), государственной программы вооружения (ГПВ) – для обеспечения производственно-технологической готовности организаций РКП в требуемые сроки разрабатывать и производить современные перспективные образцы ракетно-космической техники (РКТ) с требуемыми тактико-техническими характеристиками (ТТХ), обладающими необходимыми показателями качества и надежности.

Структурная схема формирования и сопровождения программных мероприятий по производственно-технологическому развитию организаций РКП представлена на рис.1. Программные мероприятия по производственно-технологическому развитию организаций РКП включаются в отдельные разделы ГП «Развитие оборонно-промышленного комплекса» (ГП ОПК) в части РКП, ФКП, ФЦП «ГЛОНАСС» и содержат мероприятия по ИП и технологическим НИОКР. Основные разделы программных мероприятий по технологическим НИОКР [3] – промышленные базовые (ПБТ) и промышленные критические технологии (ПКТ),

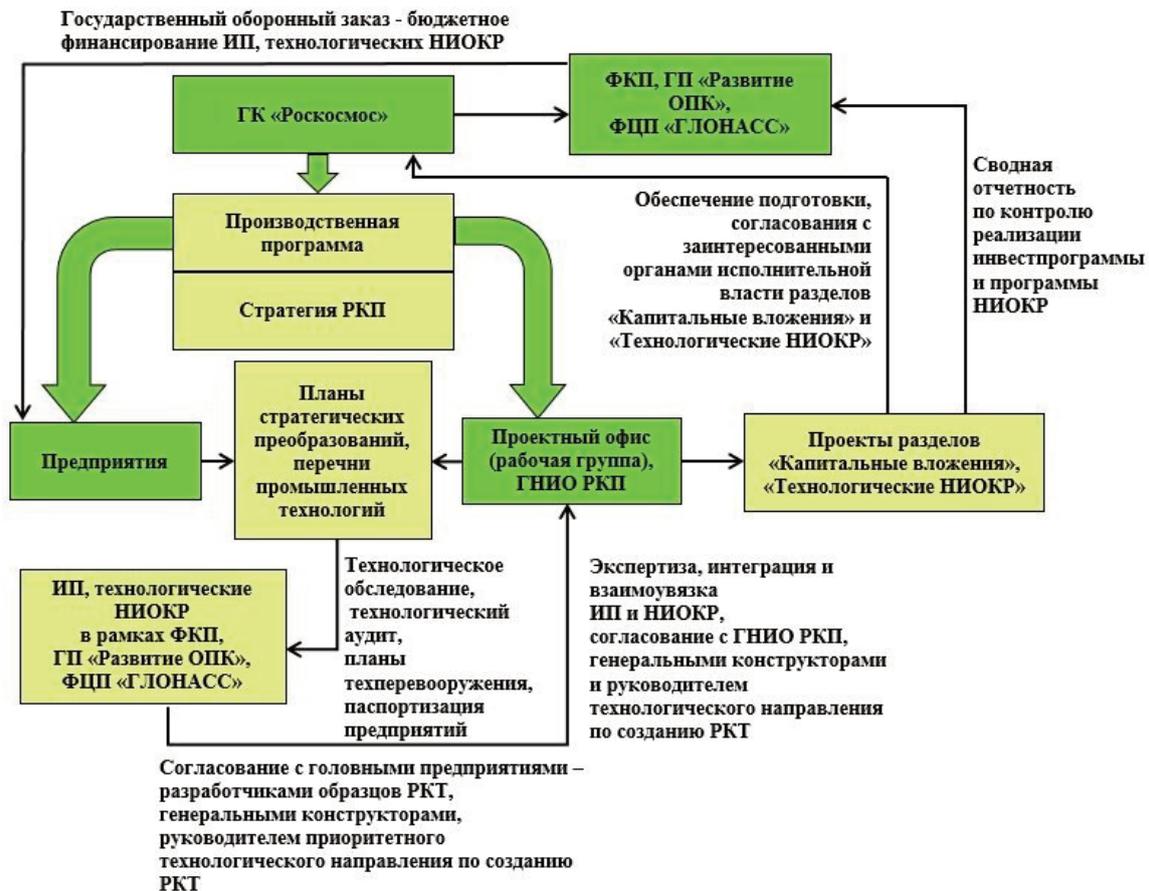


Рис. 1. Структурно-функциональная схема разработки и сопровождения программных мероприятий по реконструкции и техническому перевооружению и технологическим НИОКР

материаловедческие НИОКР, поисковые НИР, общесистемные НИР.

Основными задачами, требующими решения в ходе рассмотрения и отбора ИП и НИОКР, являются:

- анализ актуальности и своевременности реализации, в том числе оценка соответствия целям и задачам ФКП, ФЦП «ГЛОНАСС» или ГПВ;
- оценка целесообразности и экономической эффективности;
- подготовка рекомендаций по включению ИП и НИОКР в программные мероприятия ГП и ФЦП.

Общими требованиями при формировании мероприятий ГП и ФЦП являются [2]:

- предложения должны относиться только к образцам РКТ, включенным в проекты ФКП, ФЦП «ГЛОНАСС» или ГПВ при их формировании, и пройти согласование с головными предприятиями-разработчиками РКТ;

– для ГП ОПК предложения по НИОКР должны быть представлены с учетом Перечня базовых и критических технологий на планируемый программный период, направленных на обеспечение реализации ГПВ, одобренного решением Военно-промышленной комиссии Российской Федерации (Перечень);

– в программные мероприятия разрабатываемых ГП и ФЦП в обязательном порядке включаются все мероприятия по ИП и технологическим НИОКР, реализуемые в рамках действующего государственного оборонного заказа (ГОЗ), а также включенные в действующие на момент разработки ГП и ФЦП и их разделов, относящихся к производственно-технологическому развитию РКП.

При рассмотрении и формировании программных мероприятий учитываются результаты и данные полученных в ходе проведения технологического аудита и разработки планов технического перевооружения предприятий отрасли, разработки и экспертизы обоснований экономической целесообразности

реализации ИП, анализируется координация мероприятий разрабатываемого проекта программы с мероприятиями других ГП и ФЦП, а также их влияние на достижение целевых показателей Стратегии развития Госкорпорации «Роскосмос» до 2030 года.

Формирование основных разделов программных мероприятий по ИП и технологическим НИОКР осуществляется в шесть этапов.

1. Принятие решений Госкорпорации «Роскосмос» о разработке ГП или ФЦП и создании отраслевой рабочей группы (проектного офиса) по обоснованию и формированию мероприятий Программы, которая проводит их анализ актуальности и своевременности реализации, оценку соответствия целям и задачам Программ, оценку целесообразности реализации, а также готовит рекомендации по включению предлагаемых к рассмотрению ИП и НИОКР в программные мероприятия.

2. Сбор первичных предложений по ИП и НИОКР от предприятий РКП и смежных отраслей ОПК, главных конструкторов по созданию РКТ, руководителя приоритетного технологического направления.

Первичные предложения по ИП представляются в соответствии с требованиями приказа Госкорпорации «Роскосмос» от 21.05.2018 № 153 [4] и содержат:

- справку-обоснование по вновь начинаемому ИП по объекту нового строительства;
- справку-обоснование по вновь начинаемому ИП по объектам реконструкции и технического перевооружения;
- сводную форму представления исходных данных по перечню ИП по техническому перевооружению предприятий РКП и смежных отраслей.

Первичные предложения по технологическим НИОКР должны включать паспорт промышленной технологии, пояснительную записку к паспорту, технико-экономическое обоснование НИОКР, оформленные в соответствии с требованиями, предъявляемыми при формировании Перечня, а также справку-обоснование, проект технического задания и аналитическую записку на НИОКР, оформленные в соответствии с требованиями, предъявляемыми к НИОКР при формировании ГОЗ по технологическим НИОКР.

3. Классификация заявок по тематическим подгруппам:

- под тематической подгруппой по ИП понимаются мероприятия, направленные на создание однотипных приоритетных и перспективных видов РКТ по ГПВ;
- под тематическими подгруппами по ПБТ в части РКП понимаются мероприятия по производственным технологиям, технологиям управления производством, технологиям контроля и управления качеством, технологиям испытаний и моделирования, информационным технологиям и системам управления, технологиям проектирования и подготовки производства РКТ;
- тематические подгруппы по ПКТ разделяются на поддерживающие, перспективные и прорывные технологии и т.д. [3].

4. Отбор заявок.

Основные показатели, используемые в ходе рассмотрения и отбора ИП и НИОКР для включения в программные мероприятия в части развития РКП – актуальность, своевременность, эффективность, отсутствие дублирования, реализуемость ИП и НИОКР.

Обязательные к применению показатели и критерии отбора НИОКР по ПБТ и ПКТ, по созданию сырья и материалов, НИР по поисковым и общесистемным работам, ИП представлены в табл. 1. Принимаемые значения критериев отбора могут быть равны 0 или 1. Если хотя бы один из критериев равен 0, за исключением критериев № 1 и № 4 табл. 1, мероприятия заявки не включаются в перечень программных мероприятий.

В программные мероприятия в обязательном порядке включаются НИОКР и ИП, в отношении которых имеются прямые поручения Президента Российской Федерации, Правительства Российской Федерации, а также критичные для обеспечения разработки, подготовки производства и достижения требуемых ТТХ РКТ.

Если предлагаемая НИОКР по ПБТ и ПКТ или материалам не соответствует ни одной из технологий Перечня, на рассмотрение рабочей группы представляются техническое задание (ТЗ) и справ-обоснование на предлагаемую НИОКР и весь перечень обосновывающих

Таблица 1. Обязательные к применению показатели и критерии отбора ИП и НИОКР

№ п/п	Наименование критерия	Виды мероприятий	Оцениваемый показатель
1	Наличие в отношении НИОКР или ИП прямых поручений Президента Российской Федерации, Правительства Российской Федерации	ПКТ и ПБТ, сырье и материалы, поисковые НИР, общесистемные НИР, ИП	Актуальность
2	Соответствие направленности НИОКР или ИП перечню образцов РКТ, включенных в проект ГПВ, а также направленности на обеспечение выполнения хотя бы одного из требований: подготовки и стабильности производства РКТ, импортозамещения, восстановления производства в требуемых объемах, достижения требуемых тактико-технических характеристик изделий РКТ, обеспечение создания НТЗ для приоритетных образцов РКТ. Для случая общесистемных НИР – направленность на научно-техническое сопровождение РКТ или Программы	ПКТ и ПБТ, сырье и материалы, поисковые НИР, общесистемные НИР, ИП	
3	Наличие согласованной заявки на НИОКР или ИП предприятия головным предприятием-разработчиком образцов РКТ, руководителем приоритетного технологического направления и генеральным конструктором по созданию РКТ на включение в проект Программы	ПКТ и ПБТ, сырье и материалы, поисковые НИР, ИП	
4.	Соответствие НИОКР Перечню базовых и критических технологий в обеспечение реализации ГПВ, одобренному решением Военно-промышленной комиссии Российской Федерации	ПКТ и ПБТ, сырье и материалы	
5	Привязка сроков выполнения НИОКР или реализации ИП к срокам создания образцов РКТ в соответствии с приоритетами планирования и реализации ФКП, ФЦП «ГЛОНАСС», ГПВ	ПКТ и ПБТ, сырье и материалы, ИП	Своевременность
6	Соответствие НИОКР критериям эффективности ПКТ и ПБТ или требованиям к перспективным материалам	ПКТ и ПБТ, материалы	Эффективность

документов для последующей актуализации Перечня.

5. Для каждого раздела Программы и каждой тематической подгруппы проводится ранжирование заявок [5].

Показатели, критерии ранжирования и метод расчета ранга для НИОКР представлены в табл. 2. Ранг значимости технологии определяется как сумма баллов с соответствующими весовыми коэффициентами по всем критериям ранжирования.



Таблица 1. (продолжение)

№ п/п	Наименование критерия	Виды мероприятий	Оцениваемый показатель
7	Отсутствие в заявках дублирования работ с уже проведенными или проводимыми НИОКР или ИП	ПКТ и ПБТ, сырье и материалы, поисковые НИР, общесистемные НИР, ИП	Отсутствие дублирования
8	Наличие предприятий с необходимым финансово-экономическим, материальным и высококвалифицированным кадровым потенциалом, способным реализовать НИОКР или ИП в условиях ресурсных и временных ограничений и требований нормативных документов по ИП. Для случаев планирования выполнения ОКР – наличие необходимого НТЗ	ПКТ и ПБТ, сырье и материалы, поисковые НИР, общесистемные НИР, ИП	Реализуемость
9	Возможности (или достаточность мероприятий) внедрения разрабатываемых технологий на конкретных предприятиях РКП по результатам выполнения НИОКР – внедрение на этапе разработки НИОКР или внедрение после проведения НИОКР с учетом капитального строительства, в том числе за счет собственных средств предприятия или за счет бюджетных средств	ПКТ и ПБТ, сырье и материалы	

По результатам деятельности рабочей группы по разработке действующей ГП ОПК в части РКП получена основная номенклатура промышленных производственных и материало-ведческих технологий мирового уровня, планируемых к разработке и внедрению в плановом периоде 2019–2027 гг., а также обеспечивающих производственно-технологический и материало-ведческий заделы для разработки новых поколений конкурентоспособной на мировых рынках РКТ:

– 3D-моделирование на основе аддитивных технологий, бесшовное формование изделий сложной геометрической формы, создание конструкций из композиционных материалов, в том числе с использованием нанотехнологий, включая формование изделий методами послойного выращивания, фрикционная сварка с перемешиванием, пайка, прецизионная обработка изделий

сложной формы, функционирующих в высоко-агрессивных средах, лазерные технологии обрабатывающего и заготовительного производства, производство высокоточных размеростабильных оптических деталей различной формы и размеров;

– производство и обработка новых высокомо- дульных углепластиков, материалов-порошков, особо жаропрочных и жаростойких сплавов, алюминиевых и титановых сплавов малой плот- ности с заданными свойствами, композицион- ных материалов, стойких к воздействию высо- ких и криогенных температур.

К приоритетным технологиям, имеющим высший ранг, отнесены технологии совер- шенствования и замещения наземной экспе- риментальной отработки за счет внедрения численного и имитационного моделирования на супер-ЭВМ с использованием цифровых

Таблица 2. Ранжирование технологических НИОКР

№ п/п	Показатель ранжирования	Весовой множитель k_i	Критерий ранжирования	Балл
Технический уровень и новизна технологии				
1	Технический уровень разрабатываемой технологии, α_1	2	Выше мировых аналогов	4
			На уровне мировых аналогов	3
			Выше отечественных аналогов	2
			На уровне отечественных аналогов	1
2	Патентоспособность разрабатываемой технологии	1	Планируется получение патентов	1
			Не планируется патентование	0
Критичность технологии				
3	Критичность технологии для разработки и производства РКТ, создания НТЗ	3	Обеспечение достижения требуемых ТТХ изделий РКТ или восстановление производства	5
			Обеспечение стабильности производства	2
Создание НТЗ				
4		2	Создание НТЗ для прорывных технологий	2
			Проведение НИР в обеспечение выполнения ОКР в планируемом плановом периоде	1
Импортобезопасность и импортозамещение				
5	Импортозамещение и импортобезопасность	3	Полное импортозамещение	2
			Частичное импортозамещение	1
			Отсутствие импортозамещения	0

двойников изделий, технологии совершенствования целевых приборов и служебных систем РКТ, а также гиперзвуковые технологии.

Ранжирование мероприятий по ИП проводится при получении бюджетных ограничений на обеспечение реализации ГП и ФЦП. По со-

гласованию с предприятиями, на которых планируется реализация ИП, проводится перераспределение долей бюджетного финансирования и финансирования за счет собственных средств предприятия, направленных на реализацию ИП, в сторону максимально возможного (допустимого) увеличения доли собственных средств.

Таблица 2. (продолжение)

№ п/п	Показатель ранжирования	Весовой множитель k_i	Критерий ранжирования	Балл
Своевременность				
6	Влияние на сроки разработки и производства РКТ	1	Технология влияет на сроки и привязана к срокам разработки РКТ	4
			Отсутствие технологии не приведет к невозможности разработки и серийного производства РКТ	1
Технико-экономическая эффективность технологии				
7	Обеспечение снижения трудоемкости, ресурсоемкости	1	Выше 10%	3
			От 5% до 10%	2
			До 5%	1
	Длительность окупаемости затрат на НИОКР		До 3 лет	3
			До 5 лет	2
			Свыше 5 лет	1
	Диверсификация технологии		Узкоспециализированная технология РКП для РКТ	1
			Технология может использоваться в смежных отраслях ОПК для ВВСТ	2
			Технология может быть использована в гражданских отраслях промышленности для производства продукции социально-экономического и научного назначения	4
Реализуемость НИОКР				
8	Реализуемость	2	Внедрение технологии обеспечено	4
			Наличие высококвалифицированного кадрового потенциала, материального и технико-экономического потенциала	2
			Наличие НТЗ	1
Балл оценки ранга предлагаемой к разработке технологической НИОКР – $A = \sum_{i=1}^8 \alpha_i k_i$				

При невозможности гарантированного обеспечения реализуемости ИП (после перераспределения

средств на его реализацию) мероприятиям по ИП присваивается ранг 1, в противном случае – ранг 2.



6. В соответствии с разработанным Минэкономразвития России прогнозом долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации и принятыми (доведенными до головных исполнителей или государственных заказчиков ГП и ФЦП соответственно) бюджетными ограничениями финансирования программных мероприятий определяется необходимое ресурсное обеспечение каждого раздела и подразделов ГП и ФЦП и осуществляется окончательное формирование перечня мероприятий проектов ГП и ФЦП.

На окончательном шестом этапе формирования программных мероприятий производственно-технологической направленности в условиях ограниченных предельных объемов бюджетных ассигнований на их реализацию величина ресурсного обеспечения каждого раздела и подразделов ГП и ФЦП, определенная из их приоритетов, является предельным критерием, накладываемым на ранжированный перечень соответствующих мероприятий. После включения в перечень программных мероприятий ИП и технологических НИОКР, обязательных к включению, определяется остаток выделяемых на реализацию ГП и ФЦП бюджетных средств, а также приоритет разделов и тематических подгрупп мероприятий и доли их финансирования из остатка бюджетного финансирования.

Более высоким приоритетом обладают разделы и тематические подгруппы мероприятий:

- по ИП, обеспечивающих разработку и подготовку производства РКТ, в первую очередь приоритетных образцов РКТ по ГПВ, и достижение требуемых ТТХ РКТ;

- по НИОКР по ПКТ, которые являются «критичными» для обеспечения разработки,

производства, обслуживания конкретных образцов РКТ;

- по поисковым НИР в обеспечение создания НТЗ для прорывных технологий, которые в дальнейшем позволят во много раз повысить эффективность решения традиционных задач, а также ставить и решать новые задачи;

- по общесистемным НИР, направленным на совершенствование системы государственного управления реализацией научно-технической политики, обеспечение планирования, координации и комплексной увязки задач и планов военного строительства, реализации программ развития РКП, управления и контроля деятельности РКП, повышения эффективности системы управления реализацией ГОЗ.

Из заявок высшего приоритета (ранга) формируется перечень мероприятий разделов и тематических групп Программы. Заявки с низким приоритетом, находящиеся выше уровня предельного уровня ресурсного обеспечения программных мероприятий, рекомендуется реализовывать предприятиям за счет собственных средств либо помещать в резервный дополнительный список мероприятий, который в дальнейшем (при последующих корректировках ГП и ФЦП) может быть реализован за счет высвободившихся бюджетных средств в результате проведения конкурсных процедур по определению головных исполнителей НИОКР или по результатам проведения государственной экспертизы проектно-сметной документации на ИП.

Предлагаемые методические подходы прошли апробацию и одобрены при формировании мероприятий по капитальным вложениям при разработке действующей ФКП, а также при разработке программных мероприятий реализуемой ГП ОПК в части мероприятий РКП.

Список литературы

1. Основы государственной политики Российской Федерации в области космической деятельности на период до 2030 года и дальнейшую перспективу» (утв. Президентом Российской Федерации 19.04.2013 № Пр-906).

2. Кондратенко А.Н., Олексенко И.А., Панов Д.В. О новых подходах и о роли головных научно-исследовательских организаций по планированию и сопровождению реализации государственных и федеральных целевых программ в части производственно-техно-



УДК 629.7:001.895

*Гапоненко О.В.¹, Соболева Н.В.²**(¹ФГУП «НПО «Техномаш», ²АО LMSoft)*

Методические аспекты прогнозирования технологического развития РКП и управления созданием научно-технического задела перспективной РКТ

В работе обоснована необходимость и изложены основные концепции технологического прогнозирования отраслевого развития. Приведены современные методические приемы прогностического анализа и управления созданием отраслевого научно-технологического задела и их реализация в современном программном обеспечении информационно-аналитической поддержки процессов управления технологическим развитием. Освещены существующие проблемы технологического прогнозирования в ракетно-космической промышленности.

Ключевые слова: технологическое развитие, форсайт-исследования технологического развития, прогноз спроса и прогноз предложения, комплексные научно-технические проекты, дорожные карты технологий.

Введение. Необходимость прогнозирования технологического развития

Космонавтика и ракетостроение начала XXI века становятся все более конкурентным полем деятельности. Растет число государств, являющихся не только потребителями космических услуг, но и активно участвующих в их предоставлении. Немаловажно, что значимым элементом конкурентной борьбы в космосе остается военный аспект. Ускорение научно-технического прогресса стимулирует появление новых видов вооружения, в том числе и основанного на космических технологиях. Ключевой стратегической задачей в управлении космической деятельностью и, в частности развитием ракетно-космической промышленности (РКП), является возможность предвидеть будущие угрозы, исходящие от коммерческих соперников и вероятных противников; вовремя предпринять меры, обеспечивающие паритет, а по возможности – преимущество отечественной ракетно-космической техники (РКТ), основываясь на упреждающем научно-техническом заделе для ее создания. Эти тенденции повышают актуальность научно-обоснованного технологического прогнозирования развития мировой космонавтики, аэрокосмической и РКП.

Технологическое прогнозирование подразумевает предсказание достижимых в будущем производственно-технологических параметров производства РКТ, тактико-технические характеристики (ТТХ) перспективных изделий,

определение трендов развития, выявление ожидаемых наиболее перспективных и наоборот проблемных технологических направлений. Такой прогностический анализ готовит исходные данные для программ развития отрасли и используется при оценке их реализуемости.

Результаты прогнозов используются при обосновании управленческих решений по технологическому развитию РКП. Стратегическое технологическое развитие организационно проводится в форме государственных и федеральных целевых программ (ГП И ФЦП). Главную задачу разработчиков таких программ можно определить как классифицирование и структуризацию заявок предприятий отрасли на проведение технологических НИОКР, анализ их соответствия целям и задачам программы и на основе этого – отбор номенклатуры программных мероприятий, а также распределение между ними ресурсного обеспечения. Программы с учётом бюджетных ограничений наиболее эффективно обеспечивают достижение целевыми индикаторами программы плановых значений в заданные сроки. Методические механизмы решения этой задачи основываются на оценке, ранжировании и сравнении (между собой и с выбранными критериями) формализованных сведений о разработке промышленных технологий [1].

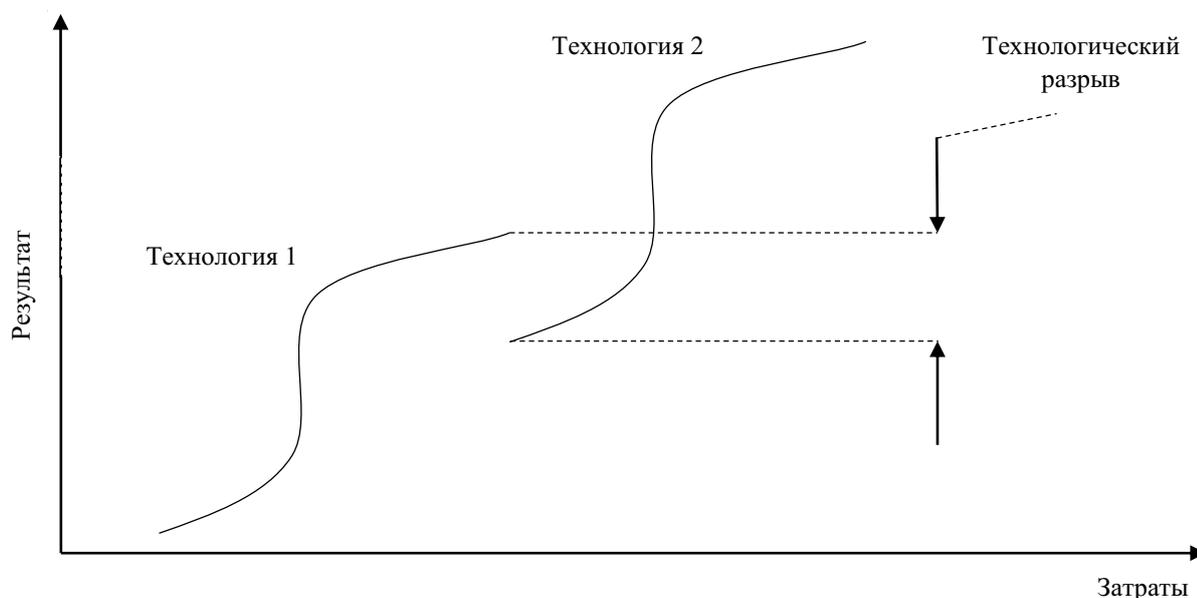


Рис 1. «Технологический разрыв» в графике целевой характеристики системы при переходе от Технологии 1 к Технологии 2

Не менее важна роль технологического прогнозирования в процессах управления созданием научно-технического задела (НТЗ). Как справедливо отмечено в [2], важной методологической проблемой создания НТЗ является так называемая «инновационная неопределенность, возникающая как мера незнания потенциальных направлений и возможностей технологического развития, в частности с учетом возможных технологических разрывов, нарушающих инерционность развития науки и техники».

Одной из важных закономерностей развития сложных технических систем является S-образная кривая развития системы в координатах «результат–затраты» (рис.1): на определенном этапе эволюции системы затраты на улучшение ее целевых характеристик становятся непропорционально большими по сравнению с улучшением самих характеристик. Эволюционный путь развития становится для системы сначала

нерентабельным, а затем невозможным. Возникает технологический разрыв, который может быть преодолен только с использованием принципиально новых революционных технологий. Причем существуют несколько альтернатив преодоления разрыва, что и составляет суть инновационной неопределенности. Многовариантность направлений научных исследований, как правило, на определенном этапе зрелости технологий вступает в противоречие с экономическими возможностями.

Достоверный прогноз практических результатов исследований на каждом направлении с целью обоснованного баланса между обеспечением необходимой в условиях неопределенности избыточности исследований и своевременным сосредоточением ресурсов на наиболее приоритетных, является средством снижения негативного влияния инновационной неопределенности и становится ключевым звеном управления созданием НТЗ.

Концепции прогнозирования: форкаст, форсайт, хиндсайт

Методология технологического прогнозирования – активно развивающееся научное направление, лежащее на стыке экономической науки, методов системного анализа и технических наук. В десятые годы XXI века опубликовано значи-

тельное количество посвященной данной тематике монографий и научных статей как общетеоретической, так и практической направленности. Применительно к прогнозированию развития РКП наибольший интерес представляют монографии



С.К. Леонтьева и А.М. Губинского [3], коллектива авторов под общей редакцией С.С. Чеботарева [4], коллектива авторов НИЦ им. Жуковского [5], работы Г.Г. Малинецкого и Н.С. Тимофеева [6], В.Ю. Ключникова [7], В.Ю. Корчака, Е.З., Тужикова, Л.А. Котелюка [8].

Анализируя методологические основы технологического прогнозирования, можно выделить

Форкаст

В контексте данной статьи под термином «форкаст» понимается совокупность методов прогнозирования, основанных на методах экстраполяции и анализа трендов. В пределах некоторого исторического отрезка выявляется тенденция изменения неких структурных технологических характеристик (тренд) и высказывается гипотеза, что в будущем временном отрезке значимые условия развития не изменятся или описывается их изменение. На основе этого делается вывод о характеристиках технологии в будущем.

Хиндсайт

Хиндсайт (*англ.* «взгляд в прошлое, ретроспектива» и «прицел» в винтовке в противоположность foresight «мушка»). Понятие это очень образно. Методики хиндсайта связаны с анализом прошедших периодов развития. Отличие в том, что в хиндсайте анализируются провальные проекты, упущения, недочеты выполненных работ. Это такая «работа над ошибками».

В РКП ретроспективный анализ неудачных проектов технологического развития как в форме НИОКР, так и в форме капитального строительства в обеспечение реконструкции и технологического перевооружения производства, показывает, что основной причиной проблем является отсутствие качественного прогнозирования и системного анализа возможных проблем, а также действенных механизмов управления рисками при разработке и реализации проектов.

При разработке технологии изготовления шарбаллонов из титанового сплава в состоянии сверхпластичности не учтен фактор производительности технологического процесса, в резуль-

три различные концепции: форкаст, форсайт, хиндсайт (от *англ.* Forecast, Foresight, Hindsight). Уместность использования англоязычных терминов без перевода объясняется, тем что на русский язык первые два слова можно перевести как «прогноз», «предсказание», «предвидение». В английском контексте прослеживаются различия.

Анализируя тематику технологических НИОКР, выполняемых в рамках ГП и ФЦП, заказчиком выполнения которых является Госкорпорация «Роскосмос» по открытым источникам [9] можно выделить основные тренды развития технологий в РКП.

