



НПО ТЕХНОМАШ



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ БЮЛЛЕТЕНЬ

ВЕСТНИК «НПО «ТЕХНОМАШ»

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ БЮЛЛЕТЕНЬ
ВЕСТНИК «НПО «ТЕХНОМАШ»

Учредитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
«НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ «ТЕХНОМАШ»

Генеральный директор: Д. В. Панов
Первый заместитель генерального директора: И. С. Рубцов
Заместитель генерального директора по научной работе: А. В. Бараев

Редакционная коллегия:

Д.В. Панов
И.С. Рубцов
А.В. Бараев
Х.И. Бичурин
Е.Ю. Миненко
Д.А. Муртазин
В.А. Исаченко
Ю.П. Астахов
Ю.М. Должанский
Т.В. Наумов

Экспертная комиссия №1:

А.Н. Михайлов
К.Г. Данилова

Выпускающий редактор

Г.А. Аношкина

Научный редактор

В.Г. Бещеков

Верстка

С.О. Брылёв

Отпечатано в ООО «КЛУБ ПЕЧАТИ»
127018, Москва, 3-й проезд Марьиной рощи, д. 40, к. 1
Тел.: +7 (495) 669-50-09
www.club-print.ru

На сайте ФГУП «НПО «Техномаш» <http://www.tmnpo.ru> в открытом доступе представлены:
электронная версия, содержание, аннотации и необходимая информация об авторах

Адрес: 127018, г. Москва, 3-й проезд Марьиной Рощи, дом 40, ФГУП «НПО «Техномаш»
Телефон: +7 (495) 689-95-04, факс: +7 (495) 689-73-45
E-mail: info@tmnpo.ru, web-site: <http://www.tmnpo.ru>

Тираж: не более 999 экз.



СОДЕРЖАНИЕ

<i>Панов Д.В.</i> Обращение к читателям	5
♦ ТЕХНОЛОГИЯ ЗАГОТОВИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА	
<i>Вайцехович С.М., Панов Д.В., Емельянов В.В.</i> Технология прессования брикетов из порошков тугоплавких химических соединений для модифицирования жаропрочных сплавов	6
<i>Бецеков В.Г., Кулик В.И., Маркин К.Н., Бочаров Ю.А., Синякова Т.И.</i> Сферодинамическое аддитивное формообразование	8
<i>Вайцехович С.М., Бараев А.В., Кривенко Г.Г.</i> Разработка оборудования для подачи-удаления крупногабаритных заготовок в зону штамповки и обратно	10
<i>Овечкин Л.М., Кривенко Г.Г., Емельянов В.В., Харсеев В.Е.</i> Разработка технологии изготовления поковок корпуса турбины из труднодеформируемого жаропрочного сплава ЭП666-ВД	13
♦ ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ И ПАЙКИ	
<i>Соколов С.А., Цветков С.Е., Кулик В.И., Степанов В.В., Благутина Л.Л.</i> Технология изготовления сотовых панелей из высокопрочных сталей	16
<i>Гордиенко И.С., Парфенов А.К., Вдовина И.Ю.</i> Оборудование для автоматизированной пайки и термообработки изделий	18
<i>Кулик В.И., Коротков А.Н., Степанов В.В., Любченко В.А., Хмылов Г.И., Цветков С.Е.</i> Технология и оборудование для высокотемпературной вакуумной пайки алюминиевых теплообменников	20
<i>Чичков С.А., Илюшкин В.Ю.</i> Новое поколение малогабаритных головок для орбитальной сварки трубопроводов диаметром 25-45 и 45-70 мм	22
<i>Кулик В.И., Смирнов А.Г., Сушко В.М., Чубанов А.С., Смирнов А.В.</i> Отечественные сварочные источники для предприятий отрасли	25
♦ ТЕХНОЛОГИЯ ИСПЫТАНИЙ И НЕРАЗРУШАЮЩИХ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ	
<i>Кологов А.В., Соловьев В.Н.</i> Средства очистки изделий РКТ. Поиск альтернативы хладонам	26
<i>Бичурин Х.И., Машков В.Н.</i> Химический состав многофункциональных алмазных покрытий	27
<i>Кологов А.В., Соловьев В.Н., Барышников В.И.</i> Исторические аспекты применения единиц измерений в гелиевом течеискании	32
<i>Миляченко А.А., Нейжмакова А.Е., Фадин А.С., Штылин А.А.</i> Новое инновационное оборудование для неразрушающего контроля качества сварных соединений в труднодоступных местах ДСЕ ЖРД	34
<i>Борзихин В.В., Лапин В.В., Миляченко А.А., Фадин А.С.</i> Автоматизированные системы ультразвукового контроля деталей цилиндрической формы	35
<i>Усов Г.Л., Кологов А.В., Венгерский Э.В.</i> Опыт использования математического моделирования рабочих процессов в системах подачи топлива к ракетным двигателям	37
♦ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И ВАКУУМНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	
<i>Савельев А.А., Зеленов М.С., Перевозников А.Ю.</i> Специальные технологические модули для нанесения в вакууме кислородсодержащих модифицирующих покрытий	41
<i>Астахов Ю.П., Чуйков Е.Н., Бецеков В.Г., Митрюшин Е.А.</i> Установка для нанесения композиционных гальванических покрытий	43