Проблемы достоверности форкаста связаны с тем, что технологическое развитие не обладает свойствами монотонности и непрерывности. Сказывается влияние «технологических разрывов» (рис. 1, подробнее – [2]). Таким образом, методы экстраполяции применимы только при краткосрочных прогнозах.

тате чего технология оказалась неэффективной и в реальное производство не внедрена.

При разработке специализированной установки электронно-лучевой сварки в вакууме, используемой при сварочно-сборочных операциях корпусного производства РКТ, неправильно оценены производственно-технологический потенциал и финансово-экономическое состояние ключевого соисполнителя НИОКР – изготовителя промышленной установки. Следствием послужили срыв сроков завершения работ и существенные штрафные санкции со стороны заказчика.

Целый ряд инвестиционных проектов капитального строительства – программных мероприятий ФЦП И ГЦП, заказчиком которых является Госкорпорация «Роскосмос», прекращен или задержан относительно плановых сроков из-за неверного системного учета таких разнородных факторов как изменение стоимости закупаемого технологического оборудования, санкционные ограничения со стороны производителей станков, возможность предприятий по софинан-



сированию проектов, реализуемых за счет средств федерального бюджета в установленном порядке, производственный потенциал, финансово-экономическая и кадровая ситуация на предприятиях РКП, изменения в конструкции и технологических процессах изделия и, следовательно, изменение кооперационных связей между предприятиями РКП и смежных отраслей.

Основной вывод, который позволяет сделать использование технологии хиндсайта, – необходимость всестороннего системного анализа рисков реализации проектов технологического развития и построение обоснованной системы

Форсайт

Концепция форсайта предполагает не предсказывание будущего, а так называемый активный прогноз – «формирование» будущего на основе целенаправленного управленческого воздействия на ключевые точки технологического развития» [3], создание желаемого, наиболее рационального варианта будущего. В [3] дается следующее определение технологического форсайта, применительно к оборонно-промышленному комплексу (ОПК) и, в том числе к РКП: «комплексная система методов экспертной оценки стратегических направлений перспективных научных исследований, выявления прорывных и критических технологий, способных оказать значительное воздействие на обороноспособность и безопасность государства в среднесрочной и долгосрочной перспективе».

Ряд процедур, относящихся к форсайту, применяется при формировании и информационно-аналитическом сопровождении программ стратегического развития РКП. Но в целом, форсайт-исследования в отрасли находятся в зачаточном состоянии – комплексной системы не построено. На рис. 2 приведен ромб форсайта – структура, предложенная одним из основоположников методологии активного прогнозирования Р. Поппером [21]. Полужирным шрифтом на рис. 2 выделены методы, применяющиеся в РКП в настоящее время. Прослеживается явное тяготение к консультативным (в терминологии Поппера) методам. Подчеркнутые на рис.2 методы применяются при разработке и анализе стратегических

управления рисками. Опубликован ряд работ, посвященных указанной тематике как общетеоретического характера [10], [11], так и относящихся к РКП [12], [13], [14]. Приведенные исследования имеют исключительно экономическую направленность. По мнению авторов, проблему управления рисками при анализе достижения результатов технологического прогнозирования следует рассматривать более широко, с учетом научно-технического, технологического, военного, политического факторов. Это является системной задачей, требующей дальнейших исследований.

программ развития РКП, а полужирным шрифтом отмечены те, применение которых, по мнению авторов, наиболее целесообразно при организации форсайт-исследований технологического развития РКП в дополнение к используемым.

Прогноз спроса и прогноз предложения. Стратегический и тактический уровень управления созданием НТЗ. Комплексные научно-технические проекты

Авиационная промышленность технологически близка РКП. В рамках проводимых исследований интересен опыт формализации данных и оценки критических и базовых промышленных технологий, опубликованный в [17, 19] ведущего научного центра авиационной промышленности – Национальный исследовательский центр «Институт имени Н.Е. Жуковского», в том числе разработками новых технологий управления созданием опережающего научно-технического задела, которые НИЦ проводит совместно с Институтом проблем управления РАН им. академика В.А. Трапезникова.

В частности, в [19] изложены основные принципы формирования опережающего научно-технического задела в авиационной науке и приведен ряд управленческих приемов, позволяющих повысить качество создаваемого НТЗ, сократив сроки, стоимость и риски его создания.

В [5, 15, 20] изложен подход к стратегическому управлению созданием научно-технического задела и представлен алгоритм управления прикладными технологическими НИОКР



Рис 2. Ромб форсайта приводится по [21]

в отраслевой науке. Выделяются два контура управления: стратегический и тактический. На стратегическом уровне определяются возможные, а среди них наиболее рациональные, траектории технологического развития и проводится оценка влияния результатов и эффективность перспективных НИОКР. На тактическом – принимаются решения о реализации конкретных НИОКР, распределяется ресурсное (финансовое, материальное, кадровое) обеспечение,

проводится мониторинг выполнения исследований.

Траектории технологического развития – области желательных значений технологических параметров и их динамика во времени определяются при помощи форсайт-процедур. Применение методов экстраполяции трендов (форкаст) возможно, но ограничено тем фактом, что горизонт стратегического планирования – десятилетия и вероятность непрерывного монотонного

развития на таких временных участках не велика.

В процессе стратегического прогнозирования развития выделяются задачи «форсайт спроса на перспективные технологии» и «форсайт-предложения перспективных технологий». Форсайт спроса – основанный на анализе глобальных исследовательских (имеющих значение для всего человечества) и стратегических национальных (военно-политических, социально-экономических) задач, так называемых «больших вызовов», с учетом внешних и внутренних угроз и конкурентных преимуществ РКП сформировать целевую область значений технологических характеристик космической деятельности. К наиболее значимым относятся удельная стоимость выведения на орбиту полезного груза, срок активного существования космических аппаратов (КА) на орбите, показатели надежности и безаварийности РКТ. Каждый из таких показателей иерархически связан с целым комплексом частных технологических характеристик, что делает целесообразным при организации прогнозных исследований применение методов анализа дерева целей [17].

Форсайт предложения – прогнозирование реально достижимых технологических характеристик. Исходными данными для форсайт-предложений являются научные идеи, достижения фундаментальных исследований, технические концепции.

Важным этапом является процесс согласования форсайт-прогнозов потребностей и возможностей технологического развития отрасли. Анализ вероятности попадания полученных в результате исследований технологических характеристик в целевую область становится основой для определения приоритетных направлений технологических исследований (рис. 3)

Перспективным методическим приемом для РКП является кластеризация совокупности разрабатываемых технологий. На определенном этапе технологические НИОКР объединяются в группы (комплексные научно-технологических проекты, КНТП) и управляющие решения по приоритизации проектов, распределению ресурсного обеспечения формируются между группами и внутри каждой группы.

На начальных этапах разработки технологий (поисковые исследования, формирование концепций,

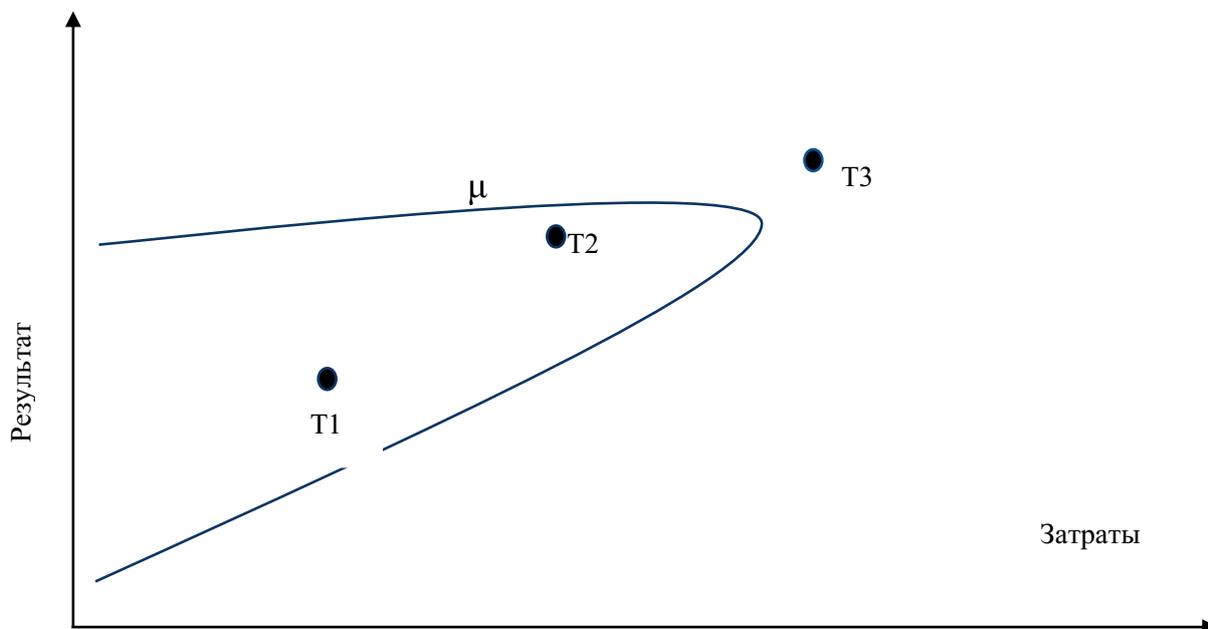


Рис. 3. Определение приоритетных направлений исследований методом согласования форсайта спроса и форсайта предложения технологий: μ – целевая область (определена форсайтом спроса); T1, T2, T3 – достижимые уровни результатов (определены форсайтом предложения); T1 – неэффективная технология; T2 – перспективная технология – приоритетное направление исследований; T3 – нерентабельная технология



проверка гипотез, т.е. на низких уровнях готовности технологий, УГТ¹ 1–3), результаты и сроки их достижения характеризуются значительной неопределенностью. Поэтому исследования на этих стадиях должны быть многовекторными, так как поставленной цели можно достичь различными путями. Для уменьшения рисков программу НИОКР целесообразно диверсифицировать по направлениям поиска. На этой стадии приоритетный из альтернативных путей заранее определить нельзя, необходима проверка целого ряда перспективных концепций, которая проводится в рамках проблемно-ориентированных проектов.

На более поздних стадиях (доведение перспективных технологий до промышленного уровня готовности, УГТ 4–6) наиболее перспективные технологические решения уже, как правило, известны. На этом этапе проектное управление становится предпочтительней, поскольку ожидаемый результат определен, и можно установить относительно четкие временные и ресурсные параметры исследований и организовать мониторинг их выполнения. Поэтому развитие технологий на высоких уровнях готовности реализуется в рамках комплексных научно-технологических проектов (КНТП). Под КНТП понимаются проекты, включающие комплекс НИР и проблемно ориентированных проектов, направленные на системную интеграцию

взаимосвязанных технологий, обеспечивающих реализацию функций конструктивно-технологической платформы с достижением шестого уровня готовности технологий и третьего уровня технологической готовности системы.

В рамках КНТП доводится до промышленного уровня готовности именно совокупность взаимодействующих технологий, т.е. проводится их системная интеграция.

Совокупность технологий, входящих в КНТП, формируется таким образом, чтобы отдельные технологии дополняли друг друга, обеспечивая синергетический эффект.

В обеспечение реализации изложенного методического подхода начато формирование соответствующей нормативной базы: Правительство Российской Федерации 19.02.2019 приняло постановление № 162 «Об утверждении Правил разработки, утверждения, реализации, корректировки и завершения комплексных научно-технических программ полного инновационного цикла и комплексных научно-технических проектов полного инновационного цикла в целях обеспечения реализации приоритетов научно-технологического развития Российской Федерации» [16], в котором требования о группировке технологий в КНТП при планировании научно-технологического развития установлено на общероссийском уровне.

Прогнозирование и дорожные карты. Метод разработки дорожных карт технологического развития

Ключевым инструментом прогнозирования и планирования технологий является базирующийся на основных положениях программно-целевого планирования метод дорожных карт. В основе метода лежит прогноз в долгосрочной перспективе достижения определенной цели и после этого разработка увязанных по времени и ресурсам конкретных мероприятий по достижению этой цели. Одновременно проводится анализ эффективности каждого способа достижения цели при наличии альтернатив и выбора наиболее предпочтительного.

Особый интерес представляет методический подход американских специалистов к оценке

и отборе технологий при формировании долгосрочных стратегических планов технологического развития национального аэрокосмического агентства США, основанный на методе дорожных карт [11].

В настоящее время долгосрочная программа стратегического развития в области технологий астронавтики и ракетостроения США базируется на созданном в 2017 г. стратегическом плане технологических инвестиций (Strategic Technology Investment Plan – STIP) [9], в котором изложены основные магистральные направления технологического развития NASA. основополагающим элементом STIP является пакет

¹ Подробнее о УГТ – ГОСТ Р 58048–2017[22]

технологических дорожных карт (NASA TechnologyRoadmaps) [10]. Дорожные карты разработаны в 2012 г. и существенно уточнены и расширены в 2015-м.

Дорожные карты технологий NASA 2015 г. представляют собой набор документов, сфокусированных на прикладных НИОКР, рассматривающих широкий спектр необходимых техноло-

гий и путей развития аэрокосмической и ракетостроения на ближайшие 20 лет (2015–2035). Пакет состоит из 15 дорожных карт, соответствующих основным направлениям технологического развития. В отдельный раздел выделены технологии, которые охватывают более чем одно технологическое направление.

Программное обеспечение информационно-аналитической поддержки процессов управления технологическим развитием

Программное обеспечение информационно-аналитической поддержки процессов управления технологическим развитием отрасли и создания НТЗ реализовано в появляющихся на рынке САI- системах [2].

Одной из существующих информационно-аналитических систем, реализующих поддержку изложенных выше методических приемов управления реализацией технологических НИОКР является Автоматизированная информационная система Проектного управления (АИС ПУ), разработанная для Минпромторга России компанией LM Soft.

Подсистема технологической поддержки проектов направлена на получение применимых в промышленности технологий при условии эффективного расходования государственных средств. Предполагается, что любое вложение бюджетных средств ведет к повышению уровня зрелости технологии, т.е. степени ее готовности к применению в промышленности, и, как след-

ствие, при рассмотрении технологий в комплексе к росту научно-технического задела.

Основой подсистемы является технология, имеющая такую характеристику, как уровень готовности.

Технология, во-первых, может создаваться за счет государственных средств, распределяемых Минпромторгом России (в этом случае планироваться и контролироваться через проект с повышением УГТ на протяжении проекта), во-вторых, может использоваться в комплексных проектах и индустриальных программах, также финансируемых за счет средств федерального бюджета. В этом случае технология подается на вход определенных задач проекта с требованием по минимальному уровню готовности.

Основные задачи подсистемы (рис. 4):

- «НТЗ не должен стоять на месте»;
- «Разработанные и разрабатываемые технологии должны быть востребованы».

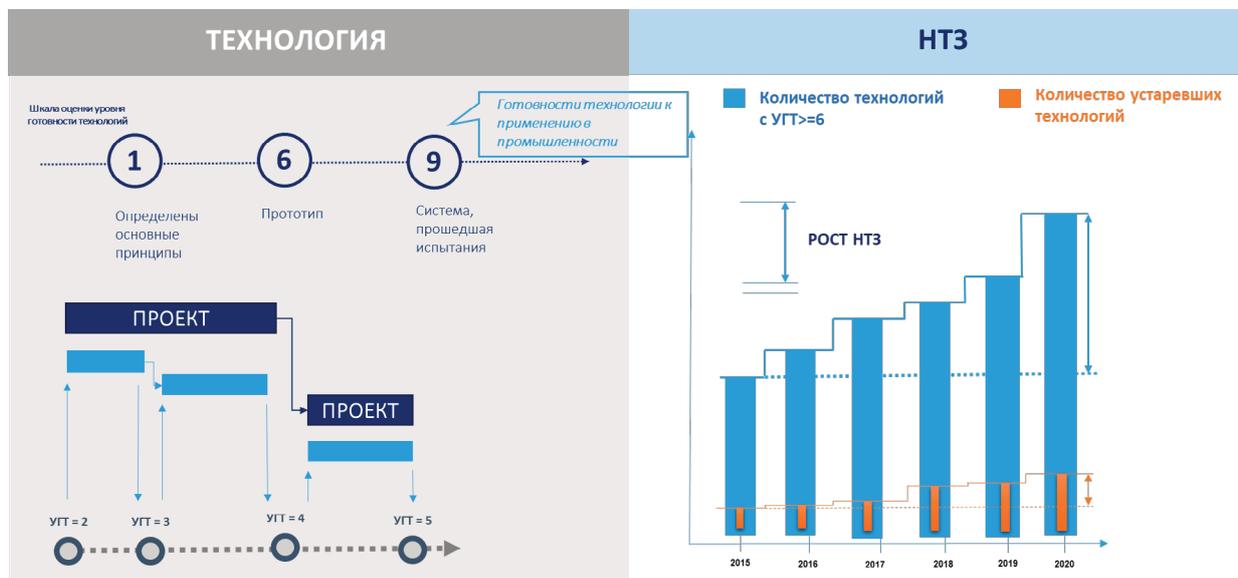


Рис. 4. Зависимость роста НТЗ от развития отдельных технологий

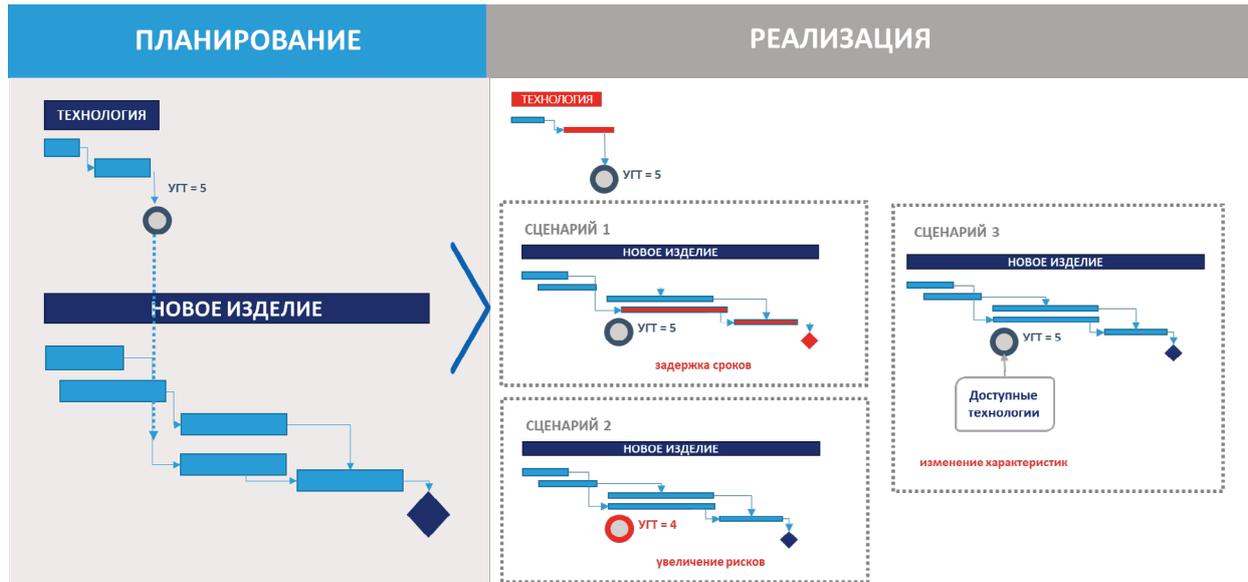


Рис. 5. Взаимодействие КНТП и проектов по разработке и развитию технологий

Эта концепция реализуется в подсистеме, начиная с инициации разработки технологии – принятия решения о выделении финансирования на разработку новой технологии либо развитие существующей. Такая инициация подразумевает ответы на вопросы: «Где будет использована технология?», «Есть ли у нее аналоги?», «Насколько она приблизится к промышленному применению в нужные сроки?». Технологии необходимо развивать в определенном, нужном промышленности направлении.

На этапе планирования и реализации (рис. 5) наиболее интересна стыковка планов проектов по разработке технологий и промышленных проектов, использующих в изделии данные технологии. Такая стыковка позволяет спрогнозировать отклонение крупного промышленного проекта по срокам, если технологии «задерживаются» или принять решение об использовании «не совсем готовых» технологий с учетом

возможных рисков и последствий такого решения либо решения об использовании технологий-аналогов.

И по завершению учитывать полученные технологии – отслеживать их использование в промышленности, а также вести базу технологий для исключения вложения средств федерального бюджета в уже существующие технологии.

АИС Проектного управления полностью разработана на отечественном программном обеспечении; в промышленной эксплуатации с середины 2016 г.

В соответствии с требованиями постановления Правительства Российской Федерации от 30.01.2013 № 62 «О национальном фонде алгоритмов и программ для электронных вычислительных машин» АИС Проектного управления зарегистрирована в Национальном фонде алгоритмов и программ (идентификационный номер – 27.0030846.064.02).

Существующие проблемы технологического прогнозирования в РКП

Потребность повышения эффективности использования финансовых, производственно-технических и кадровых ресурсов определяет важность и актуальность задач управления созданием научно-технического задела высокотехнологичных производств, в том числе и РКП. Обоснованность управленческих решений по определению приоритетов развития и распределению ресурсов

может быть основана только на результатах технологического прогнозирования. Теоретическая и нормативная базы данного процесса в РКП развиты недостаточно. Соответственно, практическое применение прогнозного анализа развития технологий ограничено и недостаточно для принятия обоснованных управленческих решений отраслевого уровня. Например, крайне желательна



организация работ по системному прогнозированию развития промышленных технологий в рамках информационно-аналитического сопровождения действующей ФКП, формирования целевых программ по созданию ракеты сверхтяжелого класса, по созданию налунной базы. Недостаточно исследований, касающихся тематики технологического развития и запланированных в существующих общесистемных НИР (НИР «Прогноз КБПТ», НИР «Технологии 2025»). Методы управления созданием НТЗ в РКП в настоящее время очевидно отстают от лучших практик не только мирового уровня, но и других отраслей отечественной промышленности. Проблема усугубляется кадровой чехардой среди исполнителей и научных руководителей НИР, связанных с тематикой технологического прогнозирования.

Изложенная проблема приводит к тому, что существующие на рынке средства автоматизации прогнозного анализа технологического развития и управления созданием НТЗ (например, АИС ПУ) в РКП не востребованы. Опыт внедрения таких

программных продуктов в других отраслях (в НИЦ им. Жуковского, в Минпромторге России) не используется. Самостоятельные разработки также не ведутся. В результате, например, в подсистеме программно-целевого планирования разрабатываемой в рамках ОКР «Управление» (головной исполнитель «Организация «Агат») перспективной информационной автоматизированной системы управления РКП функционал технологического прогнозирования и управления созданием НТЗ полностью отсутствует, то есть в еще не созданную систему отраслевого управления уже закладываются устаревшие решения.

Решением указанной методологической и организационно-практической проблемы может стать открытие соответствующей НИР с привлечением к работам ведущих головных научно-исследовательских организаций отрасли и соисполнителей, имеющих практический опыт по разработке и внедрению прогнозно-аналитических систем поддержки управленческих решений.

Список литературы

1. Гапоненко О.В. Методическое и аналитическое обеспечение создания и сопровождения стратегической программы технологического развития ракетно-космической промышленности // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. 2017. №4. С.21–30.
2. Ключников В. Ю., Романов, А. А., Тюлин А. Е. Методология создания инновационного научно-технического задела в ракетно-космической отрасли // Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы. 2018. Том 5, выпуск 2. С. 53–64.
3. Леонтьев С.К., Губинский А.М. Технологическое прогнозирование и планирование: российский и зарубежный опыт: перспективы для отечественного оборонно-промышленного комплекса // М.: Издательство Московского университета. 2014. 248 с.
4. Голубев С.С., Чеботарев С.С., Чибинев А.М., Юсупов Р.М. Методология научно-технологического прогнозирования Российской Федерации // М.: Креативная экономика, 2018. 282 с.
5. Методологические основы и регламенты управления исследованиями и разработками в высокотехнологичных отраслях промышленности (на примере национального исследовательского центра «Институт имени Н.Е. Жуковского») // Под общей редакцией Б.С. Алёшина и А.В. Дутова НИЦ Институт им. Жуковского. М., 2017. 160 с.
6. Малинецкий Г.Г., Тимофеев Н.С. О методологии прогноза развития аэрокосмического комплекса // Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша. 2012. №72. 16 с. <http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2012-72>
7. Ключников В.Ю. Методология комплексного прогнозирования технологического развития ракетно-космической техники // Космонавтика и ракетостроение. 2017. №2 (95). С. 13–25.
8. Корчак В.Ю., Тужиков Е.З., Котелюк Л.А. Прогнозные исследования – фундамент создания научно-технического задела для перспективного вооружения // Вестник академии военных наук, №3 (60), 2017. С. 90–101.
9. Единая информационная система в сфере закупок [Электронный ресурс]. – URL: <http://zakupki.>



gov.ru/ epz/contract/ (дата обращения по ссылке 20.05.2019).

10. Хрусталеv Е.Ю., Соколов Ю.А., Хрусталеv О.Е. Концепция оценки и управления риском при реализации инновационных проектов создания интеллектуальной продукции // Экономический анализ: теория и практика № 44 (347). 2013. С. 2-13

11. Хрусталеv Е.Ю., Стрельникова И.А. Методология качественного управления инвестиционными рисками на промышленных предприятиях // Экономический анализ: теория и практика № 4 (211). 2011. С. 26–23

12. Власов Ю.В., Панов Д.В., Райкунов Г.Г. Основные направления научно-технологического развития организаций ракетно-космической промышленности в обеспечение реализации стратегии космической деятельности России до 2030 г. // Экономика и управление: проблемы, решения. 2017. Т. 4. № 5-1. С. 10–18.

13. Власов Ю.В., Панов Д.В., Чурсин А.А. Основы устойчивого инновационного развития наукоемкого сектора экономики: монография // М.: Экономика, 2017. 351 с.

14. Орлов А.И., Цисарский А.Д. Особенности оценки рисков при создании ракетно-космической техники // Национальные интересы: приоритеты и безопасность, № 43 (232)-2013. С. 37-46.

15. Методологическое обеспечение управления наукой: // сайт НИЦ Институт имени Н.Е.Жуковского:[Электронный ресурс].- http://nrczh.ru/mgt_science/metod/ (дата обращения по ссылке 21.02.2019).

16. Правила разработки, утверждения, реализации, корректировки и завершения комплексных научно-технических программ полного инновационного цикла и комплексных научно-технических проектов полного инновационного цикла

в целях обеспечения реализации приоритетов научно-технологического развития Российской Федерации (утв. постановлением Правительства Российской Федерации от 19.02.2019 № 162).

17. Гапоненко О.В. Методический подход к формированию долгосрочных стратегических планов технологического развития национального аэрокосмического агентства США на примере технологий двигателестроения» // Вестник «НПО «Техномаш». 2017. Выпуск 7. С. 20–37.

18. 2017, NASA Strategic Technology Investment Plan. NASA, Office of the Chief Technologist:[Электронный ресурс]. URL:https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/2017-8-1_stip_final-508ed.pdf (дата обращения по ссылке 24.12.2018).

19. 2015 NASA Technology Roadmaps. NASA, Office of the Chief Technologist. s.l. : [Электронный ресурс].- URL:<https://www.nasa.gov/offices/oct/home/roadmaps/index.html> (дата обращения по ссылке 19.02.2019)

20. Дутов А.В., Ключков В.В. Принципы разработки стратегий и программ инновационного развития авиационных технологий // Россия: тенденции и перспективы развития. Ежегодник. Вып. 8. М., ИНИОН РАН, 2013. Ч. 1. С. 503–509.

21. R. Popper, Th. Teichler «Practical-GuidetoMappingForward-Looking Activities (FLA) Practices, Players andOutcomes» [Электронный-ресурс].- URL:http://www.foresight-platform.eu/wp-content/uploads/2012/02/WP2_Deliverable_23_1st_EFP_Mapping_Report_Practical_Guide_to_Mapping_FLA_Practices_Players_and_Outcomes.pdf (дата обращения по ссылке 20.09.2018).

22. ГОСТ Р 58048–2017 Трансфер технологий. Методические указания по оценке уровня зрелости технологий.

◆ ДЛЯ ЗАМЕТОК

УДК 621.78:658.5

Шепелева В.Ю.(ФГУП «НПО «Техномаш»)¹

SWOT-анализ как эффективный инструмент формирования стратегии повышения конкурентоспособности предприятий РКП

В порядке обсуждения рассматриваются актуальные проблемы повышения конкурентоспособности предприятий отечественного ОПК и перспективы использования современных методов экспертного оценивания, в частности SWOT-анализа.

Ключевые слова: конкурентоспособность, SWOT (сильные стороны, слабые стороны, благоприятные возможности, вероятные угрозы) – анализ, стратегия развития.

В современной экономической среде существование предприятий оборонно-промышленного комплекса (ОПК) Российской Федерации, в том числе предприятий ракетно-космической промышленности (РКП), возможно только при наличии разработанной эффективной стратегии развития, что крайне важно для обеспечения соответствующих позиций России в мировой экономике и политике.

Стратегия определяет основные приоритетные направления развития предприятий РКП, а также позволяет учитывать основные возможности и угрозы, связанные внешними факторами и внутренними процессами управления. Стратегия также способствует формированию реального конкурентного преимущества, способного сохраняться в течение длительного времени.

В настоящее время не существует единой стратегии развития, подходящей для всех предприятий РКП. Каждое предприятие (даже в пределах одной отрасли) является уникальным, поэтому необходим индивидуальный подход к определению стратегии, зависящей от потенциала предприятия и множества внешних факторов.