♦ КОНСТРУКТОРСКИЕ РАЗРАБОТКИ

Виденкин Н.А., Е.В. Кочкин Е.В., Матвеев Е.В.

Методика определения компонентов тензора инерции КА на комбинированном автоматизированном стенде44

Виденкин Н.А., Е.В. Кочкин Е.В., Матвеев Е.В.

Расчёт метрологических параметров стендов определения координат центра масс космического летательного аппарата47

Кулик В.И., Маркин К.Н., Зубачёв А.Н., Бецеков В.Г., Бочаров Ю.А., Синякова Т.И.

Универсальный узел для сверления наклонных отверстий в деталях сварочных головок52

♦ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Галкин Н.А., Гаврин Д.С., Фомин Е.Ю., Пожидаев С.С., Утешев С.И.,

Семёнов И.А., Серов Е.В., Дергачева Е.С.

Укрупнённый расчёт трудоёмкости изготовления ракет-носителей с последовательным и смешанным расположением ступеней54

Поморцев П.М., Киреев Д.Г., Смык С.В., Портнов Е.Д.

Результаты мониторинга состояния изменений в организациях РКП в 2016 году56

Сафоник И.В., Ковков Д.В., Саватюгин Б.Г., Петров В.Р., Александров И.В.

Пути инновационного развития системы управления инвестиционными проектами, направленными на создание, совершенствование и восстановление наземной инфраструктуры космической отрасли.....58

Николаев В.Д., Лукьянчик В.В., Кондратенко А.Н.,

Гапоненко О.В., Кузин А.И., Олексенко И.А.

Инвентаризация НИОКР и инвестиционных проектов, реализуемых в рамках ФЦП, как инструмент приоритизации программных мероприятий61

♦ ЭЛЕКТРОННАЯ ПАСПОРТИЗАЦИЯ

Бараев А.В., Должанский Ю.М., Камалдинов А.М., Кологов А.В.,

Коротков А.Н., Кривенко Г.Г., Кулик В.И.

Информационные электронные паспорта на технологии и специальное оборудование, разработанные ФГУП «НПО «Техномаш» в 2016 году.....66

Бараев А.В., Должанский Ю.М.

Электронная паспортизация специального оборудования и производственных технологий, разработанных ФГУП «НПО «Техномаш» в 2010–2015 гг.72

♦ ИСТОРИЯ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

Чичварин В.Ф.

К 60-годовщине создания первой межконтинентальной крылатой ракеты «Буря»76

Чичварин В.Ф.

К 30-годовщине первого пуска ракеты-носителя «Энергия» с комическим аппаратом «Полюс»79

♦ УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!

Третий выпуск научно-технического бюллетеня «Вестник «НПО «Техномаш» приурочен к важному событию, Четвёртых Афанасьевских чтений – крупному отраслевому форуму, на котором, уже по сложившейся традиции, происходит обсуждение важнейших проблем, стоящих перед российской ракетно-космической отраслью, обмен мнениями, выработка перспективных решений и согласование дальнейших действий по выполнению ключевых заданий в рамках Федеральной космической программы.