Актуальность настоящего исследования обусловлена необходимостью разработки и адаптации методик для эффективного стратегического развития предприятий РКП в условиях сложившейся экономической обстановки. Процесс разработки эффективной стратегии развития является трудоёмким, т.к. включает в себя множество взаимосвязанных факторов и обстоятельств, от которых

зависит деятельность предприятия и его потенциал.

Указанные методики должны учитывать специфику предприятий РКП (производство продукции особой сложности, преимущественно разового использования, высокую стоимость, длительность цикла разработки и т.д.), чётко выявлять сильные конкурентные позиции предприятия и его «узкие» места, а также возможные риски.

Для решения названных задач целесообразно использовать современные методы экспертного оценивания (SWOT-анализа, PEST-анализа и др.) [1-4], позволяющие:

- определить ключевые факторы влияния на конкурентоспособность конкретного предприятия;
- выявить внутренние и внешние угрозы эффективности его производственной деятельности;
- выделить перспективные направления;
- сформировать матрицу эффективной стратегии производственной деятельности предприятия.

Указанные методы также позволяют:

- сформулировать концепцию развития и деловой активности предприятия;
- определить первоочередные задачи по повышению конкурентоспособности предприятия.

Эффективным инструментом выявления перспективных направлений развития предприятия

¹ Автор признателен Губашевой Т.О., с согласия которой в статью без ссылок использованы материалы её магистерской диссертации.



и оценки общей результативности его финансово-хозяйственной деятельности на внутреннем и внешнем рынках является SWOT-анализ, конечным итогом, которого является построение матрицы стратегических мероприятий.

SWOT-анализ позволяет [5] выявить и структурировать сильные и слабые стороны предприятия по отношению, в том числе к его прямым конкурентам, учесть угрозы внешних факторов и выработать рекомендации по нивелированию таких угроз за счёт потенциальных возможностей предприятия.

Критериями SWOT-анализа выступают категории:

- Strengths (сильные стороны);
- Weaknesses (слабые стороны);
- Opportunities (благоприятные возможности);
- Threats (вероятные угрозы).

Что немаловажно, результаты исследования предприятия по методике SWOT-анализа позволяют ранжировать цели деятельности предприятия, определять перспективные цели и задачи развития с учетом текущих финансово-экономических возможностей.

Во избежание ошибок и извлечения максимум пользы из SWOT-анализа, необходимо выполнять следующие несложные правила:

- требуется тщательно определить сферу каждого SWOT-анализа. Предприятия часто проводят общий анализ, охватывающий весь их бизнес. Вероятно, он будет обобщенным и бесполезным для менеджеров, которых интересуют возможности на конкретных рынках или сегментах. Фокусирование SWOT-анализа, например на конкретном сегменте, обеспечивает выявление наиболее важных для него сильных и слабых сторон, возможностей и угроз;

- следует понять различия между элементами SWOT: силами, слабостями, возможностями и угрозами. Сильные и слабые стороны – это внутренние черты предприятия, следовательно, подконтрольные. Возможности и угрозы связаны с характеристиками рыночной среды и неподвластны влиянию организации;

- сильные и слабые стороны могут считаться таковыми лишь в том случае, если так их воспринимают покупатели. Нужно включать в анализ только наиболее относящиеся к делу имущества и слабости;

- необходимо объективно использовать разностороннюю входную информацию. Конечно, не всегда удастся проводить анализ по результатам обширных маркетинговых исследований, но, с другой стороны, нельзя поручать его одному человеку, поскольку он не будет столь точен и глубок, как анализ, проведенный в виде групповой дискуссии и обмена идеями. SWOT-анализ должен основываться на объективных фактах и данных исследований;

- следует избегать пространных и двусмысленных заявлений. Слишком часто SWOT-анализ ослабляется именно из-за того, что в него включают подобные утверждения, которые ничего не значат для большинства заказчиков.

Проведем сравнительную характеристику методов стратегического анализа по заданным критериям (табл. 1).

Сравнительная характеристика, указанная в табл. 1, показывает, что наиболее широким в своем применении методом стратегического анализа является SWOT-анализ предприятия.

SWOT-анализ наиболее прост и эффективен, т.к. позволяет проанализировать внутреннюю и внешнюю среду предприятия и представить данные показатели в удобном для восприятия виде принятия решений стратегического планирования.

После выявления сильных и слабых сторон, возможностей и угроз предприятию на базе SWOT-анализа формируется построение дерева целей [6], что дает четкое и точное определение глобальной цели предприятия, обеспечивает структурирование и ранжирование системы целей предприятия, а также определяет набор задач, необходимых к реализации для достижения поставленных целей.

Актуализация системы целей предприятия проводится на основе значений макроэкономических параметров функционирования экономики за последние годы с учетом факторов риска и материально-финансовых возможностей предприятий РКП.

В части апробации SWOT-анализа на предприятии РКП возьмём в качестве примера одно из высокотехнологичных и конкурентоспособных предприятий РКП – ПАО «Сатурн». ПАО «Сатурн» –



Таблица 1. Сравнительная характеристика методов стратегического анализа

Критерии / Методы	PEST-анализ	Отраслевой анализ	Конкурентный анализ	Пять сил М. Портера	SWOT-анализ
Достоинства					
Совокупный анализ внешней и внутренней среды	–	–	+	–	+
Представление внешних факторов	+	+	+	+	+
Учет производственных факторов	–	+	–	+	+
Определение конкурентоспособности	–	+	+	+	+
Недостатки					
Субъективная оценка позиции	+	–	+	–	+
Ограниченное число исследуемых факторов	+	+	+	+	–
Невозможность охвата всех наиболее существенных тенденций развития	+	+	–	+	+

высокотехнологичное предприятие РКП, осуществляющее уникальные разработки в области физических и химических источников тока для космических аппаратов (КА). Изделия ПАО «Сатурн» эксплуатируются на всех типах околоземных орбит и в условиях дальнего космоса.

Наибольший показатель выручки ПАО «Сатурн» приходится на производство и разработку продукции космического назначения.

Учитывая значимость данного направления и важность оценки его конкурентоспособности на рынке производства КА, в данном исследовании деятельность ПАО «Сатурн» рассматривается в сегменте космической фотоэнергетики (производство солнечных элементов и батарей космического применения).

Для проведения SWOT-анализа экспертам предлагалось для выбора по 10 вариантов факторов влияния внутри каждого кластера. В итоге определен набор факторов ключевого влияния

внутри каждого кластера, определивших стратегическую канву предприятия (табл. 2).

Следует отметить, что отнесение экспертами выбранных факторов к ключевым осуществлено на основании следующих параметров:

– **S1** – устойчивое присутствие на рынке: предприятие функционирует на рынке производства КА в течение более 40 лет, достигло доли рынка порядка 7,35%, что практически вдвое превышает аналогичный показатель его основного конкурента АО «НПП «Квант» (4,59%);

– **S2** – увеличение темпов роста основных финансовых показателей предприятия: среднегодовой прирост объема реализации продукции составляет порядка 11%, среднегодовой прирост чистой прибыли составляет около 10%, что свидетельствует об интенсивных темпах роста эффективности результатов финансово-экономической деятельности предприятия;



Таблица 2. Основные аспекты SWOT-анализа деятельности ПАО «Сатурн»

<p>Внутренние сильные стороны (S)</p>
<ol style="list-style-type: none"> 1. Устойчивое присутствие на рынке. 2. Увеличение темпов роста основных финансовых показателей предприятия. 3. Наличие запатентованной собственной технологии производства. 4. Проведение работ по реконструкции и обновлению основных фондов. 5. Осуществление подготовки и переподготовки кадров по основным видам деятельности
<p>Внешние благоприятные возможности (O)</p>
<ol style="list-style-type: none"> 1. Сотрудничество с иностранными партнерами, появление дополнительных групп потребителей. 2. Дополнительные источники финансирования. 3. Инициативы правительства в области космонавтики. 4. Диверсификация производства. 5. Сотрудничество с поставщиками альтернативных покупных комплектующих изделий (ПКИ)
<p>Внутренние слабые стороны (Y)</p>
<ol style="list-style-type: none"> 1. Замкнутость на устоявшихся заказчиках. 2. Наличие в портфеле предприятия валютных кредитов. 3. Большой объем недополученных средств. 4. Ориентация предприятия на локальный рынок. 5. Отсутствие маркетинговой концепции
<p>Внешние угрозы (Y)</p>
<ol style="list-style-type: none"> 1. Уменьшение объёмов государственного инвестирования. 2. Усиление факторов финансового кризиса. 3. Повышение и появление новых требований заказчиков. 4. Развитие альтернативной энергетики. 5. Угроза появления на рынке новых конкурентов.

– **S3** – наличие запатентованной собственной технологии производства фотоэлементов из кремния: данная технология позволяет производить уникальную продукцию, востребованную на рынке космической энергетики. В течение трех последних лет продукция на основе кремниевых фотопреобразователей составляла порядка 20,0% от всего объема реализации солнечных модулей предприятием;

– **S4** – проведение работ по реконструкции и обновлению основных фондов: предприятие ежегодно направляет на реконструкцию и обновление основных фондов средства в размере от 30% до 70% прибыли.

Закупка нового оборудования и модернизация имеющегося позволяет предприятию избегать

риски в работе оборудования, обновление парка которого позволит увеличить объёмы производства, а также проводить работы по НИОКР с новыми изделиями. Ежегодное проведение данных видов работ позволит обеспечить модульность, устойчивость к внешним воздействиям основных фондов, изменяемость их элементов;

– **S5** – осуществление подготовки и переподготовки кадров по основным видам деятельности: предприятием осуществляется целенаправленная политика подготовки и переподготовки кадров (повышения квалификации и увеличения количества, обучаемых с 48 человек в 2014 г. до 120–150 специалистов ежегодно к 2018 г.) за счет организации специализированных курсов по профильным видам деятельности. Только за счёт



реализации такой политики с 2011 по 2015 гг. прирост производительности труда составил на предприятии порядка 6%;

– **W1** – замкнутость на традиционных заказчиках: объем заказов головных организаций-заказчиков (АО «ИСС», АО «РКЦ «Прогресс», ПАО «РКК «Энергия») ежегодно составляет порядка 90% выручки предприятия;

– **W2** – наличие в портфеле предприятия валютных кредитов: с 2010 по 2015 гг. прирост кредиторской задолженности составляет порядка 21%, соотношение кредиторской задолженности к активам составляет 43% на начало 2015 г. и 76% – на конец года, коэффициент финансовой устойчивости компании на начало 2015 г. составлял 0,7 и 0,62 на конец года;

– **W3** – большой объем недополученных средств: значительным минусом для компании является большой объем дебиторской задолженности, соотношение которой к активам предприятия составляет 32% на начало 2015 г. и 43% от выручки на конец года;

– **W4** – ориентация предприятия на локальный рынок: ограниченная сфера отношений между экономическими агентами, локальность конъюнктуры рынка, территориальное ограничение отнюдь не способствуют успешному развитию компании. Локальный рынок составляет 2% от мирового рынка продукции;

– **W5** – отсутствие стратегической маркетинговой концепции: слабой стороной компании является устаревшая нерыночная парадигма развития организации, отсутствие в составе стратегии развития маркетинговой концепции, что подтверждается низким уровнем ориентации на рыночный спрос;

– **O1** – сотрудничество с иностранными партнерами: ориентация на мировой рынок спутниковой индустрии откроет для предприятия перспективы расширения рынка сбыта и возможности обслуживания дополнительных групп потребителей;

– **O2** – дополнительные источники финансирования: осуществление коммерческого использования КА на орбите (в том числе КА двойного назначения, КА навигационной системы, КА связи) позволит привлечь дополнительные денежные средства для развития компании; с 2013

по 2015 гг. количество космических запусков в России составляло 94, из них 36 – коммерческих (38,3%);

– **O3** – инициативы правительства в области космонавтики: деятельность правительства по созданию «подушки безопасности» для отрасли путем реализации космических программ и проектов, развития инфраструктуры космодромов, заключения международных соглашений;

– **O4** – диверсификация производства: развитие дополнительных направлений деятельности предприятия по производству солнечных модулей общепромышленного назначения. Переориентация производства не потребует капитальных затрат за счет удешевления процедуры контроля, материалов и испытаний;

– **O5** – сотрудничество с поставщиками альтернативных покупных комплектующих изделий (ПКИ) позволит уменьшить издержки за счет более выгодных контрактов с российскими поставщиками комплектующих изделий с более доступными предложениями;

– **T1** – уменьшение государственного инвестирования: главная угроза для компании может возникнуть при секвестре объемов, предусмотренных на развитие ракетно-космической отрасли. С 2016 года утверждена новая Федеральная космическая программа России до 2025 г. с объемом финансирования 1,4 трлн руб. (начало 2016 г.) (изначально заявлена сумма 2,8 трлн руб. – начало 2015 г.);

– **T2** – усиление финансового кризиса: еще одной значительной угрозой для компании является рост курса евро к рублю и, как следствие, увеличение кредиторской задолженности предприятия за счет повышения цен на импортное оборудование и увеличения процентной ставки по кредиту, а значит, и снижения темпов развития компании (среднегодовой прирост курса евро составляет около 14% с 2011 г., прирост себестоимости продукции на 3,5% с 2011 г.);

– **T3** – появление новых требований заказчиков: производство продукции в соответствии с новыми требованиями заказчиков обуславливает необходимость дополнительных интеграций по внесению изменений в технические задания

Таблица 3. Матрица стратегических мероприятий

Настоящее	Взаимное влияние										Итог
	Возможности (O)					Угрозы (T)					
Сильные стороны (S)											
	O1	O2	O3	O4	O5	T1	T2	T3	T4	T5	
S1	+	+	0	+	0	+	0	++	0	0	6
S2	++	++	0	+	0	+	+	++	+	0	10
S3	+	0	+	+	0	+	0	0	0	+	5
S4	++	0	0	++	+	+	0	++	+	0	9
S5	+	+	0	++	0	0	0	++	++	0	8
Слабые стороны (W)											
W1	0	-	0	0	—	—	-	0	-	-	8
W2	-	-	—	-	0	-	—	-	-	0	10
W3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	9
W4	0	-	0	—	—	—	0	0	-	0	8
W5	0	—	—	0	—	0	0	-	-	-	9
Итог	5	-2	-4	3	-6	-2	-3	5	-1	-1	

(Т3), осуществления новых исследований по улучшению качества продукции под установленные техническими заданиями требования. В случае невозможности проведения данного вида работ – полный отказ от работ, что повлечет снижение объема заказов со стороны, как предприятий, так и государства, потерю значительной доли на рынке;

– **T4** – развитие альтернативной энергетики: в рамках приоритетных инновационных проектов РКП подтверждена работоспособность систем ядерной двигательной установки, на основании автономных испытаний, обеспечена готовность транспортно-энергетического модуля с ядерной электродвигательной установкой к летно-конструкторским испытаниям;

– **T5** – угроза выхода на рынок новых конкурентов: учитывая тенденцию последних лет к усилению конкурентной борьбы со стороны новых игроков рынка из Индии, Кореи, Японии, Израиля и увеличению числа запусков КА лидерами космической индустрии США, Китая, Западной Европы особенно актуальна для предприятия

разработка комплекса мер по минимизации данного фактора риска.

На основе данных табл. 2 и сопоставления можно построить матрицу стратегических мероприятий, позволяющих выявить, проанализировать и наметить первоочередные мероприятия в обеспечение поставленной цели (табл. 3).

На базе матрицы стратегических мероприятий ПАО «Сатурн» создана сводная таблица мероприятий, способствующих повышению конкурентоспособности предприятия (табл. 4).

Благодаря наглядному отражению соотношения ключевых факторов проведена оценка их значимости и влияния на предприятие, осуществлен перекрестный анализ, по итогам которого можно сформулировать необходимые мероприятия для увеличения возможностей компании путем использования сильных сторон (SO), мероприятия по использованию возможностей и преодоления слабых сторон компании (WO), а также мероприятия, которые используют сильные стороны организации (ST) и минимизируют слабые стороны (WT) во избежание неоправданных рисков.



◆ ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ И ПАЙКИ

УДК 621.9.048.7

*Моклученко И.С., Цветков В.С., Белавин А.И., Хрушкова Е.М.,
Буханова И.Ф., Фадин А.С.*

(ФГУП «НПО «Техномаш»)

Выбор параметров режима лазерной сварки деталей, изготовленных методом аддитивных технологий

На плоских образцах, изготовленных методом селективного лазерного сплавления из сплава АЖК с последующим отжигом, осуществлён выбор параметров режима лазерной сварки, в ходе которого определён диапазон параметров режима для формирования наиболее стабильного шва. Полученные результаты лягут в основу исследований свариваемости деталей, изготовленных методом аддитивных технологий, различными способами сварки с последующим контролем качества сварных соединений.

Ключевые слова: аддитивные технологии, селективное лазерное сплавление, АЖК, лазерная сварка, выбор параметров режима, мощность излучения, скорость сварки, рентгеновская томография, ультразвуковой контроль.

В настоящее время во многих отраслях промышленности, в том числе и ракетно-космической (РКП), находят широкое применение аддитивные технологии, позволяющие изготавливать детали сложной геометрии, которую практически невозможно получить традиционными методами производства, из сплавов никеля, титана и др. за один цикл без изготовления специального оборудования, оснастки, при этом снижая вес изделий и повышая их прочность [1-4].

Сегодня в промышленности находят применение такие аддитивные технологии, как селективное лазерное сплавление (SLS), прямое лазерное выращивание (DMD), электронно-лучевое сплавление (EBM). Ввиду ограниченных размеров рабочей зоны современного оборудования для аддитивного производства возникает необходимость исследования условий получения качественных сварных соединений узлов, состоящих из нескольких деталей, для чего целесообразно рассмотреть применение электронно-лучевой, аргонодуговой, фрикционной и других методов сварки.

Одним из прогрессивных методов является лазерная сварка. Лазерное излучение имеет высокую степень фокусировки, что обеспечивает большую степень концентрации энергии

и практическое отсутствие деформации свариваемых элементов за счет высоких скоростей нагрева и охлаждения [5].

В рамках решения данной задачи центром НИОКР проведены экспериментальные работы по выбору параметров режима лазерной сварки плоских образцов, изготовленных методом селективного лазерного сплавления из жаропрочного порошкового материала на никелевой основе АЖК (51,6% Ni; 14,8% Cr; 10,6% Mo; 7,7% Al; 6,0% W; 5,0% Co; 3,7% Nb; 0,7% Si) габаритными размерами 2×55×80 мм.

Перед сваркой плоские образцы подвергли отжигу в вакуумной печи при температуре 700°C в течение 30 мин. с последующим охлаждением.

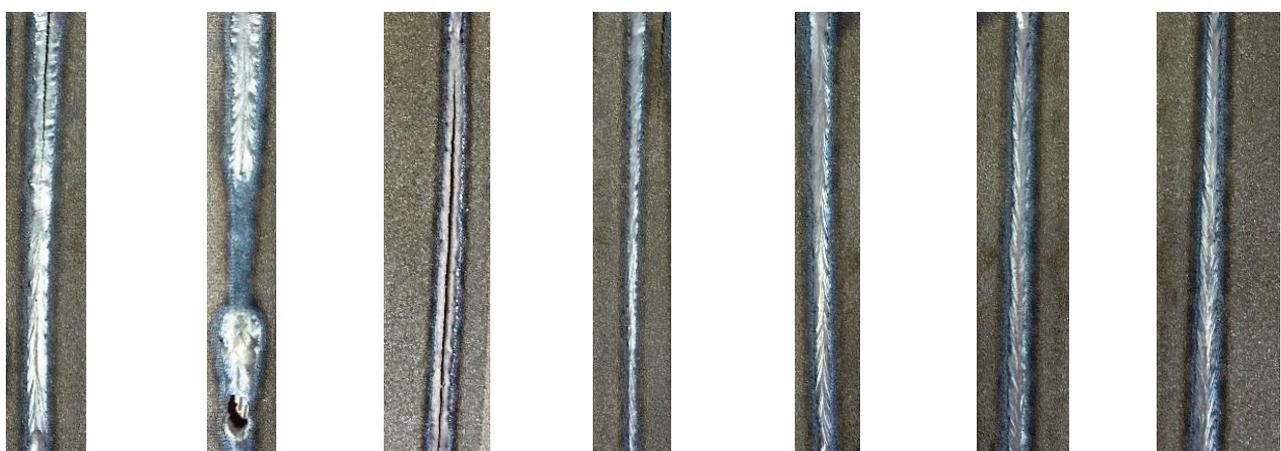
На отожжённых плоских образцах осуществили выбор параметров режима сварки по основному металлу. Работы проводились на лазерном технологическом комплексе ЛТСК 435–020, оснащённом иттербиевым волоконным лазером ЛС-1 мощностью 1 кВт с использованием оптической сварочной головки с фокусным расстоянием $F=200$ мм. При отработке использовалась специальная оснастка для сварки плоских образцов с газовой защитой корня шва и сопло для газовой защиты поверхности шва. В качестве защитного газа применялся аргон высокой чистоты.



Лицевая сторона шва



Корни сварных швов



а)

б)

в)

г)

д)

е)

ж)

Рис.1. Сварные швы, полученные при сварке на мощности 1000 Вт (а-в), в диапазоне мощностей 650...750 Вт (г-е) и стыковое соединение (ж)

Варьируемыми параметрами режима сварки являлись мощность лазерного излучения в диапазоне 650...1000 Вт, и скорость сварки в диапазоне 250...600 мм/мин.

Швы, полученные на мощности лазерного излучения 1000 Вт в диапазоне скоростей 300...600 мм/мин, показали неудовлетворительный результат: в швах имеются трещины, прожоги (рис. 1 а, б, в).

В процессе сварки наблюдалось повышенное образование пароплазменного облака, ввиду чего имел место эффект экранирования – рассеивание части излучения при прохождении через него к месту сварки, что приводит к снижению величины проплавления и образованию непроваров. Данная проблема решалась с использованием устройства типа CrossJet,

обдувающего место сварки потоком сжатого воздуха.

На образцах, сваренных в диапазоне мощности 650...750 Вт и скорости 250...300 мм/мин, наблюдалось стабильное формирование швов с блестящей поверхностью (рис. 1 г, д). Наиболее стабильное формирование шва получено на мощности $W=650$ Вт и скорости $V_{св}=250$ мм/мин (рис. 1 е).

На данных параметрах режима проведена сварка стыкового соединения, в результате которой также получено стабильное формирование шва (рис. 1 ж).

Для контроля качества полученных сварных соединений проведены исследования методом рентгеновской томографии на образцах размерами 5x50 мм. Образцы изготавливались элек-

троэрозионным способом так, чтобы на них присутствовали как основной материал образца, так и сварные швы.

Сканирование образцов проводилось на микрофокусном режиме рентгеновской трубки, чтобы получить изображение с максимальным разрешением. На реконструированной 3D модели образца отчетливо видна внутренняя пористая структура основного материала плоского образца (рис. 2), что говорит о необходимости проведения горячего изостатического прессования плоских образцов, изготовленных методом селективного лазерного сплавления, для снижения пористости основного материала. Структура сварных швов сплошная.

Из-за высокой пористости основного материала оказалось невозможным выполнить ультразвуковой контроль для выявления акустических свойств материала (скорость звука, затухание ультразвука в материале) и внутренних дефектов сварных швов. Контроль планировалось проводить на дефектоскопе типа УД2В-П46 с использованием наклонного раздельно-совмещенного датчика.

Таким образом, в ходе проведения экспериментальных работ получен диапазон параметров режима лазерной сварки плоских образцов, изготовленных методом селективного лазерного сплавления из сплава АЖК, при которых формирование сварного шва наиболее стабильно.

Полученные результаты послужат научным заделом для дальнейших исследований, в которых планируется изготовление

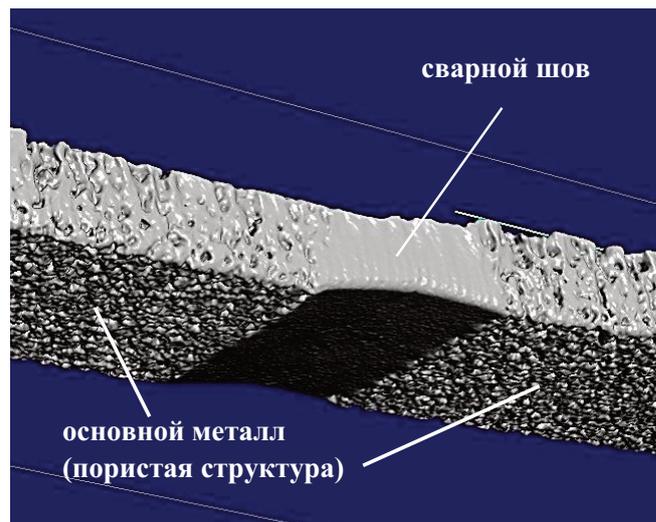


Рис. 2. Снимок компьютерной томографии сварного шва

образцов с последующей обработкой методом горячего изостатического прессования для уменьшения пористости свариваемых материалов, проведение экспериментальных работ по отработке технологий электронно-лучевой, аргодуговой и фрикционной сварки плоских образцов, полученных методом аддитивных технологий, проведение контроля качества сварных соединений методами неразрушающего контроля, металлографических исследований и механических испытаний, по результатам которых будет выполнен анализ, показывающий возможность и целесообразность применения различных методов сварки для производства деталей, изготовленных методом аддитивных технологий.

Список литературы:

1. Макаров М. Промышленные 3D-принтеры – дорогие «игрушки» или реальный путь модернизации машиностроения в России? / Фотоника, №5. 53, 2015. С. 20–32.
2. Григорьянц А.Г., Колчанов Д.С., Малов И.Е. Селективное лазерное плавление металлических порошков, выращивание тонкостенных и сетчатых структур / Технология машиностроения, №10. 2015. С. 6–11.
3. Зленко М.А., Нагайцев М.В., Довбыш В.М. Аддитивные технологии в машиностроении: пособие для инженеров / М.: ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», 2015. 220 с.
4. Малов И.Е., Шиганов И.Н. Технологии изготовления деталей с применением лазерных методов быстрого прототипирования / Технология машиностроения. №10. 2005. С. 13–18.
5. Григорьянц А.Г., Шиганов И.Н., Мисюров А.И. Технологические процессы лазерной обработки / М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2008. 663 с.

УДК 629.78:621.791:621.644

Чичков С.А., Сушко В.М., Садовский О.И.

(ФГУП «НПО «Техномаш»)

Специальные сварочные головки для орбитальной сварки неповоротных стыков трубопроводов в ракетно-космической отрасли. Модернизация конструкции малогабаритных сварочных головок типа ГСМ

Продолжение цикла статей про разработку технологии и специального оборудования для орбитальной сварки пневмогидросистем летательных аппаратов во ФГУП «НПО» Техномаш». В данном материале представлены малогабаритные головки для орбитальной сварки тонкостенных трубопроводов малого диаметра из коррозионностойких сталей и сплавов без подачи присадочной проволоки, и модернизация их конструкции.

Ключевые слова: аргодуговая сварка, орбитальная сварка трубопроводов, TIG, сварочные головки открытого типа, малогабаритные сварочные головки, автоматическая сварка, модернизация.

Головка сварочная малогабаритная ГСМ 3-30 (рис. 1) с гибким приводом, предназначенная для автоматической сварки в монтажных условиях неповоротных стыков тонкостенных стальных трубопроводов малого диаметра неплавящимся электродом в импульсном режиме в среде защитных газов, разработана в середине 80-х годов прошлого века. Это была одна из самых малогабаритных сварочных головок того времени и использовалась на предприятиях отрасли для автоматизирования сварки труднодоступных

стыков малых диаметров. Для решения задачи требовалось обеспечить минимальные габариты, вес и установочную базу оборудования [1]. Особенностью данного типа головки является привод вращения планшайбы (6), который жёстко закрепляется на струбцине (7) в доступном месте на некотором расстоянии от места крепления головки на стыке, и вращает саму планшайбу с помощью гибкого вала длиной 1000 мм. Этим достигается снижение весовой нагрузки на свариваемый участок

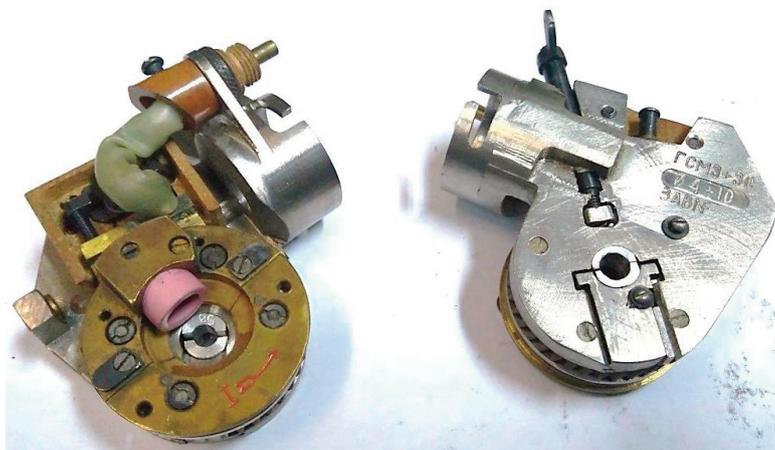
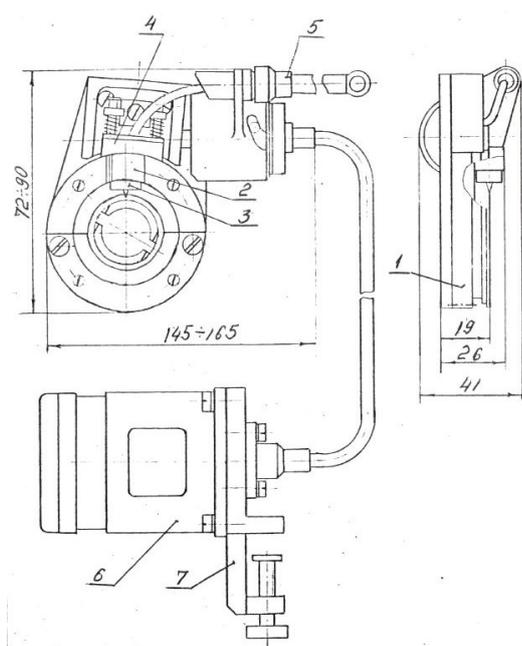


Рис. 1. Конструкция ГСМ и фото ГСМ 3-30 (планшайба I) старого образца

Таблица 1. Технические характеристики головок ГСМ 3-30

Наименование параметра	Сменные планшайбы		
	I 4-10	II 10-20	III 20-30
Свариваемые диаметры труб, мм	от 3 до 10	от 10 до 20	от 20 до 30
Установочные диаметры труб, мм	3-7	7-17	17-27
Радиус вращающихся частей головки, мм	22	26,5	31,5
Минимальная установочная база головки, мм	19		
Диаметр вольфрамового электрода, мм	2		
Максимальный сварочный ток, А	100 (в импульсном режиме)		
Скорость сварки, м/ч	4-10		
Подвод аргона и сварочного тока	Коллекторный		
Охлаждение горелки и токоподвода	Воздушное		
Тип используемого двигателя привода вращения	СД-20		
Габаритные размеры, мм	145x72x41	155x80x41	165x90x41
Масса, не более, кг	0,2	0,25	0,3

тонкостенного трубопровода и минимальная длина сварочной головки, что важно при работе в стесненных монтажных условиях. Оснащение головки коллекторным токо- и газоподводом включает наматывание шлангов и кабеля питания сварочного тока вокруг стыка [2].