В 2014 году ФГУП «НПО «Техномаш» обратилось к предприятиям ракетно-космической промышленности с инициативой о регулярных Афанасьевских чтениях, которые предлагалось проводить ежегодно в августе, в день рождения Сергея Александровича Афанасьева – легендарного «космического министра», человека, стоявшего у истоков отечественной ракетно-космической отрасли. Именно он заложил те базовые принципы работы ведущих головных предприятий, создал знаменитую «афанасьевскую школу», благодаря которым наша страна и по сей день остается бесспорным лидером в исследовании космоса и развитии научно-производственной базы создания и эксплуатации ракетно-космической техники.

В 2018 году мы будем отмечать вековой юбилей со дня рождения Сергея Александровича Афанасьева. Его жизнь стала частью эпохи, частью великой истории нашей Родины – страны, давшей миру первый космический спутник и первого в мире человека, преодолевшего земное притяжение. Именно Афанасьев, начав работу «с нуля», объединив под единым началом многие научно-исследовательские институты и конструкторские бюро, работающие над созданием ракетно-космической техники, добился решения ключевой государственной задачи – достижения паритета ракетно-ядерных сил в мире.

«Эпоха Афанасьева» не прошла до сих пор. Она продолжается. Да, теперь перед нами стоят совершенно другие задачи. Мы активно осваиваем цифровую экономику и аддитивные технологии, создаём и успешно применяем сложные инженеринговые проекты, проводим технологический аудит и реконструкцию огромных производств, да и всей отрасли в целом. Но, по-прежнему, в основе нашей работы, нашего взаимодействия с коллегами лежат важнейшие принципы системного ана-



лиза, научного подхода, тщательной реализации разработанных планов, которых неукоснительно придерживался «космический министр».

Я очень рад тому, что наша инициатива по проведению ежегодных Афанасьевских чтений нашла поддержку руководства Государственной корпорации по космической деятельности «РОСКОСМОС», наших коллег по ракетно-космической промышленности России, партнёров и единомышленников. С каждым годом форум, собираемый Афанасьевскими чтениями, становится все шире и представительнее. К предложениям и идеям, высказанным на многочисленных рабочих встречах и обсуждениях в рамках чтений, в отрасли относятся, как, мне кажется, с нарастающим интересом и вниманием.

Разрешите мне сердечно поприветствовать участников Четвёртых Афанасьевских чтений, пожелать плодотворной и эффективной работы и, конечно же, очередных побед и достижений в профессиональной деятельности.

Генеральный директор
ФГУП «НПО «Техномаш»

Д.В. Панов

♦ ТЕХНОЛОГИЯ ЗАГОТОВИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

УДК 629.78:621.762

Вайцехович С.М., Панов Д.В., Емельянов В.В.

Технология прессования брикетов из порошков тугоплавких химических соединений для модифицирования жаропрочных сплавов

Качество компактных брикетов, получаемых методами порошковой металлургии, зависит, в частности, и от точности дозирования исходных компонентов [1].

Основным инструментом разделения на порционные объёмы сыпучих сред является дозатор – устройство циклического действия, производящее выдачу отмеренного количества порошка из бункера. Дозирование по объёму проводится с помощью опрокидываемого мерного сосуда, поворачиваемого на определённый угол. Наиболее часто применяют роторный способ дозирования, при котором в качестве дозатора выступают равномерно расположенные на периферии валька, радиально сориентированные полости – камеры равного объёма.

Однако сам элемент регулирования объёма – мерное углубление ротора, способствует задержанию на стенках мерного элемента части объёма дозируемого материала, что приводит к неполному удалению порошка и к изменению его процентного состава при загрузке смесей сыпучих материалов, прежде всего наноразмерных порошков.

Основными факторами, влияющими на текучесть порошков, являются трение и механическое зацепление частиц между собой, что затрудняет их перемещение. С уменьшением размеров частиц текучесть порошков резко снижается, особенно при переходе исчисления дисперсности от микрометрической к нанометрической, что приводит к значительным увеличениям удельной поверхности частиц, шероховатости и усложнению их форм.