Непосредственно головка состоит из привода с гибким валом и трёх съёмных планшайб для определённых диапазонов диаметров свариваемого трубопровода (табл. 1).

На неподвижном основании планшайбы в подшипнике скольжения смонтировано разъемное косозубое колесо (рисунок 1, поз.1), выполненное из изоляционного материала. На наружной поверхности колеса крепится горелка (поз. 2), представляющая собой разъемное кольцо из токопроводящего материала. Горелка служит токоприемной шиной питающего коллектора. В ней с помощью тангенциального зажима крепится сопло (поз.3) в виде отрезка керамической трубки соответствующего диа-

метра. Вольфрамовый электрод диаметром 2 мм закрепляется в горелке установочным винтом. С задней стороны основания устанавливается вставка с вкладышем, посредством которого головка закрепляется на трубопроводе. В верхней части основания располагается винт натяжения вставки и ниппель подвода аргона. Аргон через коллекторную проточку на изоляторном косозубом колесе планшайбы поступает в камеру горелки. На лицевой стороне основания на изоляторном корпусе закреплена подпружиненная токоподводящая щетка поз.4, которая гибким проводом соединяется с разъемом токоподвода поз.5. В гнезде основания на байонетном затворе устанавливается вращающаяся часть привода поз.6, представляющая собой червяк из изоляционного материала с планетарным редуктором. Через гибкий вал червяк соединяется с двигателем привода, закрепленном на струбцине в отдалении от сварочного стыка.

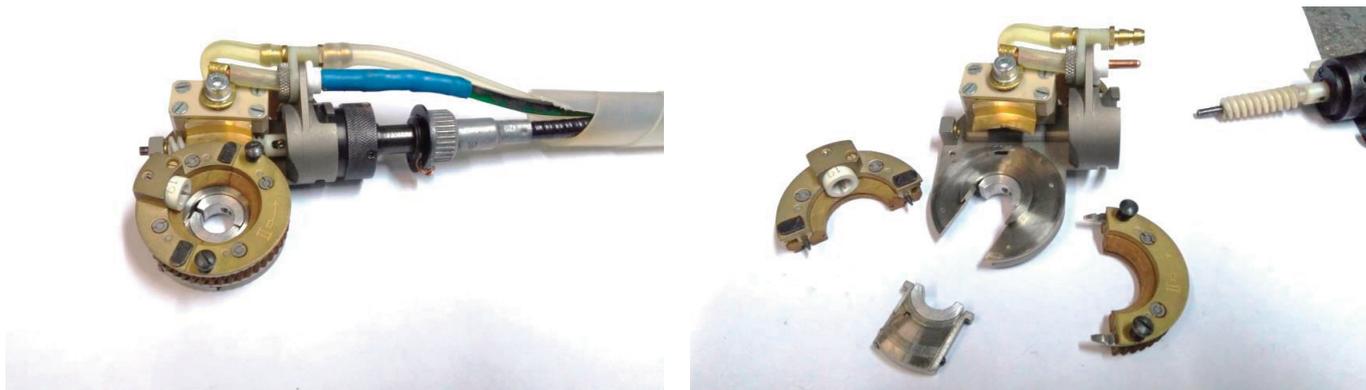


Рис. 2. Модернизированная головка ГСМ 3-30 (планшайба II) в собранном и разобранном состоянии

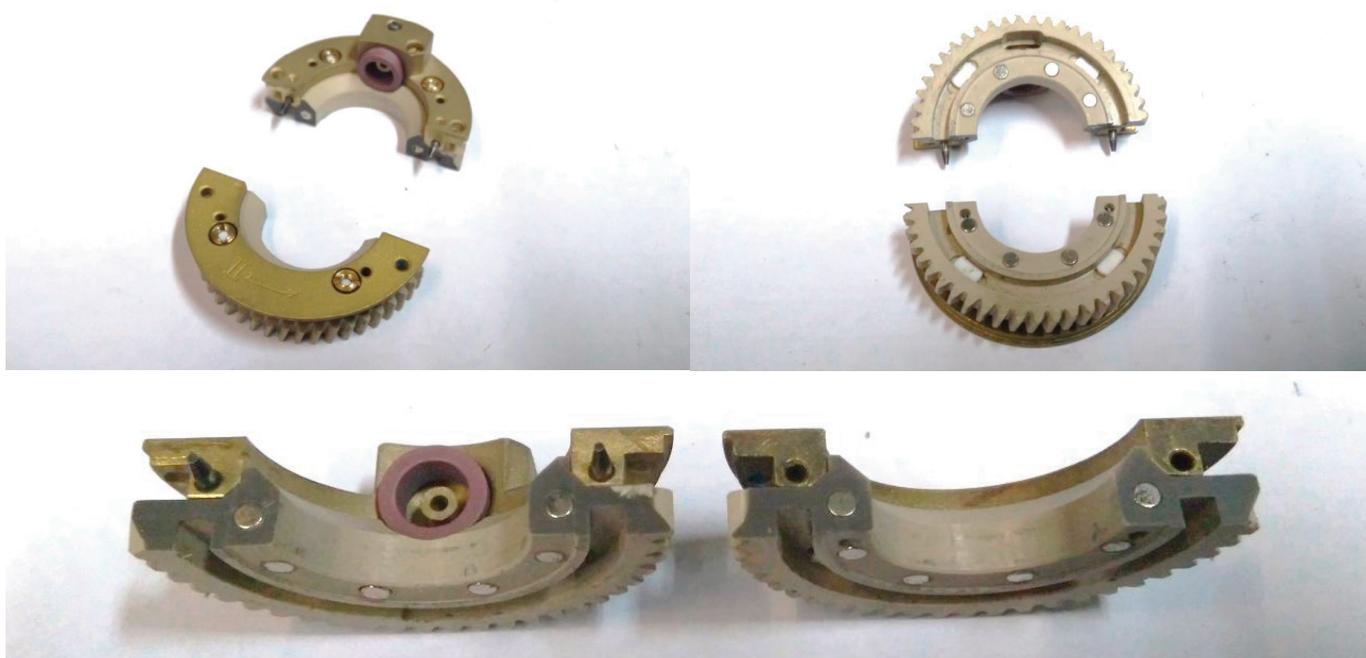


Рис.3. Модернизированная планшайба ГСМ 3-30 (планшайба II)

Преимущества конструкции сварочных головок типа ГСМ обеспечивают заинтересованность предприятий отрасли в их использовании и сегодня. В связи с этим проведена модернизация данного типа головок и устранение некоторых конструктивных недостатков.

Так, изоляционный материал АГ-4, используемый ранее, заменили на современный термостойкий полимерный материал ZEDEX (рис. 2 и 3). Из него изготовили косозубое разъемное колесо планшайбы и корпус токоподводящей щётки. Конструкцию колеса также изменили. Для удобства монтажа и лёгкости вращения планшайбы на внутреннюю поверхность косозубого колеса запрессовали магниты, а подшипник скольжения планшайбы изготовили из

стали. Магнитное крепление позволяет устранить возможный зазор между основанием и колесом, что улучшает коллекторную газовую защиту стыка при сварке. Магниты установили в торцевые стыковочные поверхности колеса для улучшения контакта между половинами горелки при прохождении через них сварочного тока. Также они частично заменили собой механическую систему сжатия двух половин планшайбы между собой, используемую при установке половин на основание.

Винты, попарно скрепляющие половины косозубого колеса и горелки, также выполнены из изолятора, что позволило не использовать заливку эпоксидной смолой для электроизоляции во избежание пробоя сварочного тока на основание

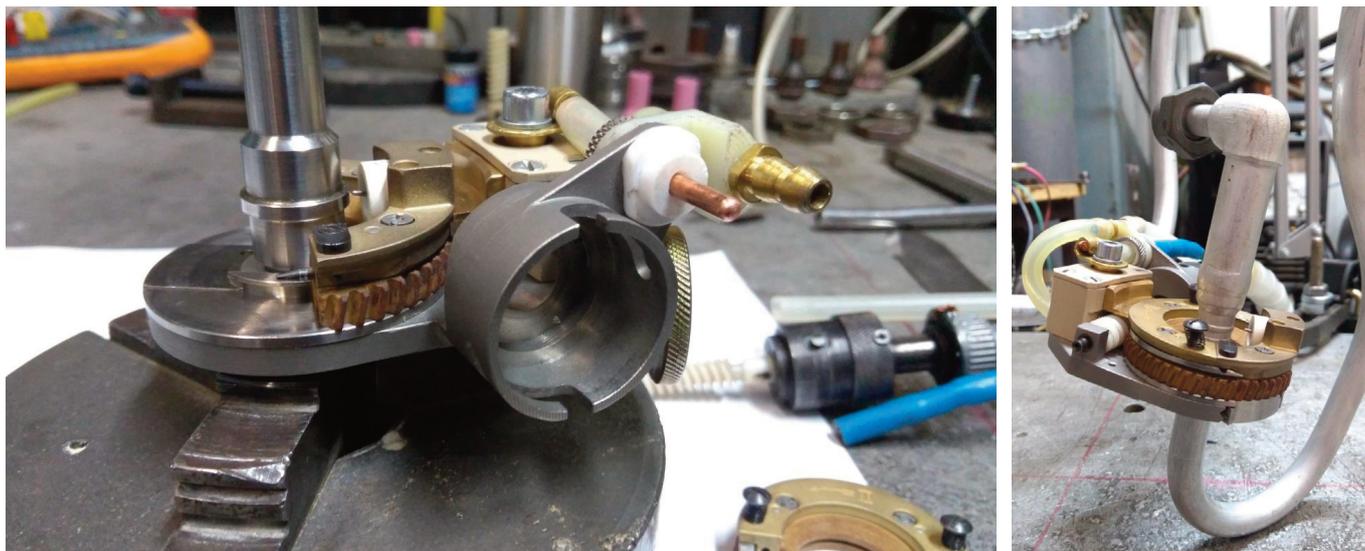


Рис. 4. Процесс установки модернизированной головки ГСМ 3-30 (планшайба II) на монтажный стык типа «колокольчик» и головка, установленная на трубопроводе в условиях монтажа

головки (рис. 3). При нанесении смолы на головки винтов требовалась предельная аккуратность, так как участки нанесения располагались непосредственно в коллекторе защитного газа, и при превышении количества смолы площадь сечения газового канала существенно уменьшалась; сборочный узел планшайбы становился неразборным.

Изменена конструкция токоподводной щётки с изолирующим корпусом (рис. 1, поз 4; рис. 2, рис. 4). Повышена технологичность деталей, улучшены работа пружин щётки, внешний вид и защита окружения головки от случайного контакта со щёткой.

Доработан узел крепления контакта токоподвода и шланга подвода аргона (рис. 1, поз 5; рис.2, рис. 4). В модернизированном виде они находятся в одном месте, удобном для быстрого присоединения единого шланга-пакета в составе сварочного кабеля, газового шланга и гибкого вала привода вращения к сварочной головке.

Для улучшения газовой защиты стыка проработана возможность введения в конструкцию опционального газового экрана с обратной стороны от керамического сопла горелки. Проведённые испытания показали, что улучшение распределения

аргона вокруг стыка после установки отражающего экрана напрямую влияет на качество сварочного стыка. Это связано с тем, что головки типа ГСМ рассчитаны на трубопроводы малого диаметра, стыки которых быстрее нагреваются при сварке, и металл дольше сохраняет химическую активность по всей окружности стыка.

Для сварки головками типа ГСМ в монтажных и стационарных условиях, не требующих использования привода с гибким валом, разработан привод вращения на основе шагового двигателя, устанавливаемого непосредственно на основание сварочной головки. Это расширяет возможности головки и повышает удобство использования, а также позволяет применять при работе с головками современную аппаратуру управления сваркой, рассчитанную на шаговые двигатели, например, типа «Гелиос».

Таким образом, проведённая модернизация позволяет сохранить ключевые особенности сварочных головок типа ГСМ, внедрить новые конструктивные решения и даёт возможность предприятиям отрасли использовать зарекомендовавшее себя оборудование в современных условиях.

Список литературы

1. Кулик В.И., Островский О.Е., Новиков О.М., Борисов Е.М. Орбитальная дуговая сварка трубопроводов // Сварочное производство, 1992, №10. С.10–13.

2. Сварка. Резка. Контроль: Справочник. В 2-х томах / Под общ.ред. Н.П. Алешина, Г.Г. Чернышева. – М.: Машиностроение, 2004. Т.1. С.164.

УДК 621.791.37.03

*Кулик В.И., Щегольсков В.П., Степанов В.В., Цветков С.Е.,
Афанасьев Н.Ю., Маркин К.Н.*

(ФГУП «НПО «Техномаш»)

Технология и оборудование для пайки высокотемпературным порошковым припоем тонкостенных трубопроводов из коррозионностойкой стали

В работе рассматривается изготовление стальных трубопроводов малого диаметра с помощью высокотемпературной пайки. Для реализации технологического процесса разработано специальное оборудование, соответствующее современным требованиям к промышленным установкам, которое может быть интегрировано в общую сеть предприятия. Проведена пайка серии макетных образцов различного типоразмера и изучены свойства полученных паяных соединений.

Ключевые слова: высокотемпературная пайка, трубопровод, установка для пайки, автоматизированное управление, комплекс «Контар».

В настоящее время для изготовления ряда стальных трубопроводов малого диаметра жидкостных ракетных двигателей (ЖРД) применяется высокотемпературная пайка. Исходя из условий эксплуатации таких конструкций, в качестве припоя обычно применяются материалы с температурой плавления выше 1200–1250°C, что при нагреве под пайку может приводить к активному растворению основного материала в припое и, как следствие, потере герметичности конструкции в целом. В связи с этим для изготовления трубопроводов малого диаметра требуется обеспечивать поддержание параметров режима пайки в достаточно узком диапазоне, что обеспечивать минимальную глубину проникновения припоя в основной материал. Для этого специалистами ФГУП «НПО «Техномаш» разработаны технологический процесс высокотемпературной пайки и установка УПТТ-1 для его реализации, позволяющие обеспечить получение герметичных соединений трубопроводов с толщиной стенки от 0,2 мм.

Вместе с этим на предприятиях ракетно-космической промышленности (РКП) уже имеются внедрённые технологические процессы изготовления таких конструкций, отражающие специфику конкретного производства. Поэтому при внедрении оборудования на предприятиях

силами специалистов ФГУП «НПО «Техномаш» обычно проводится доработка оборудования и технологии под требования Заказчика. Так, например, при внедрении оборудования для реализации процесса пайки, характеризующегося «забросом» температуры пайки на 100–150°C выше температуры плавления припоя без дополнительной выдержки, произведена модернизация установки УПТТ-1.

Для обеспечения точного задания и поддержания параметров пайки разработана система управления установкой на базе программно-аппаратного комплекса «Контар» (ОАО «МЗТА») российского производства. Поскольку установка оснащена системой видеонаблюдения и фиксации технологического процесса, то для отображения информации используется сенсорная панель Weintek MT3150A, имеющая аналоговый видеовход. Совместно со специалистами ОАО «МЗТА» проведена работа по интеграции выбранной сенсорной панели с комплексом «Контар». Установку дополнительно оснастили системой видеорегистрации с поддержкой четырёх видеокамер для визуального наблюдения за местом пайки, электронными регуляторами для управления подачей защитной среды, замкнутой системой водяного охлаждения. В соответствии с требованиями Заказчика по удалённому сбору информации о технологическом

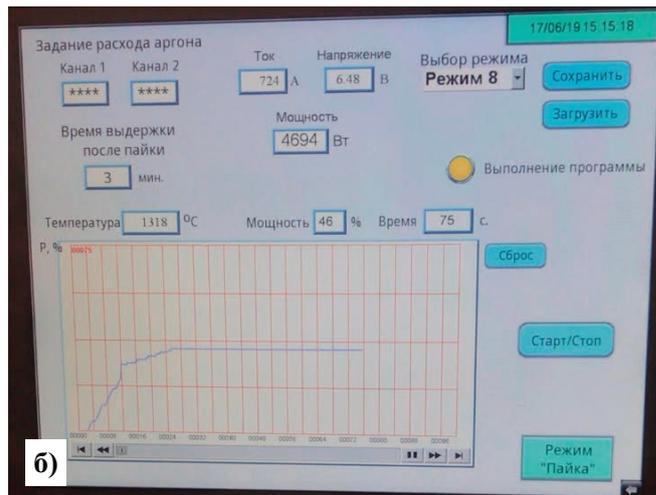


Рис. 1. Установка для пайки тонкостенных трубопроводов:
а) внешний вид; б) интерфейс программного обеспечения

Таблица 1. Технические характеристики установки УПТТ-1-19

Показатель	Значение
Диаметр паяемых трубопроводов, мм	2-8
Толщина стенок паяемых трубопроводов, мм	0,2-1,0
Максимальная температура нагрева соединения, °С	1400
Время нагрева соединения до рабочей температуры, мин	менее 3,5
Тип переналаживаемого НУ	НПТ
Среда в рабочем пространстве НУ	аргон
Режим нагрева	автоматический
Установленная мощность, кВА	12
Напряжение питающей сети, В	380
Максимальное напряжение на выходе установки (на НУ), В, ФС	10,2
Режим работы	повторно-кратковременный
Площадь, занимаемая установкой, м ²	1,5
Полная масса установки, кг	540

процессе, руководствуясь основными принципами «Индустрии 4.0», в установке смонтирован персональный компьютер для обеспечения возможности сбора и обработки информации с последующей передачей в централизованную систему.

Одновременно с этим в комплексе «Контар» предусмотрены сбор и хранение информации о параметрах технологического процесса с последующим выводом через интерфейс Ethernet на

внешний персональный компьютер. Для обработки файлов с собранной информацией и подготовки отчетной документации по требуемой форме разработан макрос для программы MS Excel.

Исходя из больших отличий от исходного оборудования, разработанная установка получила обозначение УПТТ-1-19 (рис. 1). Основные технические характеристики установки УПТТ-1-19 представлены в табл. 1.



Рис. 2. Опытные образцы из стали 12Х18Н10Т: а) внешний вид образцов, б) паяный шов

Исследование возможности пайки тонкостенных трубопроводов с использованием установки УПТТ-1-19 осуществляли на опытных образцах трубопроводов из стали 12Х18Н10Т диаметром 4 мм и толщиной стенки 0,5 мм припоем 5АН ТУ 14-1-3339-82. Пайку осуществляли в стандартном нагревательном устройстве типа НПТ в среде проточного аргона с «забросом» температуры до 1400 °С. Общее время пайки составляло 75–80 с. Внешний вид спаянных опытных образцов трубопроводов с наконечниками различной конфигурации представлен на рис. 2.

Для проверки качества паяных соединений проводились металлографические исследования

на выявление глубины эрозии основного металла после пайки и рентгенографическое исследование на наличие непропаев.

Металлографическим анализом установлено получение плотных паяных швов без рыхлот. Глубина эрозии основного металла не превышала 15 % от толщины основного металла. Рентгенографические исследования показали отсутствие непропаев в шве. Проведённые последующие испытания работоспособности изделия на стенде с созданием избыточного давления показали отсутствие видимых течей на всех образцах, что свидетельствует о герметичности паяных соединений.

✦ ДЛЯ ЗАМЕТОК

УДК 621.791.14:621.644

*Картузов Н.О., Кочергин С.А., Кулик В.И., Афанасьев Н.Ю.,
Титкин А.В., Витол И.И.*

(ФГУП «НПО «Техномаш»)

Отработка технологии фрикционной сварки инструментом типа «Bobbin-Tool»

На обсуждение вынесены проблемы импортозамещающего рабочего инструмента для фрикционной сварки (сварки трением с перемешиванием) листовых заготовок из алюминиевых сплавов; предложена конструкция инструмента типа «Bobbin-Tool»; проведена экспериментальная сварка на заготовках из алюминиевого сплава АМгб.

Ключевые слова: фрикционная сварка, «Bobbin-Tool», алюминиевый сплав.

Фрикционная сварка (ФС) является одним из самых эффективных способов производства высококачественных сварных соединений. Данный способ сварки может быть успешно использован как альтернатива заклепочным соединениям, электродуговой, контактной, электронно-лучевой, лазерной сваркам. ФС постепенно становится универсальной технологией, которая имеет огромные перспективы в самых различных отраслях промышленности [1–2].

Основные преимущества данного способа сварки: сварка разнородных материалов, несвариваемых другими методами и способами; минимальные деформации и низкие остаточные напряжения; формирование высокопрочной мелкозернистой структуры; высокая скорость сварки; возможность получения соединений во всех про-

странственных положениях; отсутствие трещин и пористости в сварном шве [3].

Применение ФС позволяет: повысить прочностные характеристики; повысить производительность труда; снизить себестоимость изделий; снизить массу конструкций.

Способ ФС осуществляется вращающимся инструментом с различным рельефом поверхности, который погружают встык деталей на глубину, равную толщине свариваемых кромок. Материал кромок за счет теплоты, выделяющейся при трении, нагревается до пластического состояния. При поступательном перемещении вращающегося инструмента по стыку металл свариваемых кромок перемешивается и образуется шов [3].

Зачастую в промышленности применяется инструмент иностранного производства, стоимость



Рис. 1. Монолитный инструмент с неподвижным стержнем



Рис. 2. Инструмент с возвратным стержнем



Рис. 3. Инструмент типа «Bobbin-Tool»

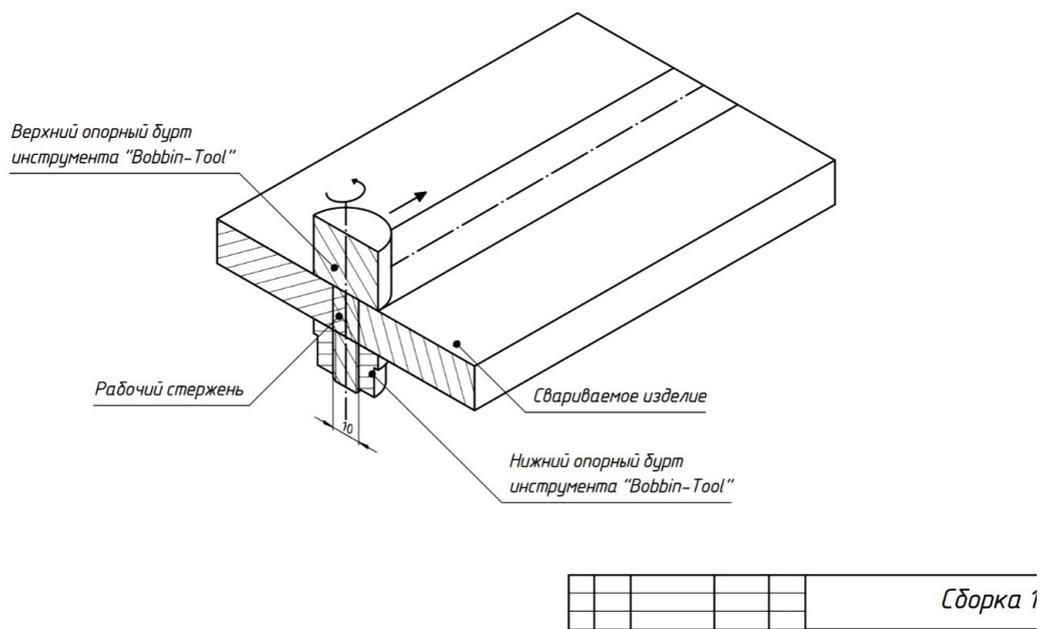


Рис. 4. Схема процесса фрикционной сварки инструментом типа «Bobbin-Tool»

которого составляет несколько тысяч долларов. В настоящее время ведутся опытные отечественные разработки монолитного инструмента на предприятиях отрасли, в том числе в АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева», АО «Композит», АО «ВНИИАЛ-МАЗ» и др. Поэтому задача разработки и изготовления инструмента для фрикционной сварки является актуальной.

По типу конструкции выделяют три типа инструмента для ФС:

- монолитный инструмент с неподвижным стержнем (рис. 1);
- инструмент с возвратным стержнем (рис. 2);
- инструмент типа «Bobbin-Tool» (рис. 3).

Одним из факторов, ограничивающим широкое применение ФС монолитным инструментом и инструментом с возвратным стержнем, является необходимость использования конструктивно сложной и массивной силовой оснастки в связи с высокими нагрузками при сварке. Поэтому перспективным направлением является технология ФС инструментом типа «Bobbin-Tool», при этом требования к оснастке существенно упрощаются. Также данная технология позволяет решить проблему непровара и обеспечивает симметричное формирование ядра сварного шва.

Отличительной чертой технологии ФС инструментом типа «Bobbin-Tool» от сварки монолитным

инструментом и инструментом с возвратным стержнем является отсутствие нагрузки на свариваемое изделие и оснастку по вертикальной оси Z. Усилие, необходимое для получения сварного соединения, возникает за счет меньшего расстояния между верхним и нижним буртами, чем толщина свариваемого изделия. Также при сварке по данной технологии отсутствует необходимость в подкладке, что, практически, исключает механическую обработку сварного шва. На рис. 4 приведена схема процесса фрикционной сварки инструментом «Bobbin-Tool».

В рамках опытно-конструкторской работы, выполняемой центром НИОКР, разработана конструкторская документация и изготовлены инструменты типа «Bobbin-Tool» применительно к сварке заготовок толщиной от 3 до 16 мм из алюминиевого сплава АМг6 и др.

На рис. 5 представлен инструмент типа «Bobbin-Tool» 5 мм.

Инструмент типа «Bobbin-Tool» состоит из трёх основных составных частей (рис. 5):

- верхний опорный бурт (хвостовик), изготовленный из сплава Р6М5 ГОСТ 19265-73, позиция 1;
- нижний опорный бурт, изготовленный из сплава Р6М5 ГОСТ 19265-73, позиция 2;
- рабочий стержень, изготовленный из сплава 4Х5МФ1С ГОСТ 5950-2000, позиция 3.

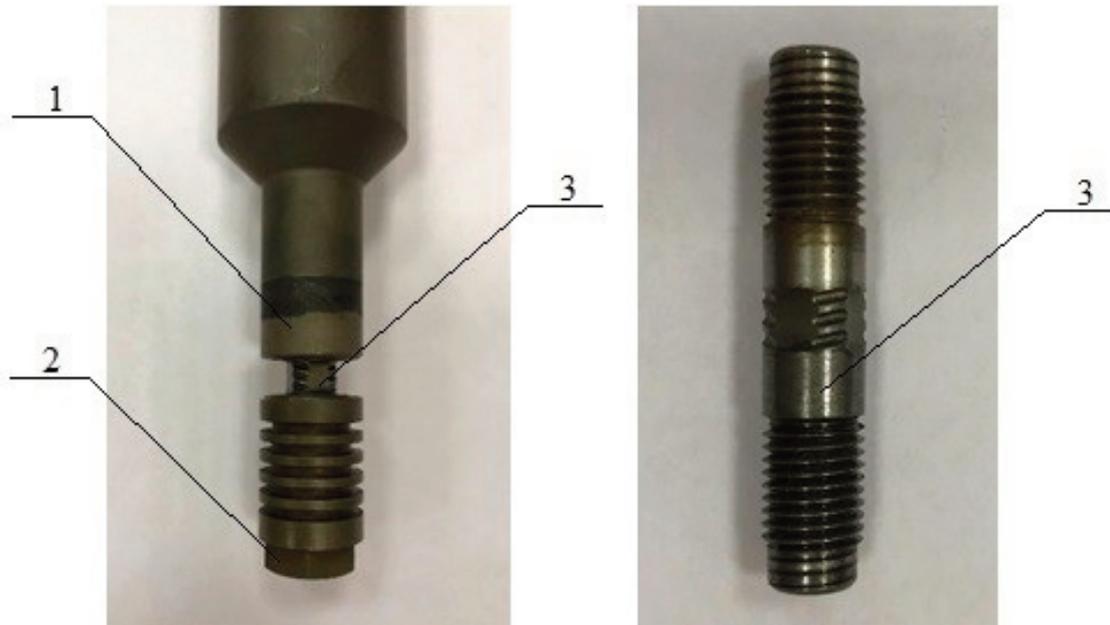


Рис. 5. Инструмент типа «Bobbin-Tool» 5 мм

Таблица 1. Параметры режимов ФС сплава АМг6 толщиной 5 мм

Параметр	Обозначение	Величина
Ускорение	a	60 с
Начальная линейная скорость	V_{x1}	20 мм/мин
Конечная линейная скорость	V_{x2}	350 мм/мин
Скорость вращения инструмента	S	280 об/мин

Учитывая тепловые нагрузки, которые возникают в процессе ФС, большое значение для работоспособности инструмента оказывают качество термообработки (влияющей на прочностные характеристики инструмента) и рельеф рабочей части стержня. На основании литературных сведений и проведенных теоретических расчетов разработана конфигурация рабочего стержня инструмента с рельефом насечки, выполненной под углом 13° , что позволяет снизить тепловые нагрузки и повысить интенсивность перемешивания свариваемого материала в стыке.

Термообработка инструментов выполнена в вакуумной камере по различным режимам, приведенным в марочнике сталей и сплавов [4].

Для проведения экспериментальной сварки изготовлены пластины из алюминиевого сплава

АМг6 толщиной 5 мм. Параметры режимов сварки представлены в табл. 1.

В момент ФС инструментом с твердостью хвостовика (Р6М5)HRC 50, нижнего бурта (Р6М5) HRC 50 и рабочего стержня (4Х5МФ1С) HRC 45 происходит разрушение рабочего стержня и износ поверхностей в зоне контакта со свариваемым материалом из-за интенсивного нагрева и недостаточной твердости.

При ФС инструментом с термообработкой стали 4Х5МФ1С на HRC 47...55 и стали Р6М5 на HRC 57...62 обеспечивается стабильное образование сварного соединения и низкий износ составных частей инструмента

На рис. 6 представлен внешний вид сварного соединения (направление сварки – слева направо). Визуальный осмотр показал, что на лицевой и обратной сторонах отсутствуют грат



УДК 621.791:621.644

Кулик В.И., Илюшкин В.Ю., Мучило Ф.М., Созонович С.Н.

(ФГУП «НПО «Техномаш»)

**Установка для автоматической сварки концевой арматуры
стальных и алюминиевых трубопроводов.****Подходы к проектированию и технологические возможности**

В статье рассматривается необходимость создания современной установки, предназначенной для приварки концевой арматуры к неповоротным трубопроводам; обозначены требования к технологическим возможностям установки. Кратко описан конструктивный состав создаваемой установки и технические характеристики. Новая установка может быть использована для сварки широкой номенклатуры трубопроводов ракетно-космической техники.

Ключевые слова: концевая арматура, автоматическая сварка, неповоротные стыки трубопроводов, аргодуговая сварка.

Практически во всех отраслях промышленности существует огромное количество сварных соединений типа «труба – концевой элемент», которые различаются между собой по следующим признакам:

- свариваемые материалы;
- форма (нипель, фланец, фитинг и т.п.) и размеры (диаметр, толщина, длина прямого участка и т.п.) концевых элементов;
- размеры привариваемой трубы;
- применяемый способ сварки и тип сварного соединения.

Если данный тип соединения встречается в виде неповоротного, то для решения задачи его автоматической сварки применяется стандартное оборудование. Обычно это сварочные головки открытого либо закрытого типа. Преимущество сварочных головок в том, что их можно применять как в монтажных условиях, так и в условиях серийного и мелкосерийного производства в цеху. При этом в случае наличия широкой номенклатуры узлов с соединениями типа «труба – концевой элемент» для организации серийного или мелкосерийного производства требуется предварительная разбивка изготавливаемых узлов на группы с одинаковыми или близкими признаками, которые описаны выше. После структуризации для каждой группы нужно приобрести подходящую сварочную головку и организовать отдельное рабочее место. Такой подход к организации производства может потребовать значительных капитальных вложений

в оборудование, и альтернатива в виде универсальной стационарной установки для автоматической сварки может быть экономически обоснованной.

Проведенный патентный обзор и обзор рынка сварочного оборудования в рассматриваемой области показал фактически полное отсутствие установок для автоматической сварки неповоротных стыков концевых элементов. Имеющаяся информация относится к единичным образцам оборудования, таким, как например, установка «Riou» фирмы Polysoude (Франция), выполненная под заказ фирмы RollsRoyce (Германия).

Вероятнее всего отсутствие выбора установок для автоматической сварки неповоротных стыков концевых элементов на современном рынке сварочного оборудования связано с тем, что у обычного среднестатистического производителя оборудования, как в Российской Федерации, так и за рубежом, нет возможности провести анализ существующего многообразия соединений типа «труба – концевой элемент» в различных отраслях промышленности и выделить на его основе наиболее перспективный, с точки зрения последующих продаж оборудования, сегмент типоразмеров и групп.

ФГУП «НПО «Техномаш» – головное предприятие Государственной корпорации по космической деятельности «Роскосмос» по технологическому обеспечению создания изделий ракетно-космической техники (РКТ), сохранившее преемственность и накопленный опыт с момента создания ракетной



Таблица 1. Требования к установке для автоматической сварки неповоротных стыков концевых элементов

№ п/п	Наименование	Значение
1	2	3
1	Максимальный сварочный ток в импульсе, А	150
2	Скорость сварки, м/ч	от 5 до 30
3	Скорость подачи присадочной проволоки, м/ч	от 5 до 50
4	Диаметр свариваемых трубопроводов, мм	от 10 до 80
5	Толщина стенок трубопроводов, мм: стальных алюминиевых	от 1 до 6 от 1,5 до 3
6	Длина трубопроводов	до 3000 м
7	Способ сварки	Аргонодуговая вольфрамовым электродом; цикл сварки – автоматизированный (от одной кнопки)
8	Комплектность установки	Механическая часть установки, группа сварочного оборудования (аппаратура управления, источник питания, сварочная головка)
9	Тип сварного соединения	Стыковое

промышленности. Эта отличительная черта позволила предприятию не только провести анализ нашедших применение в отрасли соединений «труба – концевой элемент», но и на его основе сформулировать как требования к характеристикам установки (табл. 1), так и требования по техническому уровню автоматизации и взаимодействию составных частей между собой. Это связано с тем, что с момента создания предыдущих аналогичных установок, применяемых в ракетно-космической промышленности (РКП), прошло много времени и технические достижения в области мехатроники, а также силовой и управляющей электроники, открывают новые возможности для решения задач по управлению формированием сварочной ванны.

Современная сварочная установка в комплекте с источником сварочного тока должна обладать нижеследующим набором возможностей:

- разомкнутой относительно параметров сварочного процесса системой, которая реализует алгоритм импульсно-дугового процесса с жестко заданной программой следования импульсов питания дуги, для обеспечения максимальных технологических возможностей;

- системой с синергетическим управлением импульсными параметрами сварочного процесса для облегчения поиска оптимальных режимов сварки;

- системой импульсной подачи электродной проволоки с возможностью синхронизации ее с импульсами сварочного тока;

- системой импульсного вращения сварочной горелки с возможностью синхронизации его с импульсами сварочного тока;

- системой автоматического регулирования напряжения дуги (АРНД) как для сварки сталей, так и для сварки алюминия, для программирования расстояния «электрод – деталь» и поддержания его постоянным в процессе сварки;

- системой поперечного перемещения электрода (относительно сварного шва) для увеличения производительности при многопроходной сварке.

Разрабатываемая специалистами ФГУП «НПО «Техномаш» установка (рис. 1 и 2) конструктивно состоит из следующих основных компонентов: сварочный модуль, вращатель, аппаратура управления, источник сварочного тока, система охлаждения, стол, сварочные штативы.

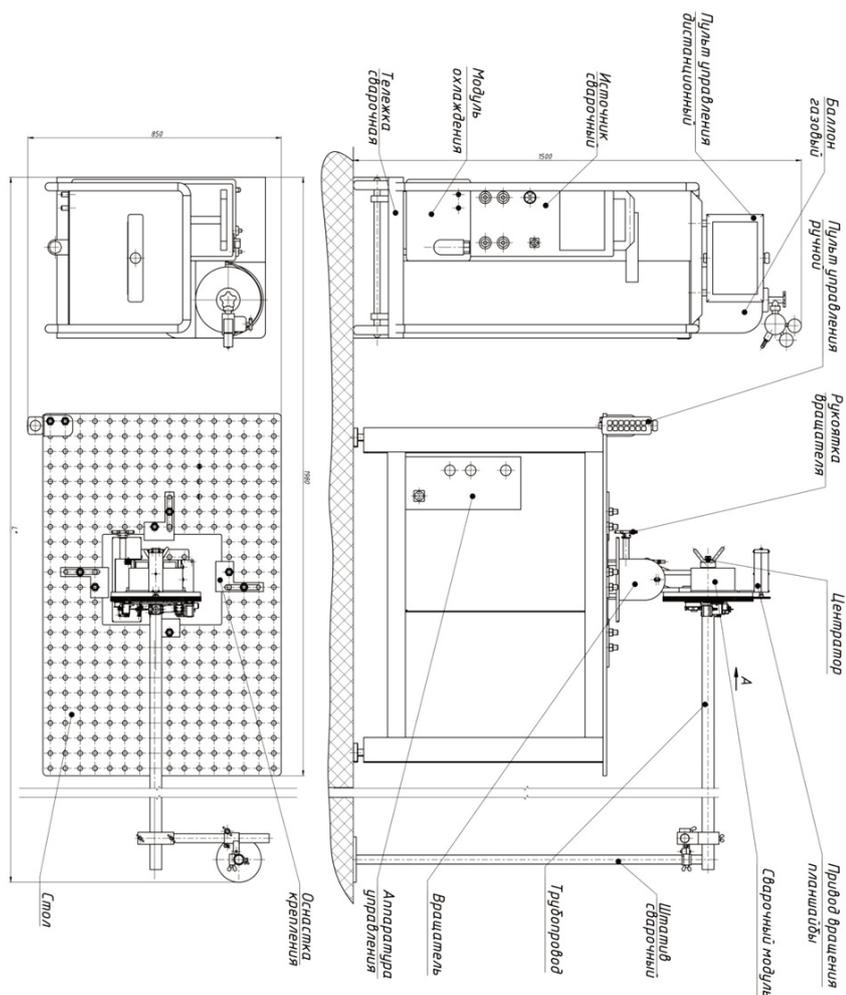


Рис. 1. Общий вид специального технологического оборудования

Сварочный модуль – основной исполнительный компонент разрабатываемой установки, размещён на вращателе с плавной регулировкой угла наклона оси от 0° до 90° , и включает в себя следующие узлы: планшайбу с приводом вращения, сварочную горелку, суппорта перемещения сварочной горелки, механизм подачи присадочной проволоки с катушкой для сварочной проволоки и центратор.

Планшайба представляет собой зубчатое колесо, на котором расположены суппорта перемещения, с установленными на них горелкой и механизмом подачи присадочной проволоки. Вращение на планшайбу передается от шагового электродвигателя через зубчатое соединение. Электродвигатель и передаточное число зубчатого соединения подбирается таким образом, чтобы обеспечить установленный диапазон скоростей сварки для всего ряда диаметров свариваемых соединений.

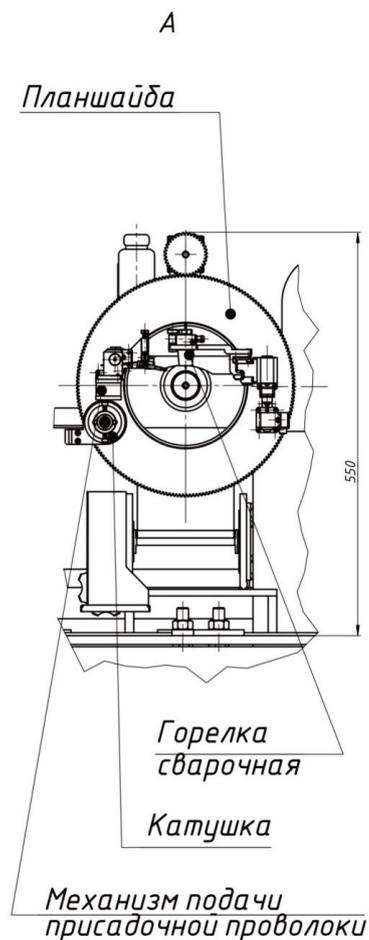


Рис. 2. Специальное технологическое оборудование. Сварочный модуль

Центратор предназначен для закрепления концевого элемента с трубопроводом соосно планшайбе, а также для осевого перемещения концевого элемента при совмещении плоскости свариваемого стыка и оси электрода.

Установка будет оборудована аппаратурой управления микропроцессорного типа. Комбинация внешней аппаратуры управления и аппаратуры управления источника сварочного тока позволит на практике реализовать совмещение разомкнутой и синергетической системы управления.

Разработка установки для автоматической сварки неповоротных стыков концевых элементов включена в Федеральную космическую программу Российской Федерации (Шифр «Прогресс–2025») и прошла этап защиты эскизного проекта.

УДК 629.78:539.3

Бещенко В.Г., Синякова Т.И., Бочаров Ю.А.

(ФГУП «НПО «Техномаш»)

Новые направления применения эффекта сферодинамики при повышении диффузионной активности металла деталей металлокерамических узлов камер сгорания двигательных установок летательных аппаратов

Статья посвящена исследованию новой методологии сферодинамического повышения плотности винтовых дислокаций в металле детали, подлежащей высокотемпературной пайке при получении металлокерамических сборок камер сгорания жидкостных ракетных двигателей.

Ключевые слова: эффект сферодинамики, сферореверсор, сферобойки, плотность винтовых дислокаций, логарифмическая спираль Бернулли.

Теоретические основы реализации эффекта сферодинамики [1] прямым образом подтверждают прогноз А. Колмогорова о возможности спонтанного образования при холодном импульсном деформировании твердого тела на свободно установленной опоре – случайных полей с геометрией спиралеобразного пространственно-временного континуума [2].

При лабораторном физическом моделировании эффекта сферодинамики с использованием сферореверсора (рис. 1) и разработанного комплекта сферобойков (рис. 2) в условиях гидравлического пресса мод. НРК70S, $P=70$ кН, $V_{тр}=4$ мм/сек (Германия) (рис. 3) обработана партия деталей из аустенитного никелевого сплава 12X18H10T, подлежащая высокотемпературной пайке в условиях вакуумной печи XevionXVACTn=1400°C (Германия) (рис. 4). Получены полуфабрикаты с различной степенью деформации в пределах деформационного диапазона реализации эффекта Баушингера [4] и различным сочетанием профилированных бойков, моделирующих эффект на стадии левитирования сферодина.

В результате моделирования установлено, что регламентация во времени момента нарушения сферодином своих первоначальных гравитационных условий на выталкивателе и максимальная длительность левитирования сферодина достигается при выполнении рабочих поверхностей сменных сферобойков сферореверсора, моделирующих замкнутую деформирующую цепь

«пуансон-сферодина-выталкиватель» (рис. 5) в форме поверхностей, образованных вращением витка логарифмической спирали (спирали Бернулли) [5] с одинаковым шагом роста спирали, соответствующим шагу роста логарифмической спирали, описывающей перемещение очагов деформирования твердого тела 1 (аустенитный никелевый сплав 12X18H10T) со стороны пуансона 10 и сферодина 3, и находящимся в диапазоне изменения верхнего и нижнего деформационных пределов реализации эффекта Баушингера для материала деформируемого твердого тела.

Исследования полуфабрикатов (прерывание процесса деформирования твердого тела 1 на стадии левитирования сферодина 3 выявили:

– макрорельеф поверхностного слоя металла полуфабриката со стороны воздействия пуансона 10 сформирован в виде массива расходящихся одинарных спиралеобразных расширяющихся каналов (рис. 6а), а со стороны воздействия сферодина 3 сформирован макрорельеф в форме массива переплетающихся двойных спиралеобразных расширяющихся каналов (рис. 6б);

– структурное состояние материала полуфабриката в сферодинамической камере деформирования (пространство между пуансоном 10 и сферодином 3) имело вид встречнонаправленных спиралеобразных расширяющихся каналов, что согласуется с результатами исследований распространения в материале деформируемого твердого тела нелинейных волн прохождения механизмов

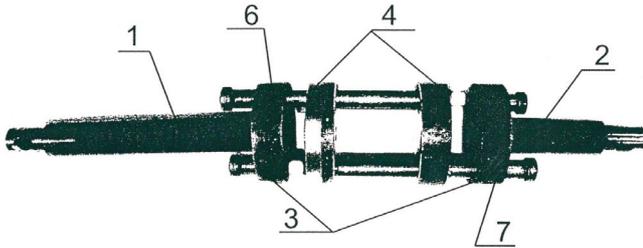


Рис.1. Сферореверсор для физического моделирования эффекта сферодинамики: 1 – верхняя тяга; 2 – нижняя тяга; 3 – неподвижная план-шайба; 4 – подвижная план-шайба; 5 – колонки; 6 – верхний боёк; 7 – нижний боёк



Рис. 2. Сферобойки для физического моделирования эффекта сферодинамики



Рис. 3. Гидравлический пресс мод. НРК70S, $P=70$ кН, $V_{тр} = 4$ мм/сек



Рис. 4. Установка для пайки в высоком вакууме

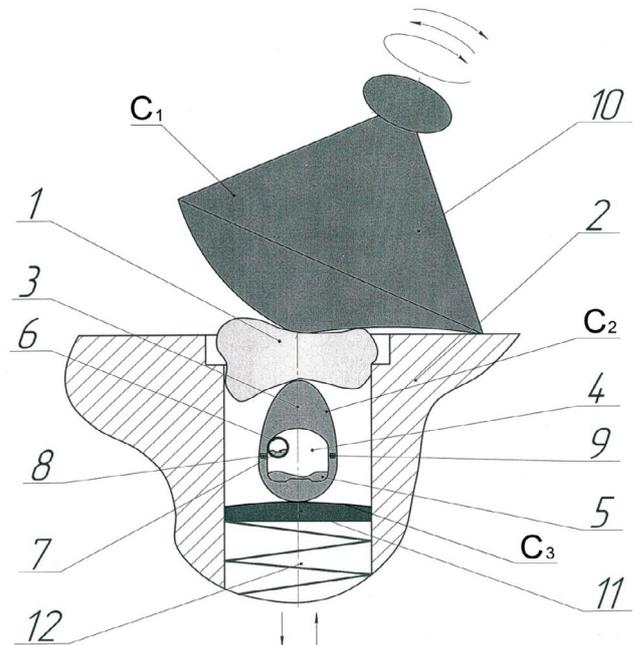


Рис. 5. Принципиальная схема реализации эффекта сферодинамики: 1 – обрабатываемая заготовка; 2 – матрица; 3 – сферодин; 4 – полость сферодина; 5 – магнитная жидкость МЖ1; 6 – резонатор; 7 – магнитная жидкость МЖ1; 8 – кольцевая выемка сферодина; 9 – постоянные магниты; 10 – пуансон; 11 – выталкиватель; 12 – упругий элемент

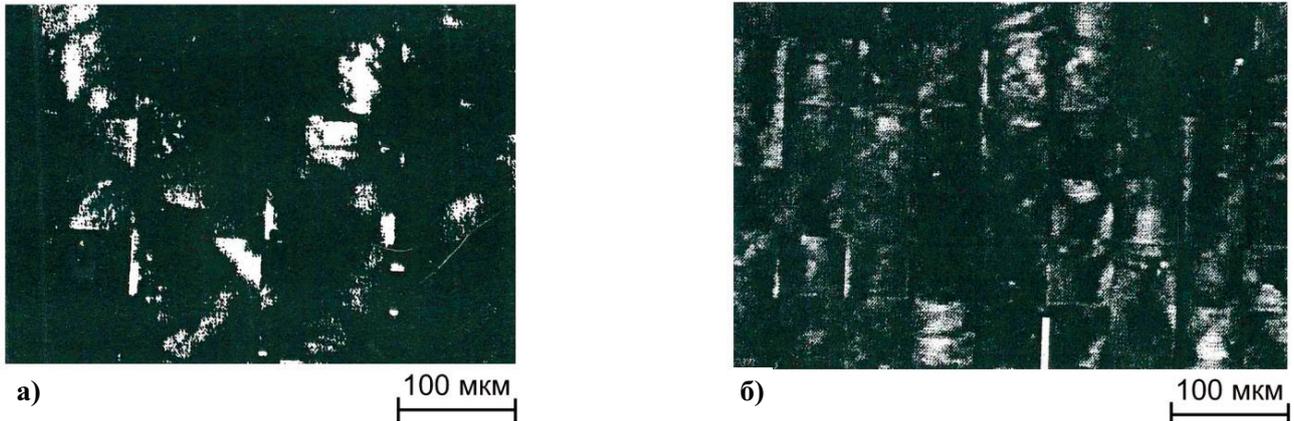


Рис. 6. Макрорельеф поверхности полуфабриката со стороны пуансона сферодина (а).
Макрорельеф поверхности со стороны сферодина (б)

ротационной пластичности в виде роторов (вихрей), формирующих в материале спиралеобразные расширяющиеся каналы локализации деформации в энергосиловых условиях реализации ротационной пластичности [6].

Более подробные исследования изменения структурного состояния материала твёрдого тела на всех стадиях реализации эффекта сферодинамики выявили следующие закономерности:

- изменение объёмной доли спиральной кристаллографической компоненты (текстуры) (110) $\langle 111 \rangle$ [7];
- изменение среднего размера нанозерна матричного металла;
- изменение твёрдости матричного металла по Виккерсу описываются одной и той же геометрической кривой – логарифмической спиралью Бернулли (рис. 7).

Заключительный анализ результатов физического моделирования эффекта сферодинамики выявил единый геометрический феномен для энергосиловых условий реализации эффекта в обрабатываемом твёрдом теле:

- *геометрические условия реализации эффекта:*
 - профиль рабочей поверхности приводного пуансона;
 - профиль поверхности бесприводного сферодина;
 - профиль рабочей поверхности выталкивателя;
- макрорельеф поверхностей полуфабриката со стороны пуансона 10 и сферодина 3, зафиксированный на стадии левитирования сферодина:

- массив расходящихся одинарных спиралеобразных расширяющихся каналов со стороны воздействия пуансона;

- массив переплетающихся двойных спиралеобразных расширяющихся каналов со стороны воздействия сферодина;

- *динамика изменения структурного состояния материала деформируемого твёрдого тела по стадиям реализации эффекта сферодинамики:*

- изменение объёмной доли спиральной кристаллографической компоненты (текстуры) (110) $\langle 111 \rangle$;

- изменение среднего размера нанозерна матричного металла;

- изменение твёрдости матричного металла по Виккерсу.

Представленные три признака выполнения элементов сферосистемы, обеспечивающих реализацию эффекта сферодинамики и шесть признаков, характеризующих состояние материала твёрдого тела, обработанного с использованием эффекта, имеют одно и то же геометрическое отображение в пространстве в виде логарифмической спирали Бернулли с постоянным шагом её роста. Эта спираль по форме полностью совпадает (идентична) с формой логарифмических спиралей, описывающих траектории перемещения очагов деформации от пуансона и сферодина, и шагами роста спиралей, соответствующими степеням высотной деформации материала твёрдого тела при реализации эффекта Баушингера, т.е. «запоминание» материалом твёрдого тела «истории» внесения в него возмущений.

Привлекая в качестве научного инструментария к описанию особенностей реализации

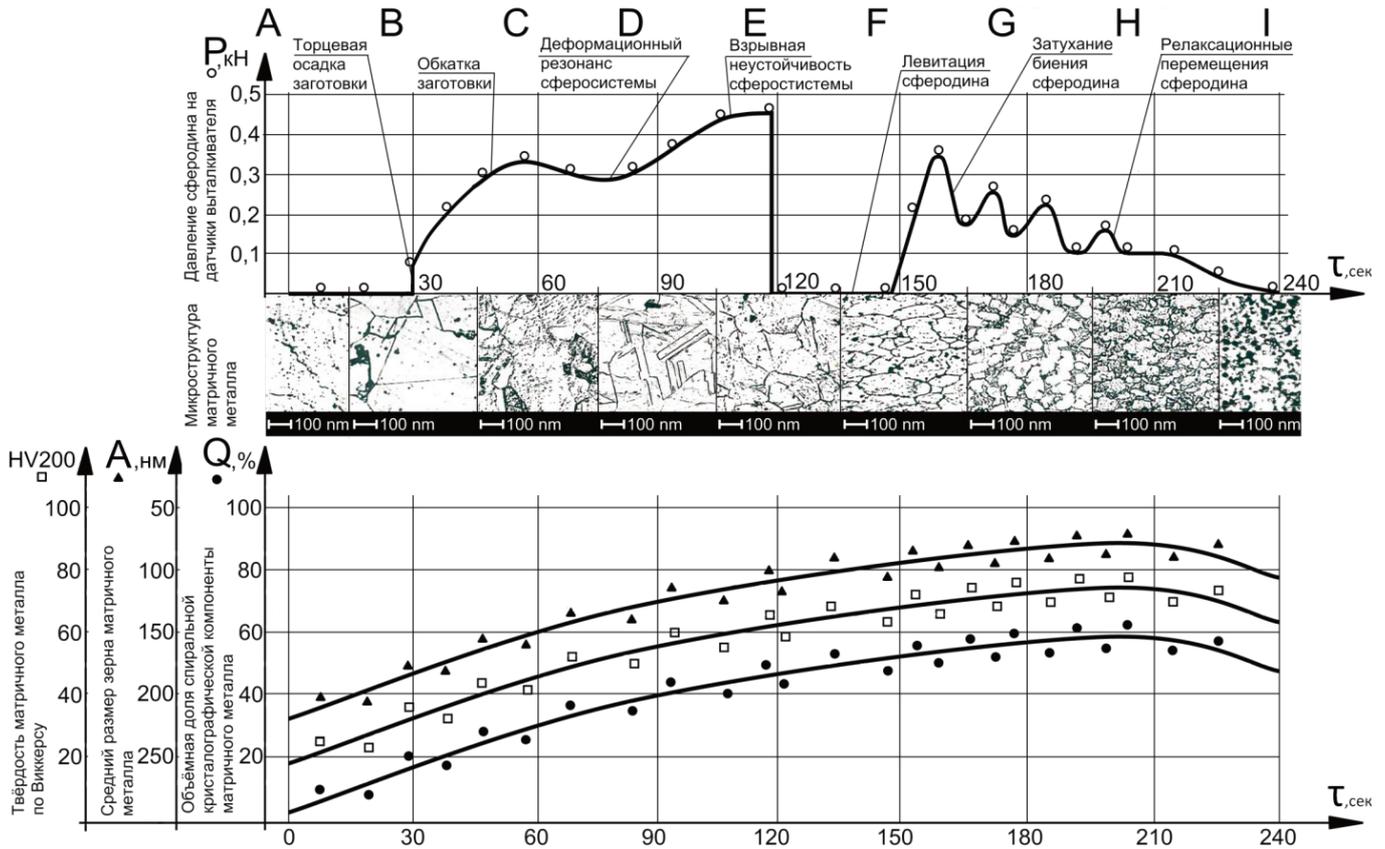


Рис. 7. Изменение по стадиям реализации эффекта сферодинамики, энергосиловых параметров прессы деформации

эффекта сферодинамики в процессе сферодинамического деформирования твёрдого тела обкатывающим и качающимся пуансоном известные теории пластичности, описывающие реологию поведения деформируемых сред в немонотонных процессах (сферодинамическое деформирование твёрдого тела прерывается левитированием сферодина), установлено, что лучше всего по ширине учёта особенностей реализации сферодинамического деформирования твёрдого тела подходит теория обобщённого внутреннего времени Федоровского (теория Федоровского) [8], учитывающая «предысторию» нагружения твёрдого тела, а также сложный вид траектории его деформирования приводным инструментом.

Теория Федоровского вводит в пространство возмущённого твёрдого тела дополнительное пространство внутреннего обобщённого времени, являющееся следствием искривления (кривизны) пространственно-временного континуума

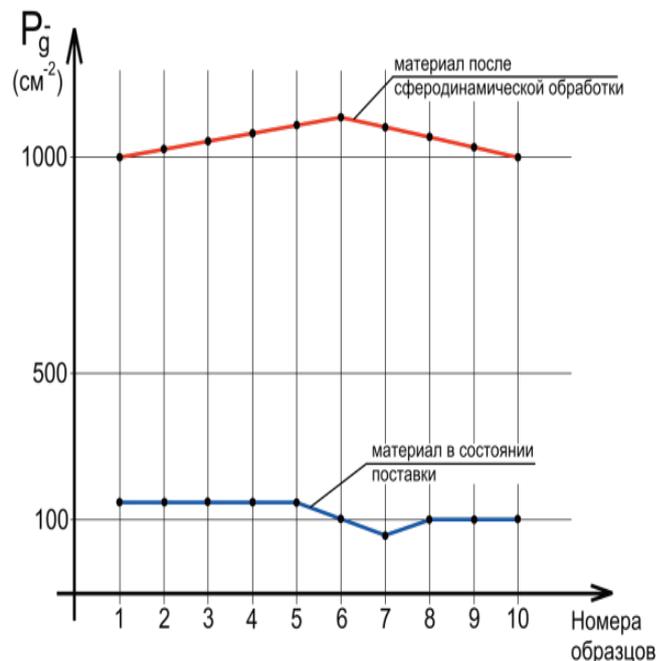


Рис. 8. Изменение плотности винтовых дислокаций металла образцов сплава 12X18H10T после сферодинамической обработки

УДК 621.7.04

Прусаков М.А., Харсеев В.Е., Вайцехович С.М., Овечкин Л.М.