Для устранения указанных недостатков разработано устройство [2], в котором для устранения налипания порошка на стенки камеры использован излучатель гармонических колебаний (электровибратор), а для коагуляции порошковой смеси при прессовании – электромагнит периодического действия.

Разработана и изготовлена восьмипозиционная пресс-форма [3], включающая нижнюю 1 и верхнюю 2 половины. В верхней половине устанавливается устройство для загрузки дозированных порошковых материалов, содержащее бункер 3, плунжер 4, встроенный в роторный дозатор 5, контактирующий с излучателем гармонических колебаний 6 (электровибратор). В нижнюю половину пресс-формы устанавливается электромагнит периодического действия 7, располагающийся под нижним пуансоном 8, рабочей торцевой частью которого образует с внутренней полостью матрицы 9 камеру для прессования брикетов из порошкообразного материала (рис. 1 и 2).

Излучатель гармонических колебаний 6 предназначен для противодействия процессам комкования дозируемого

материала и налипания его на стенки бункера и ротора дозатора. Электромагнит периодического действия 7 – для принудительного перемещения плунжера 4 из верхней точки ротора 5 в его нижнее положение, что гарантирует перемещение всего объёма дозируемой порошковой смеси, которую требуется переместить в рабочую полость матрицы 9.

Излучатель гармонических колебаний (электровибратор) 6 включается при опускании верхней плиты 1 и выключается при её возврате в исходное положение. Электровибратор воздействует на ротор вынуждающей силой от 5 до 8 кг и рабочим моментом 0,05 до 0,15 кг·см в диапазоне частот от 50 до 60 Гц.

Электромагнит 7, как и электровибратор 6, работает при нахождении верхней плиты пресс-формы в крайнем нижнем положении. Величина магнитной индукции (индукционного поля), создаваемая электромагнитом 7 в 1 Тл, достаточна для перемещения плунжера 4 в крайнее нижнее положение.



Рис. 1 – Внешний вид компоновки вибратора и электромагнита

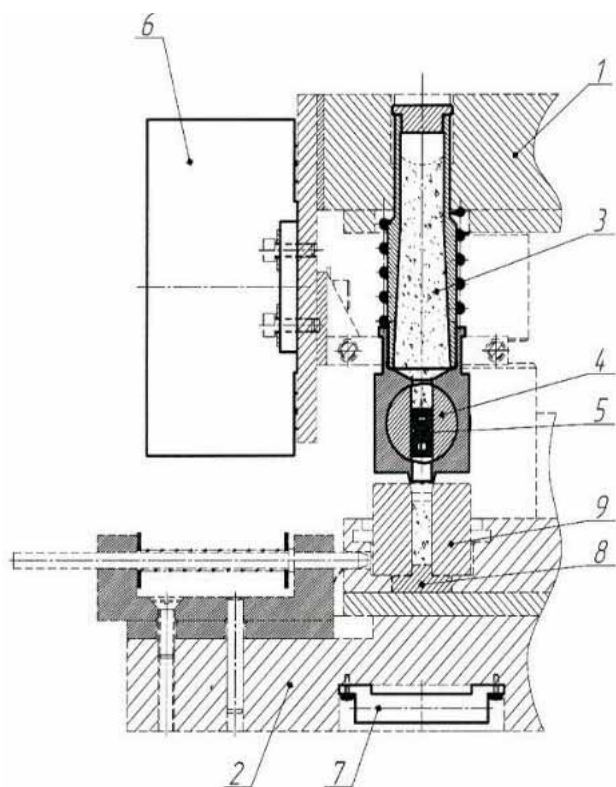


Рис. 2 – Схема конструктивного исполнения устройства дозирования

Кроме задачи притягивать плунжер 4, силовое поле электромагнита способствует направленному перемещению более мелких наноразмерных частиц порошка, приводящему к образованию конгломератов из разного вида порошков, соединённых между собой силами межмолекулярного взаимодействия непосредственно через прослойку, которая представляет собой дисперсионную среду – непрерывную фазу наноразмерных частиц, практически не смешиваемую с основным материалом и не реагирующую с ним химически. Дисперсная фаза – наноразмерные порошки распределяются вокруг основного материала порошковой смеси.