(ФГУП «НПО «Техномаш»)

Комбинированное изотермическое деформирование

В статье рассмотрены актуальные проблемы процессов горячего деформирования. Предложен новый способ комбинированного изотермического деформирования, основанный на совмещении операций глубокой вытяжки и газовой формовки в одной технологической оснастке.

Ключевые слова: изотермическое деформирование, горячая глубокая вытяжка, сверхпластичность, титановые сплавы, алюминиевые сплавы, температура деформирования, производительность, окисление.

Современные машиностроительные процессы в своих производственных циклах требуют применения более совершенных технологических процессов. Технология горячей штамповки, применяемая для получения полуфабрикатов из труднодеформируемых титановых и алюминиевых сплавов, является одной из распространенных в отрасли. Но эффективность ее низка – значительное количество технологических переходов, большой комплект дорогостоящей оснастки, низкий коэффициент использования материала (КИМ), энергозатратность, достаточное количество дефектов.

Для устранения таких недостатков традиционного процесса горячего деформирования применяется технология изотермической газовой формовки в режиме сверхпластичности. Данная тех-

нология является ресурсосберегающей и относится к высокотехнологичному производству. Для ее реализации требуется специальная подготовка производства в виде участка с одной единицей специализированного промышленного оборудования и наличие высококвалифицированных кадров. Специализированное оборудование необходимо для создания нейтральной среды (вакуум, инертный газ) в целях предотвращения высокотемпературных окислительных процессов, что значительно усложняет конструкцию и повышает его стоимость. Также недостатком является низкая производительность процесса формообразования – до 1 часа на изготовление полуфабриката. Стоит учитывать и время нагрева оснастки с заготовкой и последующим охлаждением – в среде вакуума составляет 20–30 часов.

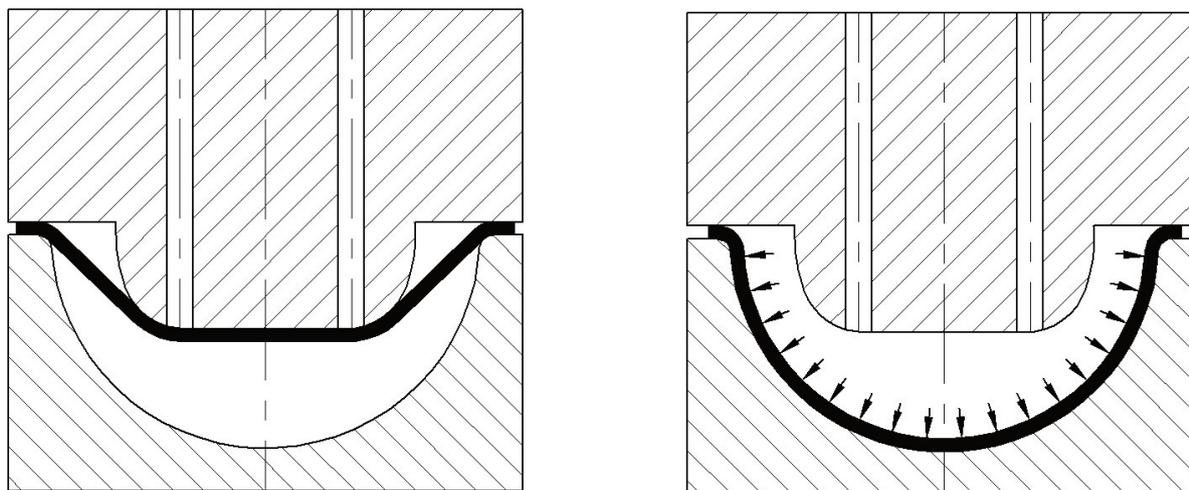


Рис. Схема комбинированного изотермического деформирования



◆ ТЕХНОЛОГИИ СОПРОВОЖДЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ РКТ

УДК 629.78:005.05

Цырков А.В., Юрцев Е.С., Рахмилевич Е.Г., Савинов Ю.И.

(ФГУП «НПО «Техномаш»)

Цифровые двойники в управлении предприятием отрасли

Определены общие и оперативные задачи построения стратегии развития цифровых производственных систем на предприятиях отрасли. Выделены элементы концепции «Индустрия 4.0» в наибольшей степени способствующие достижению поставленных целей. Предложена концепция построения системы цифровых двойников для решения задач управления производством. Рассмотрен пример построения фрагмента модели цифрового двойника для элемента производственной системы.

Ключевые слова: «Индустрия 4.0», проектно-операционное управление, цифровые двойники, вибродиагностика.

Перед предприятиями ракетно-космической отрасли (РКО) стоят важные задачи – повысить эффективность производственных систем и поднять конкурентоспособность продукции. Справедливости ради, следует отметить, что предприятия отрасли обладают опытом создания самых передовых производственных систем, но такая практика распространена не во всех предприятиях. Что могут идеи концепции «Индустрия-4.0» принести в потенциал проектных, технологических, производственных и организационных практик для достижения этих целей предприятиями отрасли? По общему признанию считается, что приближение к поставленным целям в настоящее время возможно за счет решения следующих задач:

- сокращения сроков создания новых и модификации существующих изделий;
- сокращения затрат на управление сложными организационно-техническими системами и затрат на создание изделий;
- скорейшего перехода на новые формы автоматизации и информационного сопровождения проектно-производственных процессов.

В совокупности данные задачи можно определить, как проблему построения модели высокотехнологичного производства (ВТП) и распространения ее на все предприятия отрасли. В процессе создания ВТП должно быть сформировано комплексное решение, основные элементы которого можно выстроить по направлениям:

- управление жизненным циклом (ЖЦ) продукции;
 - автоматизация решения задач проектирования и конструкторско-технологической подготовки производства;
 - ресурсное моделирование процессов создания СТС;
 - организация потоков работ по созданию СТС на принципах бережливого производства;
 - внедрение новых материальных технологий;
 - реализация методов управления качеством.
- Новый производственный уклад, классифицированный как «Индустрия 4.0», предлагает пересмотреть концепции (прототипы) решений в следующих сферах:

1. Управление жизненным циклом изделия (*ProductLifecycleManagement*), направленное на сокращение сроков создания новых и модификации существующих изделий [1].

2. Киберфизические системы (*CPS – Cyberphysicalsystems*) и Интернет вещей (*IoT – InternetofThings*), которые раскрывают содержание новых форм автоматизации и информационного сопровождения проектно-производственных процессов на основе:

- механизмов, интегрирующих базы знаний и коммуникационные потоки с физическими процессами управления объектом и проектно-производственной среды на протяжении всего жизненного цикла изделия;



– методов построения вычислительной сети физических объектов, оснащённых встроенными технологиями для взаимодействия друг с другом, уменьшающих необходимость участия человека.

3. Умный завод (*SMART Factory*) – модели и правила применения адаптивных когнитивных систем, регулирующих процессы создания изделий, от стадии проектирования до их изготовления, как средство построения баз знаний.

4. Интероперабельность (*Interoperability*) – методы обеспечения функциональной совместимости, обеспечивающие построение бизнес-модели интегрированной производственной системы.

5. Множество прочих организационно-технических решений, обеспечивающих расширенные возможности современных технических систем, например, Большие Данные (*Big Data*) производственных систем, количество которых лавинообразно возрастает, и их рациональное управление и анализ является одной из важнейших задач организации производства.

Во многом достижение глобальных целей возможно с решением проблемы построения ВТП, но и совершенствование системы управления, наделение ее интеллектуальными компонентами построения и расчета потока работ является важной составляющей успеха.

ФГУП «НПО «Техномаш» задействовано в процессе освоения механизмов концепции «Индустрия 4.0» и участвует в выработке перспективного отраслевого программно-методического контента по созданию типового решения цифровизации предприятий. Ведутся работы по разработке цифровых двойников в рамках создания Цифровых, «Умных», Виртуальных Фабрик Будущего (*Digital, Smart, Virtual Factories of the Future*). Концепция фабрик будущего нацелена на развитие и повышение конкурентоспособности отечественной ракетно-космической промышленности (РКП) за счет решения инженерно-технологических проблем-вызовов (*Industrial Challenge Problems*). Инновационный прорыв можно обеспечить за счет оптимального и эффективного комплексирования различных лучших в мире (*best-in-class*) технологий с добавлением оригинальных межотраслевых интеллектуальных ноу-хау, сформированных, в процессе работы с различными

компаниями – мировыми лидерами в области цифровых технологий. Формируется комплексное высокотехнологичное решение, которое станет на один уровень с лучшими в мире решениями и обеспечит в кратчайшие сроки проектирование и производство глобально конкурентоспособной продукции нового поколения.

В ходе выполнения стратегии развития Госкорпорации «Роскосмос» за ФГУП «НПО «Техномаш» (как за ГНИО) закреплена задача разработки компонентов единой информационной системы Госкорпорации «Роскосмос» в части производства и технологий. Одной из наиболее существенных проблем в решении поставленной задачи является создание единого управляющего ядра системы, консолидирующего деятельность различных подразделений, способствующего преодолению барьеров, вызванных использованием разноплатформенных систем как внутри предприятий, так и на уровне отрасли в целом.

Совместно с партнерами во ФГУП «НПО «Техномаш», разработана концепция решения проблемы по управлению предприятиями РКО. По вертикали решение охватывает управление на уровнях: отраслевого взаимодействия; внутри научно-производственного холдинга; структурного подразделения; конечного исполнителя (рабочий, техник, инженер). По жизненному циклу решение распространяется на стадии: проектирования; конструкторско-технологической подготовки производства (КД и ТД, логистика); изготовления (включая кооперацию); хранения и эксплуатации.

Данное решение превосходит все известные зарубежные и отечественные разработки в области управления и мониторинга процессов создания СТС. Управляющие воздействия формируются одновременно в группы процессов, сопряженных по стадиям жизненного цикла.

В основу программного и методического обеспечений решения положена методология проектно-операционного управления (ПОУ, рис. 1). Базовой идеей методологии является объединение механизмов управления, традиционно используемых в *PLM*-комплексах (*workflow*) и *ERP*-системах (*MRP-II/APS*). Система управления, построенная на принципах ПОУ [2], обеспечивает:

– снижение цикла разработки новых изделий на 10...25% за счет сквозного моделирования процессов конструкторского и технологического проектирования, логистического сопровождения и изготовления;

– балансировку и рациональное использование ресурсов за счет применения методов APS при планировании процессов;

– при одновременном управлении процессами создания новых изделий и изготовлении серийной (мелкосерийной) продукции.

К настоящему времени проходит опытную эксплуатацию программное и методическое обеспечение системы проектно-операционного управления (СПОУ). Функционал разработки на данном этапе охватывает стадии конструкторско-технологической подготовки производства (КТПП), логистического обеспечения процессов и изготовления (производства).

Модели производственно-технологических решений адаптированы относительно специфики отраслевых примеров. Средства их сопровождения (проектирования и анализа) обладают высокой степенью автоматизации на основе использования баз знаний.

Система может быть использована как «надстройка» над существующим функционалом PLM и ERP на предприятиях, не требуя отказа от сложившихся бизнес-процессов и инструментальных средств (программ) в деятельности инженерных и планово-экономических служб. Предлагаемая разработка расширяет возможности предприятия по мобильности в принятии управленческих решений на всех уровнях управления, по всему жизненному циклу. Созданная система станет проводником типовых решений по цифровизации процессов в отрасли, создании цифровых двойников изделий и производств (процессов).

ФГУП «НПО «Техномаш» является участником ряда проектов, целями которых является реализация элементов концепции «Индустрия 4.0» в сфере управления производством. В проектах также принимают участие специалисты предприятий РКО и ведущих вузов страны. Например, задачей проекта «Разработка информационно-программных средств для автоматизации управления высокотехнологичным оборудованием в условиях

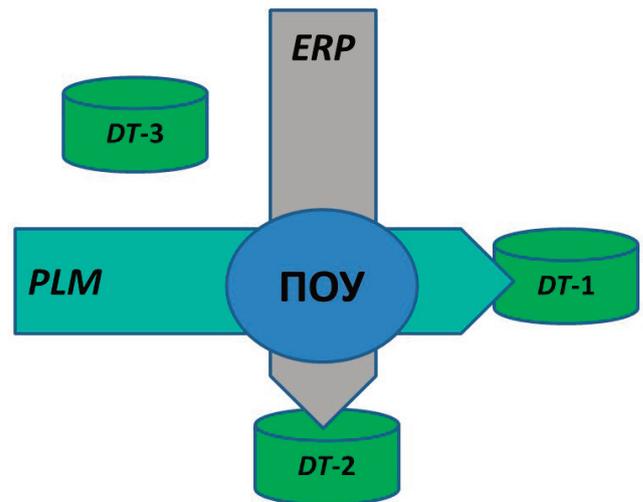


Рис. 1. Структурная схема построения системы

цифрового машиностроительного производства» являлось построение цифрового звена нижнего уровня производственной системы. Конечно, формируемое решение во многом соответствует целям, традиционно реализуемым MES (*Manufacturing Executable System*) системам, но по своей постановке и реализации, задачи опираются на технологии и модели киберфизических систем [1]. Проект успешно завершен.

Неотъемлемым техническим приемом концепции «Индустрия 4.0» является использование цифровых двойников (*Digital Twin – DT*). DT – это комплекс динамических информационных моделей представления данных о физическом объекте и процессах его создания [3]. DT – это условное хранилище представления огромного массива разнообразных данных, построение которого определяется общей концепцией «Big Data». Эти информационные модели могут изменять не только содержание, но и структуру разделов. Система на основе ПОУ организует и поддерживает структуру хранилища данных для цифровых двойников:

- DT-1 – цифрового двойника объекта. Данные могут формироваться в средах различных модельных платформ. Организация структуры хранилища определяется в соответствии с конструкторским, технологическим, производственным и эксплуатационным составом изделия, в соответствии с результатами конструкторского, технологического и эксплуатационного



проектирования изделия. Данные могут формироваться в средах различных модельных платформ;

- *DT-2* – цифрового двойника производства (процесса), который фиксирует и позволяет определять характеристики, приобретаемые изделием в процессах разработки и изготовления. Основой организации причинно-следственных связей данного хранилища является структура потока работ как основного элемента методологии ПОУ, формируемая на основе технологического и производственного составов изделия. Информация, содержащаяся в хранилище, позволяет оперативно установить не только характеристики процессов изготовления (оборудование, персонал и др.), но и параметры логистических процессов по поставкам материалов и комплектующих.

Базовыми характеристиками, сохраняемыми в *DT-2*, являются наборы параметров по плановым и фактическим показателям: работы обрабатывающего и контролирующего оборудования; состояния окружающей среды; психофизического состояния исполнителей; видеонаблюдений. Основным назначением *DT-2* является подтверждение характеристик качества изделий;

- *DT-3* – цифрового двойника производственной системы. Задачами, решаемыми с применением этой модели являются:

- поддержание технологий, оборудования в работоспособном состоянии;
- оптимизация состава трудовых ресурсов (оборудование, здания, кадровый потенциал).

В целом, предиктивное моделирование состояния системы на основе *DT-3* должно обеспечить эффективность проектно-производственной среды предприятий. Применение этой модели необходимо, прежде всего, предприятиям, отличающимся мелкосерийным и единичным характером производства.

Во ФГУП «НПО «Техномаш» разработан и апробирован прототип одного из разделов *DT-3* – паспорт предприятия.

Качество продукции закладывается в процессах конструкторского и технологического проектирования. Далее оно обеспечивается:

- качеством материалов и комплектующих изделий;

- состоянием оборудования;
- отклонениями в процессах изготовления.

Подробнее остановимся на особенностях влияния и возможностях повышения качества за счет применения современных методов предиктивного обслуживания технологического оборудования.

В рамках реализации концепции «Индустрия 4.0» важнейшей задачей является обеспечение надежной, предсказуемой работы оборудования. Обслуживание станочного парка по устаревшим методикам (система планово-предупредительных ремонтов – ППР), в основе которых лежит продолжительность эксплуатации, не обеспечивает на должном уровне ни безаварийную работу технологических систем, ни предсказуемость сохранения точности и работоспособности станков. Необходим переход к поддержанию техники в работоспособном состоянии на основе предупредительного обслуживания, основанного на идентификации технического состояния оборудования. Обслуживание по техническому состоянию позволяет выполнять прогноз возникновения дефектов (отклонений) на ранней стадии, что позволяет заранее планировать действительно необходимые (а не плановые) технические действия, предотвращать отказы оборудования из-за технического состояния оборудования.

Реализация управления по фактическому состоянию основывается на создании моделей – цифровых двойников оборудования, которые в реальном масштабе времени или через его определенные промежутки отображают техническое состояние узлов, деталей, комплектующих элементов. На рис. 2 приведена структурная схема цифрового двойника для идентификации параметров станка. Схема разработана для проведения процессов безразборной диагностики.

Идентифицируется состояние всех элементов, обеспечивающих точность станка: шпинделей, подшипников, шарико-винтовых пар, зубчатых и ременных передач, электродвигателей, насосов и т.д. На представленной схеме для каждого элемента выводится информация о его состоянии, где красным цветом отображаются детали и комплектующие, находящиеся в неудовлетворительном состоянии, желтым цветом выделяются элементы,

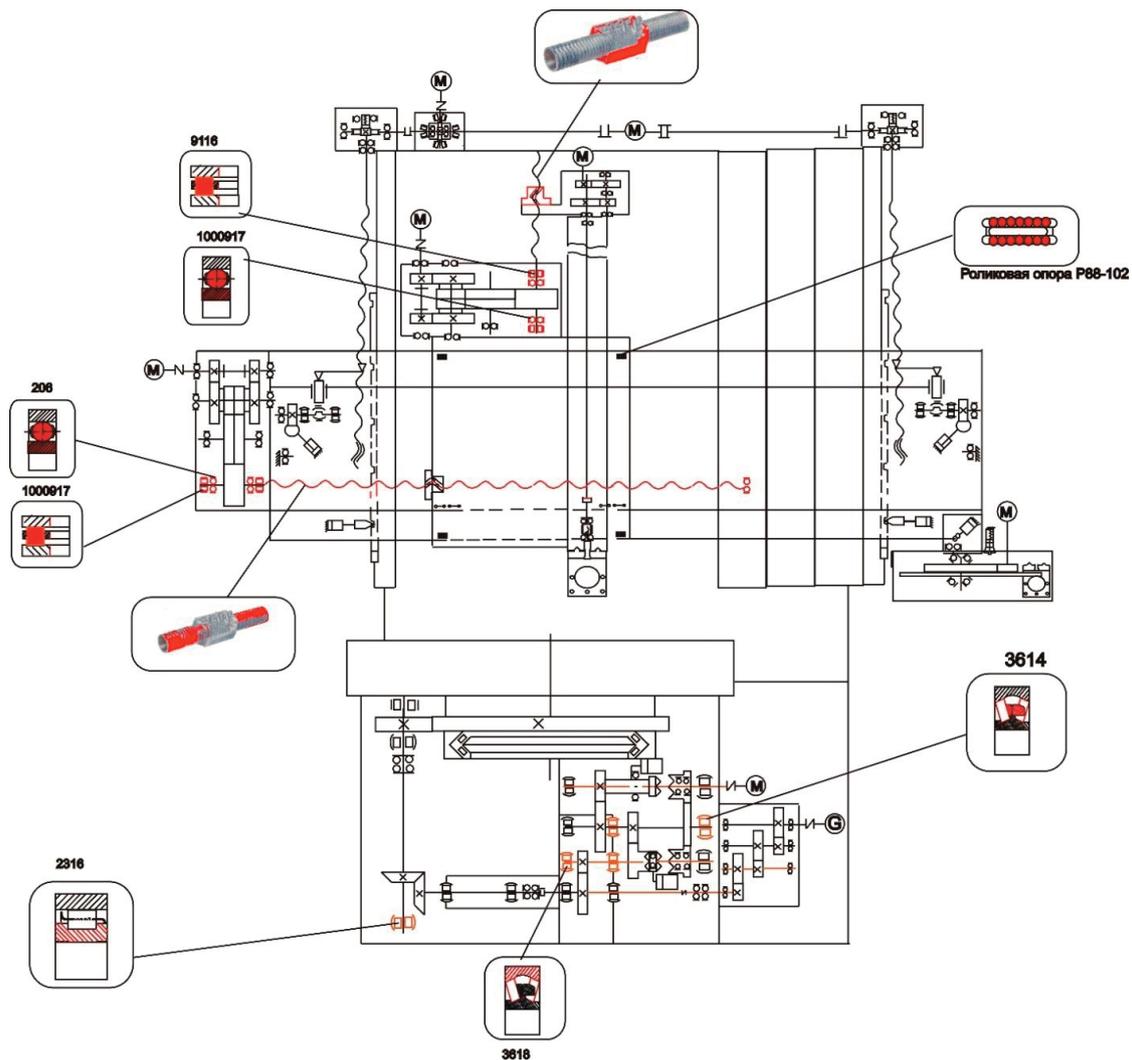


Рис.2. Структурная схема цифрового двойника станка

имеющие допустимый износ. Без цветовой подсказки отображаются элементы, сохраняющие первоначальное состояние.

В примере показано техническое состояние станка после восьми лет двухсменной работы. Имеется износ ремней в приводах «X» и «Z», комбинированного подшипника в приводе «X», шариково-винтовой пары привода «Z». В качестве измеряемого параметра выбрана вибрация, которая имеет возможность распространяться по всему механизму в определенных частотных диапазонах. Таким образом, снимая вибрационные характеристики без разборки оборудования, определяют имеющиеся дефекты. В реальном времени идентифицируется техническое состояние узлов и деталей оборудования; в течение времени отслеживаются тренды изменения контролируемых параметров.

Опыт применения данного метода показывает, что амплитуды вибрации (рис. 3) полностью коррелируются с показателями достигаемой станком точности и шероховатости обработки. Таким образом, по модели цифрового двойника технологического оборудования можно идентифицировать, с использованием специальных датчиков и программного обеспечения, техническое состояние его узлов, деталей, комплектующих; отслеживать тренды изменения параметров. Это позволяет предсказывать остаточный ресурс элементов, и как результат, предотвращать брак при изготовлении изделий, исключать аварийный выход оборудования из-за технической неисправности, т.е. фактически управлять жизненным циклом станков.

Вибродиагностический метод позволяет определить до 23 параметров объекта (табл. 1).



Таблица 1. Параметры, определяемые с помощью разработанного метода

№	Определяемые параметры
1	Износ наружного кольца подшипника
2	Износ внутреннего кольца подшипника
3	Износ шариков или роликов подшипника
4	Износ сепаратора
5	Перекося наружного кольца подшипника
6	Биение валов, шпинделей
7	Неравномерный радиальный натяг в подшипнике
8	Раковины, задиры на наружном кольце подшипника
9	Раковины, задиры на внутреннем кольце подшипника
10	Раковины, сколы на телах качения подшипника
11	Дефект смазки
12	Биение рабочего колеса
13	Дефекты (износ, трещина, резонанс) лопасти
14	Повышенная турбулентность потока в зоне рабочего колеса
15	Кавитация в жидкости
16	Перекося винта шарико-винтовой передачи
17	Износ шариков шарико-винтовой передачи
18	Раковины, задиры, сколы на телах качения шарико-винтовой передачи
19	Износ винта шарико-винтовой передачи
20	Раковины, задиры винта шарико-винтовой передачи
21	Износ гаек шарико-винтовой передачи
22	Раковины, задиры гаек шарико-винтовой передачи
23	Дисбаланс роторов

Диагностируются дефекты: подшипников, включая износ наружного и внутреннего колец, перекося наружного кольца, износ шариков или роликов; биение или перекося ротора; износ лопастей; износ ШВП – винт, шарики, перекося винта. Метод основан на том, что вибрационный сигнал содержит значительную информацию о состоянии каждого элемента любой детали, которая выполняет вращательное или поступательное движение. Кроме того, вибрационный сигнал распространяется по корпусам механизмов и машин по всем направлениям. Задача состоит в том, чтобы из полученного сигнала выделить частотные характеристики конкретных деталей и сравнить их с показателями деталей в расчетной модели, не имеющей дефектов и повреждений, и на основании этого идентифи-

цировать как начинающие дефекты, так и их развитие, предсказать возможный ресурс каждой детали. В табл. 1 приведены виды дефектов, определяемые по методу «глубокой вибродиагностики».

Для построения расчетной модели, на основе конструкторской документации, выполняется расчет собственных частот колебаний элементов станка: шпинделей, подшипников, шарико-винтовых пар и пр. Результаты расчета приведены в табл. 2. К примеру, для каждого элемента в подшипнике (наружное кольцо, внутренне кольцо, сепаратор и тела качения), собственные частоты колебаний, можно рассчитать по приведенным ниже зависимостям, что и позволяет в дальнейшем достаточно легко различить и определить дефектный элемент.

Таблица 2. Расчетные частоты (Гц) элементов станка

сепаратор Гармоники							
f_{c_1}	f_{c_2}	f_{c_3}	f_{c_4}	f_{c_5}	f_{c_6}	f_{c_7}	f_{c_8}
206,48	412,96	619,44	825,92	1032,4	1238,88	1445,36	1651,84
тела качения Гармоники				НАРУЖНЕЕ КОЛЬЦО Гармоники			
$f_{тк_1}$	$f_{тк_2}$	$f_{тк_3}$	$f_{тк_4}$	$f_{нк_1}$	$f_{нк_2}$	$f_{нк_3}$	$f_{нк_4}$
915,22	1830,44	2745,66	3660,88	1445,3	2890,6	4335,9	5781,2
ВНУТРЕННЕЕ КОЛЬЦО Гармоники				РОТОР Гармоники			
$f_{вк_1}$	$f_{вк_2}$	$f_{вк_3}$	$f_{вк_4}$	$f_{р_1}$	$f_{р_2}$	$f_{р_3}$	$f_{р_4}$
2206,7	4417,4	6626,1	8834,8	522	1044	1566	2088
ЛОПАСТИ							
Гармоники				Гармоники			
$f_{лп_1}$	$f_{лп_2}$	$f_{лп_3}$	$f_{лп_4}$	$f_{вл_1}$	$f_{вл_2}$	$f_{вл_3}$	$f_{вл_4}$
1044	2088	3132	4176	4176	8352	12528	16704
Гармоники				Гармоники			
$f_{вл_1}$	$f_{вл_2}$	$f_{вл_3}$	$f_{вл_4}$	$f_{ол_1}$	$f_{ол_2}$	$f_{ол_3}$	$f_{ол_4}$
3132	6264	9396	12528	1044	2088	3132	4176

Частота вращения сепаратора относительно наружного кольца f_c , Гц:

$$f_c = \frac{1}{2} \times f_{вр} \times \left(1 - \frac{d_{тк}}{d_c \times \cos \alpha}\right).$$

Частота перекачивания тел качения по наружному кольцу f_n , Гц:

$$f_n = \frac{1}{2} \times f_{вр} \times \left(1 - \frac{d_{тк}}{d_c \times \cos \alpha}\right) \times z.$$

Частота перекачивания тел качения по внутреннему кольцу f_v , Гц:

$$f_v = \frac{1}{2} \times f_{вр} \times \left(1 + \frac{d_{тк}}{d_c \times \cos \alpha}\right) \times z.$$

Частотные характеристики элементов конструкции могут изменяться в процессе функционирования изделия. По результатам анализа вибрационных характеристик проведено моделирование их изменений в зависимости от вариаций конструктивных факторов (различных значений угла контакта). Результаты моделирования для подшипника представлены на рис. 3.

В качестве критерия на основе статистических данных принята допустимая величина износа 10%. Детали, имеющие износ более 10%, подлежат замене, другие, имеющие меньший износ, допустимы к работе.

Стоящие на повестке дня задачи реализации концепции «Индустрии-4.0», могут включать в том числе, и решение проблем обеспечения качества изделий РКТ. Одним из залогов качества является стабильность производства, а на производстве технический контроль (ТК) изделий, определяющий

Частота вращения тел качения относительно поверхности колец $f_{тк}$, Гц:

$$f_{тк} = \frac{1}{2} \times f_{вр} \times \frac{d_c}{d_{тк}} \times \left(1 - \left(\frac{d_{тк}}{d_c \times \cos \alpha}\right)^2\right).$$

Здесь:

d_n – диаметр наружного кольца; d_e – диаметр внутреннего кольца;

d_c – диаметр сепаратора в мм, определяемый как $d_c = (d_n + d_e)/2$;

$d_{тк}$ – диаметр тела качения; z – количество тел качения.

систему поддержания и улучшения качества выпускаемой продукции. Применительно к РКТ такой контроль обязан быть постоянным, поддерживать все структуры проектно-производственного комплекса. Что могут цифровые технологии привнести в решение указанной проблемы? Ответ очевиден – неучитываемая до настоящего времени информация. Источником таких, причем весьма обильных данных, может служить полетная телеметрическая информация (ТМИ). Следует учитывать, что ТМИ формируется за весьма короткий период эксплуатации большинства видов изделий РКТ.

Технический контроль выполняется на всех этапах создания РКТ. ТК в процессах проектирования возлагается в основном на разработчика. На производстве ТК проводит отдел технического контроля (ОТК) и службы представителя заказчика (ПЗ). ОТК осуществляет работу, опираясь на

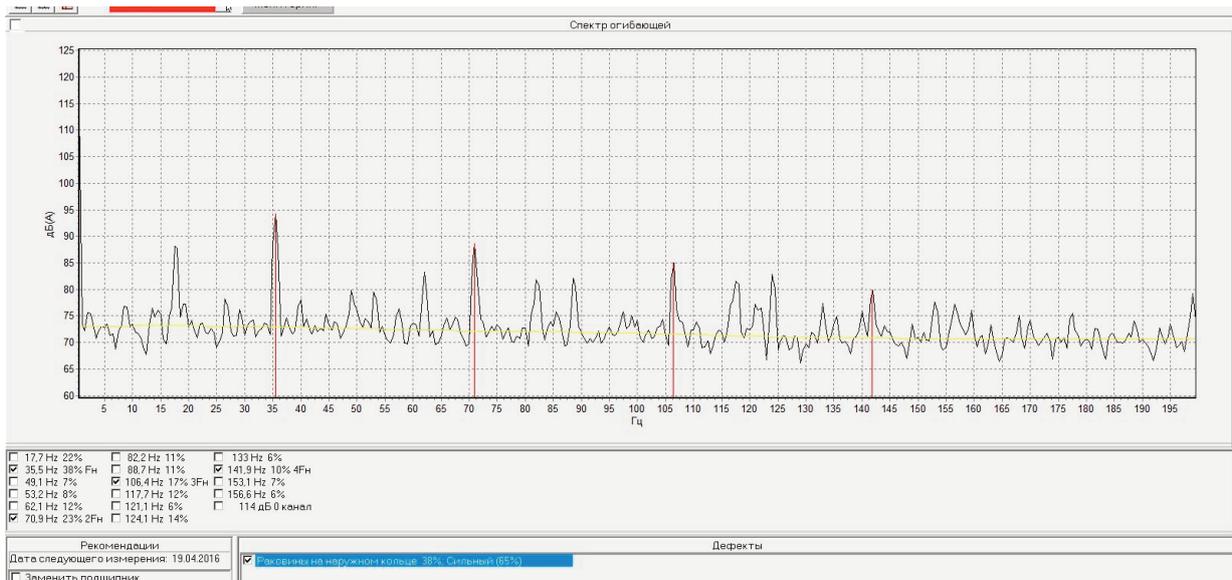


Рис. 3. Амплитуда вибраций элементов оборудования

нормативные документы, выпущенные либо в момент подготовки изделия к производству, либо дополненные и перевыпущенные уже в момент производства изделия. На этапе подготовки изделия к производству, независимо от серийности изделия, должны подключаться структуры, ответственные за качество. Именно отделы и подразделения, отвечающие за качество изготовления деталей, сборку и испытания изделия, вносят существенный вклад в поддержание качества изделия, отслеживая процессы проведения доработок и внедрения изменений на этапах создания существующих и новых систем, комплексов, конструкций. Все это является объемным трудом, на который затрачивается большое количество средств и времени.

Информация, связанная с процессом функционирования изделия, является важным критерием оценки его качества. Для некоторых случаев достаточно данных, поступающих с макета изделия на каком-либо этапе производства. Данные отдельных датчиков или их групп являются итогом таких наблюдений. Исходя из этой информации, проводится анализ параметров и характеристик, показавших во время работы какие-либо отклонения от заданных норм и средних значений. Как следствие, выводы и решения по проведенным испытаниям ложатся в изменения и переработку узлов, конструкций, агрегатов, систем и технологий.

Как уже отмечалось, в жизненном цикле космической техники, одним из первостепенных и насыщенных источников информации является ТМИ по-

лета. Опираясь на данные, полученные с борта изделия, можно воспроизвести условия работы агрегатов на стендах, обрабатывая отдельные конструкции в искусственно создаваемых условиях, подобных реальным, либо провести математическое моделирование поведения изделия.

Для представления общей оценки каких-либо параметров, получаемых при эксплуатации изделия, необходимо собирать общую статистику работы как отдельного параметрического значения какого-либо датчика, так и общую динамику работы системы. Статистику подобного рода, с изделиями РКТ, необходимо формировать, опираясь на определенное количество пусков, в которых собираются значения требуемых параметров. Проводя статистическое исследование по достаточному числу пусков, проводится анализ поведения параметра или параметров. Изучая отдельную тенденцию работы датчика, можно рассчитать вероятность, связанную с надежностью какого-либо агрегата или части конструкции. Однако существуют ситуации, когда и единичный экземпляр данных, иногда даже незавершенного эксперимента, может быть полезным для процесса в целом.

После того как с изделием проведены необходимые работы, вся информация, переданная с борта, дешифруется и передается в отделы потребителей, которые, в свою очередь, произведет анализ работы систем. Информация поступает в SDS (*SmartDigitalShadow*) – «Умную» цифровую

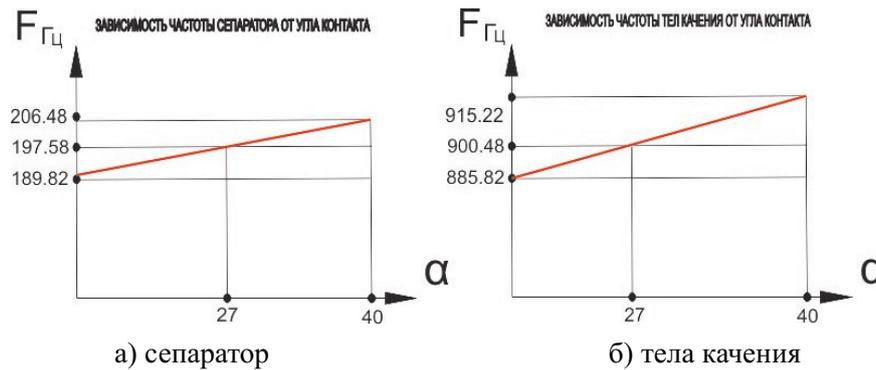


Рис. 4. Моделирование изменения собственных частот колебаний в подшипнике

тень [3] – объект, порождаемый на этапе эксплуатации, которая представляет собой череду быстроменяющихся или медленноменяющихся данных, или вибрационных характеристик, которые оцениваются на расхождение с тарированными характеристиками.

Проведенные исследования и моделирование работы конструкций позволяют дать рекомендацию о введении в конструкторскую и техническую (эксплуатационную) документацию для изделий РКТ обязательного требования по вибродиагностике на уровне входного контроля поставляемых комплектующих, в первую очередь, подшипников.

Метод безразборной вибродиагностики узлов и агрегатов изделий РКТ, апробированный во ФГУП «НПО «Техномаш», может быть рекомендован для использования в практике проектных и производственных подразделений для отработки элементов конструкций и контроля сборочно-монтажных работ сложных, теплонагруженных систем и агрегатов в различных отраслях машиностроения.

Список литературы

1. Семенов В.В., Цырков А.В., Юрцев Е.С. Индустрия 4.0. Новое в управлении жизненным циклом продукции // Вестник «НПО «Техномаш». Выпуск 6. 2018. С. 73–76.
2. Лопота А.В., Цырков А.В. Построение системы проектно-операционного управления научно-производственным машиностроительным комплексом // Оборонный комплекс – научно-техническому прогрессу России: науч.-техн. журн., 2016. № 2. С. 52–60.
3. Боровков А.И. Цифровые двойники и цифровая трансформация предприятий ОПК / А.И. Боровков,

На предприятии проводятся работы по отработке программно-методического комплекса «Вибродиагностика» (ПМК ВД) и его включению в комплекс цифровых технологий поддержки процессов сопровождения СТС на основе СПОУ.

ПМК ВД может использоваться разработчиками технических систем для обоснования и отработки новых проектных решений, а также их модернизации. Накопленная база технических решений позволяет ускорить процесс разработки расчетных моделей исследуемых систем. Подсистема может также применяться для проведения диагностики технологического оборудования и обеспечению комплекса мероприятий его контроля и обслуживания по техническому состоянию.

Применение СПОУ расширяет возможности предприятия по мобильности в принятии управленческих решений на всех уровнях управления, по всему жизненному циклу. Созданная система станет проводником типовых решений по цифровизации процессов в отрасли, создании цифровых двойников изделий и производств.

- Ю.А. Рябов, К.В. Кукушкин, В.М. Марусева, В.Ю. Кулемин // Оборонная техника, 2018. № 1. С. 6–33.

4. Цырков А.В., Цырков Г.А., Юрцев Е.С., Савинов Ю.И. Цифровые двойники в анализе качества продукции // Избранные научные труды пятнадцатой МНПК «Управление качеством», 14–15.03.2019 / ФГБОУ ВПО Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет). М.: ПРОБЕЛ-2000, МАИ, 2019. 419 с. (С. 349 – 355).



♦ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И СИСТЕМЫ СЕРТИФИКАЦИИ

УДК 629.78:005.5

Власов Ю.В., Кузин А.И., Поморцев П.М., Кондратенко А.Н.

(ФГУП «НПО «Техномаш»)

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

Статья посвящена текущему состоянию производственно-технологической базы и метрологического обеспечения производства перспективных изделий ракетно-космической техники, проблемным вопросам и направлениям их решения для обеспечения качества в ракетно-космической отрасли. Предложенные решения направлены на обеспечение качества изделий ракетно-космической техники, совершенствование производственно-технологической базы ракетно-космической промышленности. Материалы статьи раскрывают процессы технологического и метрологического обеспечения производства перспективных изделий ракетно-космической техники, с учетом внедрения перспективных технологий создания изделий, в том числе цифрового и бережливого производств. Материал представляет интерес для специалистов ракетно-космической промышленности в области качества, стандартизации, сертификации, лицензирования, метрологического обеспечения отрасли.

Ключевые слова: обеспечение качества, обеспечение надежности, технологическая готовность производств, метрологическое обеспечение.

11 июня 2019 г. состоялась научно-практическая конференция «Состояние, проблемные вопросы и пути повышения качества ракетно-космической техники». В данной статье представлены тезисы доклада и.о. генерального директора ФГУП «НПО «Техномаш» Ю.В. Власова.

В настоящее время одной из приоритетных задач ракетно-космической промышленности (РКП) является поддержание и развитие производственно-технологического потенциала РКП, обеспечивающего разработку и производство 100% ракетно-космической техники (РКТ) и боевой ракетной техники (БРТ) требуемой номенклатуры, необходимого количества, качества и надежности.

1. Текущее состояние

За последние десятилетия на предприятиях отрасли создана мощная производственно-технологическая база, обеспечивающая производство большой номенклатуры изделий РКТ и БРТ, включающая широкий парк уни-

Выполнение целевых задач ГПВ, ГП КДР (в т.ч. ФКПР–2025, ФЦП «ГЛОНАСС», ФЦП «Сфера», подпрограммы «РН СТК» и др.) невозможно без создания современного производства.

На сегодняшний день первоочередными задачами РКП (в части производственно-технологического обеспечения реализации данных программ) являются:

- технологическая модернизация РКП;
- реконструкция и техническое перевооружение производственных мощностей;
- оптимизация производств, создание центров технологических компетенций и др.

кального станочного, технологического, экспериментально-испытательного и метрологического оборудования. Текущее состояние парка технологического оборудования представлено на рис.1.

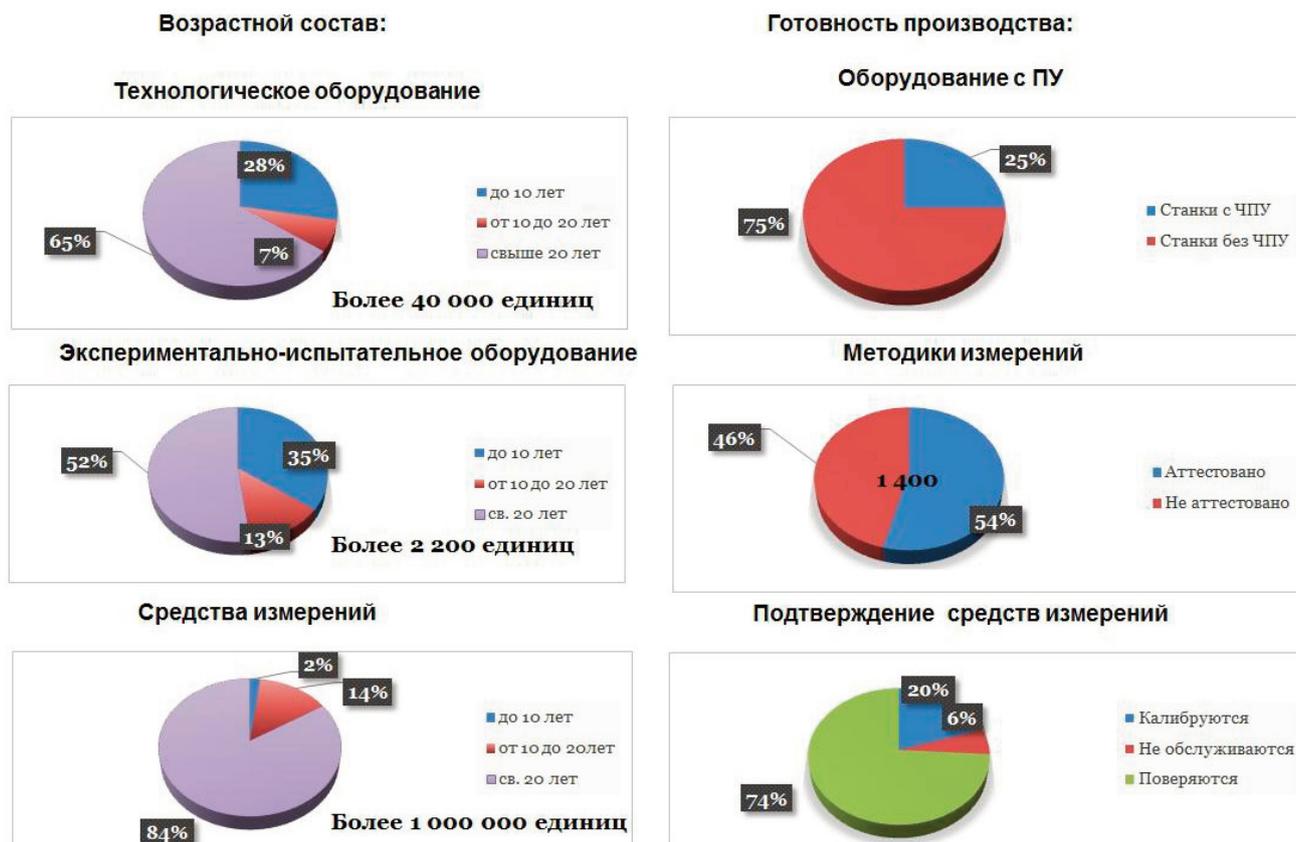


Рис. 1. Текущее состояние технологического оснащения

Всего в организациях РКП внедрено более 5000 технологий, применяется более 40 000 единиц технологического оборудования и порядка 1 млн единиц средств измерений (СИ).

Вместе с тем имеется ряд проблем, снижающих эффективность действующей системы производственно-технологического обеспечения, одной из которых является моральное старение и физический износ оборудования.

На сегодняшний день 65 % всего оборудования – это оборудование, выпущенное более 20 лет назад. При этом доля современных станков

с программным управлением составляет только 25 % от общего числа.

С экспериментально-испытательным оборудованием ситуация выглядит не лучше – более 50 % оборудования старше 20 лет.

Из более миллиона применяемых средств измерений 84 % выпущено более 20 лет назад.

Во многом причиной такого положения является то, что предприятия крайне редко включают измерительное оборудование в инвестиционные проекты и программы технического перевооружения.

2. Целевые показатели

В части развития производственного потенциала РКП стратегией развития Госкорпорации «Роскосмос» на период до 2030 г. определены следующие целевые показатели:

- сокращение производственных площадей на 20–25%;
- увеличение доли готовых к внедрению разработанных прорывных технологий до 60%;

- сокращение парка металлорежущего оборудования в 1,9 раза;
- увеличение доли оборудования возрастом менее 10 лет до 56–60%;
- увеличение доли станков с ПУ до 50–70%;
- увеличение уровня импортозамещения ключевых приборов, технологий, материалов и радиоэлектронных изделий до 69%;
- сокращение сроков разработки РКТ до 44%;

- снижение трудоёмкости механической обработки в два раза;
- загрузка производственных мощностей до 75%.

На сегодняшний день реализуются или находятся на завершающих этапах ряд инвестиционных проектов, по результатам которых на предприятиях Госкорпорации «Роскосмос» появится около 3 000 единиц современного оборудования, суммарной стоимостью более 37,5 млрд рублей.

3. Перспективные направления

Обновление оборудования – существенная часть решения задачи обеспечения бездефектного производства изделий, но далеко не единственная.

Необходимо:

- внедрение новых технологий, в том числе аддитивных и с элементами искусственного интеллекта;

Анализ инвестиционных проектов показывает, что в настоящее время больше всего приобретается металлорежущего и производственно-испытательного оборудования.

В части обновления фондов средств измерений приобретаются контрольно-измерительные машины, современные средства контроля параметров изделий.

- развитие систем цифрового проектирования;
- повышение эффективности производств за счет создания центров компетенций, цифровизации, внедрения методов «бережливого производства»;



Рис. 2. Внедрение элементов «Индустрия 4.0» в процессы контроля качества



– повышение эффективности испытательной базы, в том числе повышение точности измерений и внедрения математического моделирования процессов испытаний;

– обеспечение импортозамещения в целях импортонезависимости.

В целях осуществления приоритетных направлений и установленных показателей в Госкорпорации «Роскосмос» инициирован процесс создания новой производственной системы на основе цифровизации – создания производства «Индустрии 4.0».

Следует отметить, что сегодня отдельные элементы данной системы уже внедряются на предприятиях РКП:

– создаются цифровые модели изделий, оборудования, процессов;

– внедряются системы передачи данных и управления производством;

– внедряются новые технологии объективного контроля, в т.ч. фото- и видеофиксации;

– разрабатываются новые нормативно-технические документы и стандарты.

Основной задачей современного цифрового производства является не только сокращение издержек за счет интеграции процесса изготовления в цифровую среду всех имеющихся ресурсов (технологий, оборудования, кадров и т.д.), но еще и минимизация влияния человеческого фактора, оказывающего в настоящее время существенное влияние на качество и надежность изделий РКП.

Как писал сто лет назад в своей книге «Моя производственная идея» Генри Форд: «Качество делают не станки, а люди», так и сегодня цифровое производство не обходится без специалиста.

К сожалению, кадровый вопрос в отрасли стоит достаточно остро. Снижается квалификация работников, на фоне оттока квалифицированных кадров наметилась тенденция общего сокращения численности технологов и метрологов.

Одной из причин такого положения дел, на наш взгляд, является отсутствие на предприятиях действенной системы мотивации.

В настоящее время в мировой и отечественной практике общепринятой выступает

тенденция мотивации, реализуемая через программы добровольного признания брака: при ошибке дефектная деталь добровольно сдается рабочим в точку сбора бракованных изделий, которая находится в каждом из цехов. Такая система позволяет сократить поток непригодных деталей.

При этом работники не несут материальную ответственность за добровольное признание.

На большинстве предприятий РКП привычной остается система материальной ответственности за брак, что зачастую приводит к сокрытию дефекта и, как следствие, к невыполнению изделием своих функциональных задач.

Особая роль в кадровом обеспечении новой производственной системы РКП отводится созданным на базе предприятия, советам Главных технологов и Главных метрологов отрасли.

Переход к современному производству сопровождается не только заданием соответствующих требований, но и объективной оценкой (подтверждением) соответствия этим требованиям.

Основной формой оценки соответствия производства (организации-изготовителя) заданным требованиям является сертификация.

На сегодняшний день системы сертификации производств организаций-изготовителей уже существуют в США, ЕС, российской авиационной промышленности, железнодорожном транспорте, а также в области атомной энергетики.

Создание аналогичной системы сертификации в ракетно-космической отрасли позволит:

1. Вытеснить с рынка недобросовестных поставщиков продукции и материалов низкого качества.

2. Стимулировать организации РКП:

– совершенствовать производственные системы;

– проводить техническое перевооружение производств;

– создавать эффективные схемы мотивации кадров;

– стимулировать рост проникновения инноваций в производственный сектор РКП.



УДК 629.7:658.014.1

Поморцев П.М.

(ФГУП «НПО «Техномаш»)

**К вопросу системного управления промышленной безопасностью
в организациях РКП**

Статья посвящена общему состоянию нормативной базы и промышленных объектов предприятий ракетно-космической промышленности в области промышленной безопасности, проблемам в данной области, системной работе, проводимой Госкорпорацией «Роскосмос» и ФГУП «НПО «Техномаш», направленной на повышение уровня и обеспечение промышленной безопасности на предприятиях и объектах отрасли. Принятые меры и планируемые в ближайшей перспективе мероприятия направлены на создание системы обеспечения промышленной безопасности. Предпринимаемые шаги должны обеспечить основу для реализации государственной политики в области промышленной безопасности, обеспечения комплексной защищенности, живучести и безопасной эксплуатации объектов и инфраструктуры, предупреждения аварий и инцидентов за счет обеспечения требуемого уровня промышленной безопасности.

Ключевые слова: промышленная безопасность, опасные производственные объекты, промышленные объекты, критерии оценки рисков аварий, система управления промышленной безопасности, концепция промышленной и техногенной безопасности.

На сегодняшний день производство ракетно-космической техники (РКТ), с одной стороны, обеспечивает экономическое развитие государства и жизнедеятельность общества, с другой – является источником потенциальной опасности. От состояния промышленной безопасности (ПБ) зависит не только обеспечение общества и государства результатами космической деятельности, но и непосредственно жизнь, и здоровье работников отрасли и граждан в целом, поддержание благоприятных условий их жизнедеятельности, сохранение окружающей среды.

В настоящее время в организациях ракетно-космической промышленности (РКП) эксплуатируются 498 зарегистрированных в государственном реестре опасных производственных объектов (ОПО), из которых 23 отнесены к высшим (I и II) категориям опасности.

Основными источниками опасности и причинами повышения аварийности на промышленных объектах Госкорпорации «Роскосмос» остаются:

– критический износ основных производственных фондов (более 60 % оборудования,

применяемого на ОПО, отработало нормативные сроки службы);

– низкое качество проектных и технических решений;

– некачественное или несвоевременное выполнение работ по обслуживанию и ремонту технических устройств, применяемых на ОПО;

– контрафактные или не соответствующие техническим требованиям используемые комплектующие, запасные части и материалы;

– низкая квалификация персонала, технологическая и трудовая дисциплина.

В сложившейся ситуации требуются разработка и реализация эффективной научно-технической политики в области ПБ, направленная на последовательное снижение риска возникновения аварий на промышленных объектах организаций РКП, а также принятия мер по обновлению их материально-технической базы и внедрению современных безопасных технологий производства.

К настоящему времени Госкорпорацией «Роскосмос» проведён большой объем работ в области ПБ на ОПО организаций РКП:

• разработан и утверждён ряд нормативных документов, направленный на реализацию Основ государственной политики Российской Федерации в

области промышленной безопасности на период до 2025 года и дальнейшую перспективу (утв. Указом Президента Российской Федерации от 06.05.2018 № 198):

– соглашение о взаимодействии между Госкорпорацией «Роскосмос» и Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору от 27.11.2018 № 39/№00-01-18/782;

– методические рекомендации по разработке Положения о системе управления промышленной безопасностью организаций Госкорпорации «Роскосмос»;

- проводятся плановые проверки состояния ПБ организаций РКП;

- проводятся ежегодные учебно-методические сборы по постановке задач и подведению итогов деятельности в области ПБ с уполномоченными лицами головных организаций Госкорпорации «Роскосмос».

Приоритетными направлениями научно-технической политики Госкорпорации «Роскосмос» в области ПБ являются:

– совершенствование нормативно-правового регулирования в области ПБ (в настоящее время понятие «промышленная безопасность» отсутствует в Законе РФ от 28.08.1993 № 5663-1 «О космической деятельности» и в Федеральном законе от 13.07.2015 № 215-ФЗ «О Государственной корпорации по космической деятельности «Роскосмос»);

– разработка и внедрение единых критериев оценки рисков аварий на промышленных объектах и категорирования таких объектов;

– обеспечение комплексной защиты и противоаварийной устойчивости промышленных объектов и их инфраструктуры;

– использование новых принципов при осуществлении мероприятий по контролю в области ПБ;

– эффективное кадровое обеспечение деятельности в области ПБ;

– развитие культуры ПБ, осознание личной ответственности за состояние ПБ и формирование нетерпимого отношения к нарушениям требований ПБ и др.

Основным механизмом научно-технической и методической поддержки регулирования вопросов

в области ПБ в организациях РКП, обеспечивающим решение задач прогнозирования рисков возникновения аварий, научно-техническое обоснование разработки (актуализации) требований к безопасности технологических процессов, внедрение инновационных технологий обеспечения ПБ, может стать создание Системы управления промышленной безопасностью РКП (Система) с головной научно-исследовательской организацией Системы – ФГУП «НПО «Техномаш».

На сегодняшний день ФГУП «НПО «Техномаш» совместно с научной школой члена-корреспондента РАН Н.А. Махутова по проблемам техногенной безопасности, анализа и мониторинга рисков, разработан проект Концепции промышленной и техногенной безопасности РКП; в 2017 г. подготовлено и подписано Соглашение о стратегическом партнерстве с НПС «РИСКОМ» – одним из наиболее авторитетных инженерных сообществ в области исследования вопросов ПБ и мониторинга рисков; создан Центр промышленной безопасности.

Для преодоления существующих проблем и полноценной реализации государственной политики в области ПБ, обеспечения комплексной защищенности, живучести и безопасной эксплуатации промышленных объектов и инфраструктуры РКП предлагается:

- разработать Концепцию промышленной безопасности РКП и Положение о системе управления промышленной безопасностью РКП;

- поставить ОКР по внедрению эффективных методов и способов обеспечения ПБ на предприятиях РКП;

- включить вопросы ПБ в тематику секции НТС № 17 Госкорпорации «Роскосмос»;

- разработать Программу обучения (повышения квалификации) специалистов организаций РКП в области ПБ.

Результатами реализации данных предложений должны стать обеспечение требуемого уровня ПБ, предупреждение аварий и инцидентов на промышленных объектах за счет системного внедрения эффективных методов и способов обеспечения ПБ, а также повышения уровня профессиональной подготовки административно-управленческого, технического и обслуживающего персонала предприятий РКП.



УДК 629.78:006

Андреанов Л.С., Рябчиков П.В.

(ФГУП «НПО «Техномаш»)

Стандартизация ракетно-космической техники

Статья посвящена системной работе по стандартизации ракетно-космической техники, работам по поддержанию фонда нормативных документов и проблемным вопросам в области стандартизации и совершенствования нормативной базы ракетно-космической техники. Положения статьи актуальны и представляют интерес для специалистов ракетно-космической промышленности в области качества, специалистов, осуществляющих деятельность в области стандартизации. Рассматриваются вопросы, связанные с обновлением имеющихся, разработкой и внедрением вновь разработанных стандартов, а также перспективами и задачами в области стандартизации нормативной базы РКТ до 2025 года.

Ключевые слова: стандартизация, стандартизация ракетно-космической техники, фонд нормативных документов.

ФГУП «НПО «Техномаш» является разработчиком 30% документов по стандартизации всей ракетно-космической отрасли. 1500 стандартов закреплённых за предприятием постоянно актуализируются, а также разрабатываются новые.

За 2018 год осуществлено:

- проведение оценки научно-технического уровня 128 документов по стандартизации РКТ;

- проведение исследований по актуализации 130 документов по стандартизации РКТ в области технологии машиностроения с учетом гармонизации с требованиями международных и национальных стандартов на космическую технику современного производства, Положения РК-11-КТ О порядке создания, производства и эксплуатации (применения) космических комплексов;

- разработка трёх национальных стандартов;
- разработка двух стандартов Госкорпорации «Роскосмос»;

- проведение анализа четырёх методических документов по качеству на соответствие требованиям: ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Системы менеджмента качества. Требования; ГОСТ РВ 0015-002-2012. Система разработки и постановки продукции на производство военной техники. Системы менеджмента качества. Общие требования; ОСТ 134-1028-2012. Ракетно-космическая техника. Требования к системам менеджмента качества предприятий,

участвующих в создании, производстве и эксплуатации изделий;

- проведение исследований по разработке предложений по актуализации ОСТ 134-0012-2011. Указатель нормативных документов по стандартизации ракетной и ракетно-космической техники.

Выполненный объем работ за последние три года позволил актуализировать 60% фонда.



ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ
ПО КОСМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ «РОСКОСМОС»
(Госкорпорация «Роскосмос»)
РАСПОРЯЖЕНИЕ

03.06.2019

№ 29-219-пер

Москва

Об утверждении стандарта Государственной корпорации по космической деятельности «Роскосмос» СТО ГК Роскосмос 1001-2019 «Система стандартизации Госкорпорации «Роскосмос». Фото- и видеодокументирование процессов при изготовлении и эксплуатации изделий ракетно-космической техники. Основные требования»

В целях развития системы стандартизации Государственной корпорации по космической деятельности «Роскосмос» (далее – Корпорация):

1. Утвердить и ввести в действие с 1 июля 2019 г. стандарт Корпорации СТО ГК Роскосмос 1001-2019 «Система стандартизации Госкорпорации «Роскосмос». Фото- и видеодокументирование процессов при изготовлении и эксплуатации изделий ракетно-космической техники. Основные требования» (далее – Стандарт).

2. ФГУП ЦНИИмаш в срок до 1 июля 2020 г. провести анализ предложений и замечаний, поступивших в установленном порядке от организаций Корпорации по результатам внедрения Стандарта, и представить в Корпорацию проект распоряжения Корпорации об утверждении изменений в Стандарт (новой редакции Стандарта) или его отмене (при необходимости).

Заместитель генерального директора
по ракетостроению, эксплуатации
наземной космической инфраструктуры,
обеспечению качества и надежности

А.П.Лопатин

0001786

Ил. Назаров Эдуард Александрович
Тел.: +7 (495) 631-90-09, 206, 26-23



УДК 629.78:006

Круглов И.А., Рябчиков П.В.

(ФГУП «НПО «Техномаш»)

Результаты авторского надзора в эксплуатирующих организациях

Статья посвящена результатам проведения авторского надзора в эксплуатирующих организациях ракетно-космической промышленности, а также выявлению и устранению замечаний, решению проблемных вопросов, позволивших предотвратить возможность возникновения аварийных ситуаций при подготовке к запуску изделий ракетно-космической техники. Материалы статьи представляют интерес для специалистов ракетно-космической промышленности в области качества и надежности, а также для разработчиков изделий ракетно-космической техники и других специалистов ракетно-космической промышленности. Выполненная работа по проведению авторского надзора в эксплуатирующих организациях направлена на обеспечение и поддержание качества изделий ракетно-космической техники.

Ключевые слова: авторский надзор, авторский надзор в процессе эксплуатации, участники авторского надзора.

Федеральной космической программой России на 2016–2025 гг. (ФКП России на 2016–2025 гг.) предусмотрено выполнение работ (услуг) авторского надзора (АН) в эксплуатирующих организациях в соответствии с ГОСТ РВ 0015-704-2008. Система разработки и постановки продукции на производство. Военная техника. Авторский надзор в процессе эксплуатации изделий. Основные положения.

Проведение АН в процессе эксплуатации изделий ракетно-космической техники (РКТ) обусловлено необходимостью обеспечения реализации требований правовых и планово-распорядительных документов Правительства Российской Федерации и Госкорпорации «Роскосмос», в том числе Положения РК-98-КТ Положение о порядке создания, производства и эксплуатации (применения) космических комплексов и Положения РК-11-КТ Положение о порядке создания, производства и эксплуатации (применения) космических комплексов, и является одной из составляющих обеспечения и поддержания требуемого качества и надежности, заложенных в тактико-технических заданиях изделий ракетно-космической техники (РКТ).

АН при эксплуатации изделий РКТ является важным элементом обеспечения соблюдения требований конструкторской и технологической

документации и заключается в контроле изменения технического состояния, разработке и выполнении технических мероприятий по поддержанию и восстановлению необходимого качества.

В 2016–2018 гг. ФГУП «НПО «Техномаш» являлось головной организацией по проведению АН в процессе эксплуатации на основании государственного контракта с Госкорпорацией «Роскосмос».

Мероприятия по АН выполнялись организациями-разработчиками изделий РКТ: ПАО «РКК «Энергия», АО «РКЦ «Прогресс», АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева», АО «НПО Лавочкина» в качестве соисполнителей работ под контролем и методическим сопровождением ФГУП «НПО «Техномаш».

Привлечение ФГУП «НПО «Техномаш» обуславливалось следующими причинами:

- осуществление принципа независимости контроля за выполнением мероприятий, поскольку предприятие не является ни разработчиком изделий, ни эксплуатирующей организацией;
- большой опыт проведения аудитов, наличие подготовленных кадров, что позволяет осуществлять работы по планированию мероприятий;
- оказание методической помощи организациям-соисполнителям. Данная работа организо-



УДК 621.78:658.5

Рябчиков П.В., Устьянцев Е.В., Зуева А.А.

(ФГУП «НПО «Техномаш»)

Разработка системы сертификации производства организаций-изготовителей РКТ

Статья посвящена проблемам совершенствования отраслевой системы сертификации изготовителей космической техники. Положения статьи актуальны и представляют интерес для специалистов ракетно-космической отрасли в области качества и специалистов, осуществляющих деятельность в области Федеральной системы сертификации ракетно-космической техники и лицензирования космической деятельности. Предложенные решения направлены на обеспечение и поддержание качества и надежности изделий космической техники.

Ключевые слова: отраслевая система сертификации изготовителей, система сертификации производства, орган по сертификации.

Важность и значительное увеличение объема и номенклатуры задач, решаемых изделиями ракетно-космической техники (РКТ), их высокая стоимость и значительный материальный ущерб, наносимый при отказах и авариях космических аппаратов (КА), выдвигают вопросы обеспечения качества, надежности и безопасности изделий РКТ в число важнейших научно-технических проблем. В связи с этим, актуальность разработки системы оценки соответствия (подтверждение требований) производства организаций-изготовителей космической техники на сегодняшний день крайне высока.

Такая система разрабатывается в рамках создаваемой Госкорпорацией «Роскосмос» новой системы оценки соответствия в ракетно-космической отрасли в виде сертификации. Разработка системы сертификации производства организаций-изготовителей поручена ФГУП «НПО «Техномаш» как будущему отраслевому органу сертификации производства.

В ходе работы по созданию системы проанализированы существующие системы сертификации производства в высокотехнологичных отраслях, таких как авиация, атомная энергетика и железнодорожный транспорт. Именно в них, связанных с «научоёмкой», сложной технической продукцией, несоответствия которой могут привести к катастрофическим последствиям и большим экономическим потерям, сертификация производства получила наибольшее развитие.

По результатам работ с учётом особенностей производства РКТ разработан комплект документации системы сертификации производства организаций-изготовителей космической техники.

Объектами сертификации в разработанной системе являются процессы производства изде-

лий и составных частей РКТ, ракетно-космических и воздушно-космических комплексов.

Требования к объектам устанавливаются в новом стандарте Госкорпорации «Роскосмос», разрабатываемого специалистами ФГУП «НПО «Техномаш».

Для обеспечения прозрачности работ эксперта по сертификации разработана методика оценки производства по балльной системе. Системой предполагается, что при проведении аудита эксперты заполняют чек-листы с указанием баллов по каждому элементу. Общая оценка, набранная организацией-изготовителем, выводится путём суммирования оценок по всем элементам. На ее основании органом по сертификации принимается решение о выдаче или отказе в выдаче сертификата соответствия. Общее количество баллов влияет на срок выдачи сертификата, периодичность инспекционного контроля, и возможные штрафы и преференции.

Разработанный комплект документов апробирован в рамках проведения опытной сертификации производства двух организаций-изготовителей, ведущих предприятий ракетно-космической отрасли: ПАО «Протон-Пермские моторы» и ФГУП «ОКБ «Факел». Результаты опытной сертификации – положительные. По итогам апробации разработанные документы доработаны ФГУП «НПО «Техномаш» и приняты Госкорпорацией «Роскосмос».

Внедрение системы сертификации производства организаций-изготовителей РКТ позволит повысить способность производства обеспечить стабильность характеристик изготавливаемой продукции и снизить риски негативных последствий, в том числе и финансовые риски из-за возможных дефектов и отказов изделий РКТ.

УДК 621:001.895

*Краснова Е.В., Саушкин Б.П.**(¹ФГУП «НПО «Техномаш», ²ФГБОУ ВО «Московский политехнический университет»)*

Инновационная деятельность в машиностроении. Понятийный аппарат

Неоднозначная трактовка основополагающих понятий инновационной деятельности затрудняет создание механизма для развития предприятий. В данной работе рассмотрены основные термины и определения, используемые в машиностроительной практике.

Ключевые слова: инновации, инновационная деятельность, инновационная эффективность, инновационная среда, инновационный потенциал, инновационная активность.

Инновационная деятельность машиностроительного сектора экономики рассматривается как основной механизм его восстановления и развития в рамках стратегии реиндустриализации и реструктуризации [1]. Данный вид деятельности связан с появлением новых взаимосвязей и взаимопроникновением экономических, социальных и технических наук, созданием и развитием специфического понятийного аппарата [2, 3].

Вместе с тем, понимание и использование отдельных понятий и терминов инновационного менеджмента сталкивается с их неоднозначным толкованием, как в практической деятельности, так и в специальной литературе, что связано со сложностью интерпретации категориального аппарата. Один из путей разрешения этого противоречия – использование в каждой конкретной сфере профессиональной деятельности того толкования смежных экономических категорий, которое определяет направление, цели, предмет изучения, оценки и управления инновационным развитием. В связи с этим в работе рассмотрены основные термины и определения, используемые в практике инновационных разработок специалистов машиностроения.

Анализ литературных данных показывает, что понятийный аппарат инновационной деятельности и связанных с ней дисциплин ещё только создается: ряд терминов и определений носят неоднозначный характер и по-разному трактуются в [4–7]. Это положение касается, прежде всего, неоднозначности определения понятия *инновации*. Инновации рассматривают, как про-

цесс или результат осуществления процесса, или структурные изменения производственной системы, или организацию таких изменений путём вложения ресурсных средств.

Вместе с тем, понятие «*инновация*» получило широкое распространение и является лингвистической основой целого ряда основных базовых терминов и определений, используемых в машиностроительном производстве, которые требуют определения, уточнения и пояснения с учётом их наиболее употребительного применения, действующих стандартов и справочников.

Инновационная деятельность (ИД) – процесс, направленный на разработку и трансформацию результатов законченных научных исследований и разработок либо иных научно-технических достижений в новый или усовершенствованный товарный продукт, в новый или усовершенствованный технологический процесс, используемый в практической деятельности, а также в связанные с этим дополнительные научные исследования и разработки [9]. Это определение носит конкретный практический характер и адаптировано к использованию в областях, связанных с промышленным производством.

С другой стороны, ИД понимают, как совокупность мероприятий либо деятельность (включая научную, технологическую, организационную, финансовую и коммерческую), направленную на реализацию инноваций в форме инновационных проектов, а также на создание инновационной инфраструктуры и обеспечение ее деятельности, поддержание функционирования на всех уровнях управления [5].

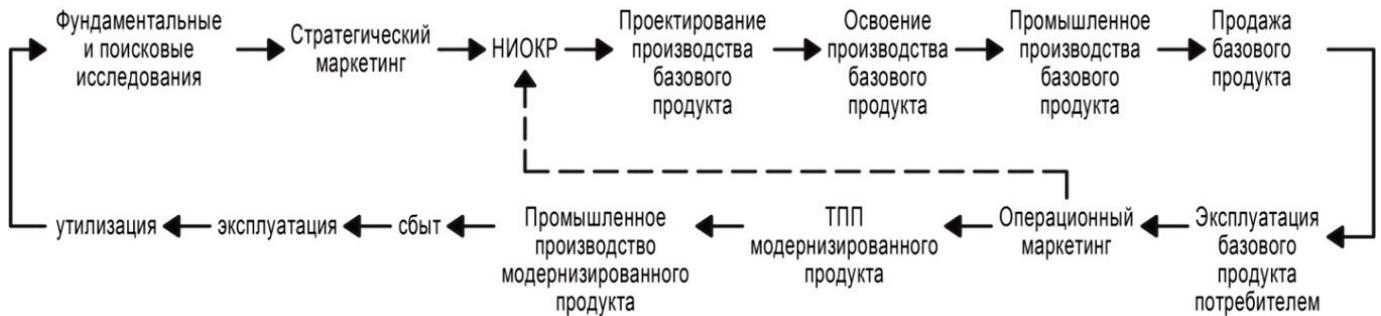


Рис. 1. Схематическое представление инновационного процесса

ИД включает все научные, технологические, организационные, финансовые и коммерческие мероприятия, которые фактически или по замыслу ведут к реализации инноваций. Некоторые из этих видов деятельности могут быть инновационными по своей сути, тогда как другие не содержат новизны, но необходимы для осуществления инновации [8]. Многогранность и многоаспектность ИД схематически показана на рис. 1.

В связи с необходимостью управления ИД принципиальную значимость приобретает вопрос об оценке и анализе ее эффективности.

Инновационная эффективность – комплексный показатель, отражающий экономический, научно-технический, социальный, информационный и экологический результаты ИД. В результате получения экономического эффекта в форме прибыли осуществляется комплексное развитие организации, а остальные составляющие отражают потенциальный экономический эффект. Таким образом, экономический эффект ИД является основным критерием и основанием для управленческих решений в этой сфере.

Система показателей эффективности ИД [8] графически представлена на рис. 2. В ней использованы обобщённые показатели эффективности ИД, включающие в себя частные (единичные показатели).

Таким образом, при оценке эффективности ИД используют комплексный подход, включающий в себя применение, как классических финансово-экономических показателей, так и специфических показателей, отражающих ИД в данной области [9].

Инновационное поле – среда реализации инновационного процесса, включающая в себя субъекты инновационного процесса, условия его

протекания, результаты и действия, прямо или косвенно связанные с инновациями. Инновационное поле описывает множество инноваций разной степени готовности, перспективности и полезности.

Близким по смыслу является понятие «*инновационная среда*», в основе которого лежат несколько основополагающих аспектов [10]:

- совокупность отношений экономических субъектов, направленных на генерирование нового знания, новых процессов и новых продуктов;

- инновационная среда на уровне организации определяется как сочетание внешних и внутренних факторов участника инновационного процесса. Внешние факторы трактуются как технико-экономические предпосылки инновационного развития и близки понятию «инновационный климат», а внутренние – компоненты инновационного потенциала организации, то есть ресурсы организации и возможности их использования;

- инновационная среда – это организационно-производственные отношения, обладающие способностью генерировать синергетический эффект.

Инновационный потенциал является одной из базовых характеристик инновационного процесса. В соответствии с ГОСТ Р 54147-2010 «Стратегический и инновационный менеджмент. Термины и определения» *инновационный потенциал* (ИП) – совокупность различных видов ресурсов, включая материальные, финансовые, интеллектуальные, информационные, научно-технические и иные ресурсы, необходимые для осуществления ИД. Иными словами, под ИП понимают материальные, интеллектуальные,

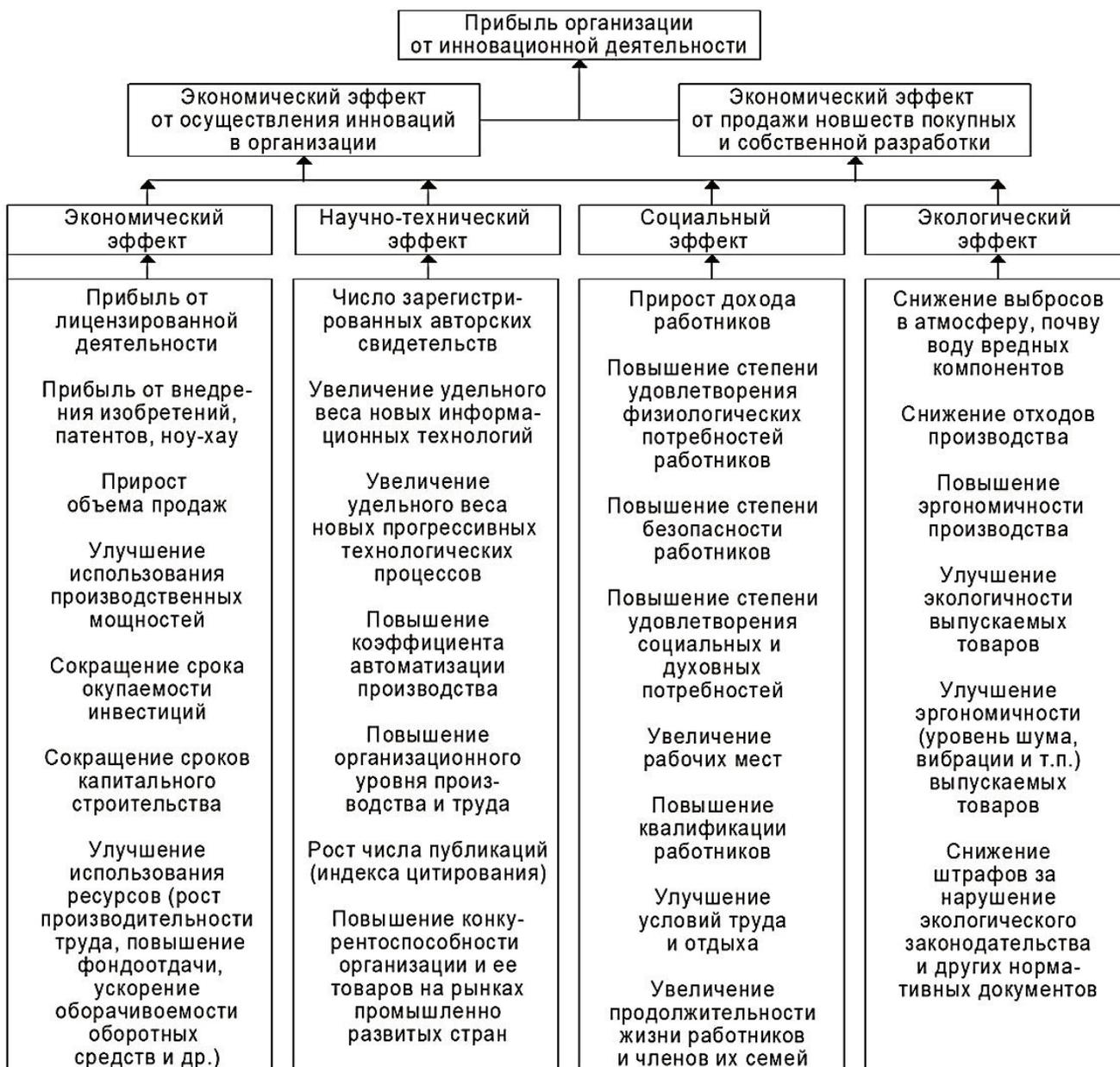


Рис. 2. Система показателей эффективности ИД

кадровые, финансовые и прочие возможности производственной или социально-экономической структуры (отрасли, предприятия, региона), позволяющие эффективно вовлекать новые технологии в хозяйственную практику. Несмотря на определяющий характер этого понятия в ИД, общепринятого определения ИП нет, в литературе имеется много различных трактовок (табл. 2) [3].

Иногда, ИП рассматривают как одну из составляющих общего потенциала предприятия и определяют как совокупность внутренних и внешних факторов производственной среды, которые, при определённых условиях, могут быть

использованы для динамичного развития предприятия.

Примем для дальнейшего обсуждения развёрнутое определение, которое представляет *ИП предприятия, как совокупность ресурсов, образующих единую систему генерации и развития идей, обеспечивающих конкурентоспособность конечной продукции или услуг в соответствии с целью и стратегией предприятия.*

Функция ИП предприятия представляется, как мобилизация ресурсных возможностей на повышение его конкурентоспособности (результативности деятельности, гибкости и устойчивости).



Поэтому, целью оценки ИП промышленного предприятия является определение направлений инновационного развития, обеспечивающих возможности перехода предприятия на выпуск конкурентоспособной продукции при существенном повышении своей устойчивости и гибкости по отношению к переменам во внешней среде [11].

Инновационная активность (ИА) – способность экономических субъектов производить, реализовывать и принимать результаты ИД, обращающиеся на инновационном поле, оцениваемая объёмом ресурсов, затрачиваемых экономическими агентами разного уровня на реализацию инновационных проектов [12].

В некоторых работах *ИА рассматривается как элемент инновационной эффективности*, отражающий валовые затраты на ИД.

Выделяют некоторые характерные особенности понятия ИА:

- деятельность, направленная на достижение стратегических преимуществ и повышение конкурентоспособности на основе постоянства управления развитием ИД предприятия;

- деятельность отражает эффективность и регулярность реализации инновационных проектов, выраженных в приращении новизны (ΔN) на конкурентоспособном отрезке времени (Δt) с учётом обязательности достижения технико-технологических и экологических параметров реализуемой продукции в условиях конкуренции;

- совокупность производственных работ по освоению новых или усовершенствованию существующих видов продукции и технологических процессов; по приобретению прав на патенты, лицензий на использование изобретений; реализации научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ;

- ИА характеризует комплексную интенсивность ИД: своевременность реализации инновационных проектов; способность мобилизовать необходимый потенциал; правомерность и прогрессивность применяемых технологий, рациональность технологических цепочек инновационных проектов по составу и последовательности их процессов и операций. Данное понятие также употребляется в значении «интенсивность», при этом подчёркивается, что исследуемая экономическая категория отражает интенсивность ново-

введений и развития ИП предприятия;

- реализация проектов по разработке и рыночной реализации инновационных решений на базе креативного потенциала коллектива предприятия.

Таким образом, инновационная активность – комплексная характеристика предприятия, отражающая степень интенсивности его действий по трансформации нововведений в востребованную продукцию, способность мобилизовать ИП через креативные способности работников.

Инновационная результативность – совокупность реальных результатов реализации инновационных проектов, выражаемая множеством новых изделий, лицензий, патентов. Это элемент инновационной эффективности, отражающий полученный реальный инновационный эффект. В качестве интегрального показателя, характеризующего эффективность ИД, часто используют коэффициент результативности ИД.

Отношение инновационной результативности к ИА позволяет оценить совокупную и индивидуальную инновационную эффективность предприятия [12].

Инновационная восприимчивость (ИВ) – способность создавать и применять технологические новшества либо готовность и способность того или иного предприятия (организации) осуществить впервые и воспроизвести (воспринять) новацию. Несмотря на отсутствие единого определения этого термина и интуитивную интерпретацию, многие авторы выделяют его в отдельную категорию и отводят ему значительную роль в ИД [13]. Выделяют следующие характеристики ИВ экономических субъектов:

- комплексный характер показателя, включающего в себя: способность обнаружить инновации в инновационном поле, различить и идентифицировать их отдельные признаки, выделить те из них, которые адекватны цели деятельности предприятия, принять инновацию к использованию в целях повышения своей конкурентоспособности, эффективно реализовать ее в конкретных условиях своей деятельности;

- охват сферы ИД, непосредственно связанной со способностью предприятия воспринять новшества.

Считают, что понятие «инновационная восприимчивость» содержательно шире, чем понятия ИП



и ИА, так как оно включает в себя не только особенности внутренней среды предприятия, но учитывает влияние на ИД факторов внешней среды. ИВ субъекта экономической деятельности зависит от внутренних и внешних факторов. К внутренним факторам относят наличие благоприятных экономических, организационных, психологических, кадровых и технических условий для инноваций. К внешним факторам – степень развития рыночных отношений, состояние финансово-экономического сектора, социально-экономические и политические факторы, наличие или отсутствие благоприятного инновационного климата и поддержки со стороны государства, позиции предприятия в отрасли; характеристики состояния самой отрасли, развитостью соответствующей инфраструктуры.

Обобщая имеющиеся подходы к определению категории ИВ, выделяют ее следующие особенности:

- инновационный потенциал является частью инновационной восприимчивости;
- инновационная активность – деятельностная основа инновационной восприимчивости;
- инновационная восприимчивость рассматривается как функция спроса;
- комплексная характеристика всего инновационного процесса.

Заметим, что в некоторых работах, *ИВ* рассматривают как *составную часть ИП*, отражающую способность предприятия реализовать и применять новации.

ИВ находит отражение:

- в высокой конкурентоспособности предприятия;
- в относительно устойчивом характере его развития;
- в высоком качестве и потребительских свойствах конечной продукции;
- в высоком технико-экономическом уровне производства.

Традиционный подход к ИД предприятия расширяется за счет обоснования и введения нового понятия «инновационная состоятельность» [8].

Инновационная состоятельность – свойство субъекта экономической деятельности, позволяющее успешно и длительно функционировать на рынке, сконцентрировав свою деятельность на разработке и реализации новшеств.

Это свойство проявляется в следующем:

- максимальном использовании ИП в процессах НИОКР;
- повышении ИА, выраженной в увеличении объемов и темпов проведения НИОКР, продвижении наукоемкой продукции на рынке и сокращении времени от НИОКР до поставок покупателю;
- повышении скорости ИВ, выражаемой в сокращении времени между определением потребности общества в инновациях и сбыта инновационной (наукоемкой) продукции;
- повышении объемов производства востребованной обществом наукоемкой продукции;
- снижении стоимости НИОКР при неизменной стоимости производства наукоемкой продукции, что приводит к снижению себестоимости создания наукоемкой продукции в целом;
- рутинизации инновационных проектов, обеспечивающей адаптацию предприятия к условиям новой индустриализации.

Бытует мнение, что инновационная состоятельность наукоемкого промышленного предприятия является наиболее ёмким понятием, включающим в себя понятия ИП, ИА и ИВ, которые в совокупности по своему содержанию отражают эволюционное и поэтапное развитие ИД предприятия. В условиях новой индустриализации для устойчивого поступательного развития предприятию необходимо пройти последовательно все названные выше стадии инновационного развития.

Суммируя изложенное, можно сделать следующие выводы:

1. Инновационная деятельность субъектов экономической деятельности описывается системой основных базовых понятий, соподчинённость которых описывается отношением включения:

$$ИП \rightarrow ИА \rightarrow ИВ \rightarrow ИС.$$

Следует отметить, что такое представление не является единственно возможным, и дальнейшие исследования позволят уточнить представленную модель.

2. Результатом ИД является устойчивое развитие субъекта ИД, которое схематически описывается цепочкой целей

$$ИД \rightarrow КС \rightarrow ЭБ \rightarrow УР,$$

где *КС* – конкурентоспособность, *ЭБ* – экономическая безопасность, *УР* – устойчивое развитие» [11].



3. Выделенные базовые понятия ИД применяются на различных уровнях:

– индивидуальном, с точки зрения наличия у человека способности генерировать идеи, обучаться, экспериментировать, понимать значимость инноваций и необходимость их для экономического развития регионов социально-экономических систем;

– технического (технологического) проекта, разрабатываемого в рамках инновационной деятельности предприятия;

– предприятия, с точки зрения наличия достаточных ресурсов для реализации инновационных проектов;

– производственных объединений и отраслей, с точки зрения инвестиционной привлекательности промышленных инноваций и структурно-организационных характеристик производственных систем, обеспечивающих их инновационную адаптируемость к конкурентной среде;

– социально-экономических общественных объединений, с точки зрения осознания большинством граждан потребности в инновационном развитии региональной и национальной экономики.

Список литературы:

1. Сухарев О.С., Стрижакова Е.Н. Индустриальная политика и развитие промышленных систем. М.: Ленанд, 2015. 160 с.

2. Моргунов Ю.А., Саушкин Б.П. Машиностроение в условиях инновационной парадигмы развития производственных систем. М.: МосПолитех. 2019. 330 с.

3. Моргунов Ю.А., Саушкин Б.П., Шандров Б.В. Развитие понятийного аппарата технологии машиностроения // Справочник. Инженерный журнал с приложением. 2016, №4 (229). С. 3–7.

4. Руководство Осло. Рекомендации по сбору и анализу данных по инновациям. Совместная публикация ОЭСР и Евростата // Пер. русс. язык. – М.: Центр исследований и статистики науки, 2006. 192 с.

5. Большакова Е.А. Формирование понятийного аппарата в системе инновационной деятельности предприятия // Ярославский педагогический вестник, 2012. №1. С. 100–103.

6. Иваницкая А.Е., Дмитриев Ю.А. Развитие понятийного аппарата в инновационной деятель-

4. Исходным и основополагающим понятием является понятие ИП субъекта ИД, описание и оценка которого составляют предмет [14, 15]. Несмотря на значительное количество исследований, вопросы объективной оценки величины ИП машиностроительных предприятий освещены недостаточно, не обоснованы критерии и показатели для такой оценки; отсутствует единое мнение по вопросу о содержании и структуре ИП; практически отсутствует инструментарий для принятия эффективных управленческих решений, связанных с ИД предприятий.

5. Несмотря на то, что инновационная деятельность основывается на междисциплинарных исследованиях, привлечении и развитии конвергентных наук, ее понятийный аппарат формируется, преимущественно, специалистами гуманитарного профиля. Очевидно, что вовлечение в этот процесс представителей точных, в том числе технических, наук позволит корректно сформулировать или скорректировать основные базовые понятия и определения, в большей степени формализовать модель такой деятельности.

ности предприятий // Организатор производства, 2014. № 2. С.71–78.

7. Круглов В. Н., Пауков С. А. Вопросы становления и развития понятийного аппарата инновационного процесса // Концепт. 2016. Т. 49. С. 1–10.

8. Мыслякова Ю.Г., Кислов Р.С. Формирование инновационной состоятельности промышленного предприятия // Креативная экономика, 2016. Том 10. № 2. С. 123–140.

9. Сафронов Д.М. К вопросу об оценке эффективности инновационной деятельности предприятия // Инновации и менеджмент, 2014. 2. С. 83-87.

10. Томилина Я.В. Процесс формирования инновационной среды организации // Фундаментальные исследования, 2014. № 6-2. С. 335–339.

11. Матузова И.В. Методика оценки инновационного потенциала промышленного предприятия. Теоретическое обоснование стратегий инновационного развития промышленных пред-



ФГУП «НПО «ТЕХНОМАШ»
г. Москва
3-й проезд Марьиной Рощи, д.40
www.tmnpo.ru