При проверке работоспособности устройства для загрузки дозированных порошковых материалов изготавливали брикеты в виде таблеток (рис. 3) габаритными размерами $\varnothing 10 \times 5$ мм из ультрадисперсного никеля (>150 нм) с различными наноразмерными модификаторами (<50 нм): карбидом вольфрама (W_xC_y) диоксидом циркония (ZrO_2) и карбонитридом титана ($Ti_xC_yN_z$), именуемые в дальнейшем наномодификаторами (НМ), пористостью 20 и 35%.

Результаты законченной работы опубликованы в международном научно-техническом журнале «Металлургия машиностроения» [4].

Выводы

Заданная плотность брикетов обеспечивается двумя факторами: конструкцией пресс-формы, позволяющей реализовать способ прессования порошкового материала

по принципу ограничения объёма по упору; повышением точности порционного дозирования за счёт доставки в матрицу всего объёма порошка, предназначенного для компактирования.



Рис. 3 – Внешний вид опытной партии таблеток компактного модификатора карбонитридом титана ($Ti_xC_yN_z$)

Список литературы

1. Вайцехович С.М. Технология изготовления твердосплавных режущих пластин методом СВС-баротермии / С.М. Вайцехович, В.М. Михалевич, В.А. Краевский // Порошковая металлургия. №3/4, 2013. С. 20–26. – ISSN 0032-4795.
2. Патент на полезную модель № 165 026 Российской Федерации МПК⁷ G01F 3/00, G01F11/00. Устройство для загрузки дозированных порошковых материалов / Панов Д.В., Вайцехович С.М., Кривенко Г.Г., Емельянов В.В., Овечкин Л.М., Прусаков М.А., опубл. 20.09.2016. Бюл. №26.
3. Патент на полезную модель №162 283 Российской Федерации МПК⁷ G01F 3/00, G01F11/00. Устройство для прессования порошков / Панов Д.В., Вайцехович С.М., Кривенко Г.Г., Емельянов В.В., Овечкин Л.М., Прусаков М.А. Бюл. №16.
4. Вайцехович С.М., Емельянов В.В., Скрыльникова А.Г. Технология таблетирования наноразмерных порошков тугоплавких химических соединений в брикеты заданной плотности для модифицирования жаропрочных сплавов в заготовительном производстве // Литейное производство, Металлургия машиностроения. Библиотечка литейщика. 2016, №6. С. 16–19.

УДК 621.073.7

Бещеков В.Г., Кулик В.И., Маркин К.Н., Бочаров Ю.А., Синякова Т.И.

Сферодинамическое аддитивное формообразование

Сферодинамическое аддитивное формообразование (послойное формообразование детали, автономные слои которой обладают независимыми функциональными структуро-чувствительными свойствами) базируется на эффекте сферодинамики [1], открытом в 1986 г. при разработке и создании нового поколения базовых элементов металло-плёночных датчиков механических величин для многоразового транспортного корабля «Энергия-Буран». Сущность открытия заключается в процессе холодного импульсного деформирования пуансоном заготовки, размещённой на опоре и платформе, причём опора спонтанно (без внешних причин) левитирует над платформой, становясь бесприводным источником реактивного деформирования (рис. 1, 2, 3).

Используя термин «технология» как **преобразование материала в продукт**, технология сферодинамического аддитивного формообразования путём послойного пере-

распределения объёма заготовки создаёт полуфабрикат, имеющий феноменологический (отсутствующий в природе) комплекс физических свойств в масштабе одного образца: «ферромагнетизм – парамагнетизм, пластичность – твёрдость, диффузионная активность – коррозионная стойкость», что даёт право говорить о создании нового направления в сфере аддитивных технологий по послойному перераспределению материала в пределах заготовки на базе бесприводного источника реактивного силового импульсного деформирования твёрдого тела.

Созданная технология внедрена при изготовлении нового поколения определяющих чувствительных элементов датчиков механических величин для изделия «Энергия-Буран» (АО «НИИФИ», г. Пенза) и получила мировое признание в виде шести золотых медалей и дипломов на Всемирном Салоне изобретений и промышленных инноваций «Брюссель-Эврика» (один Европатент, 64 патента РФ) (рис. 4, 5, 6).

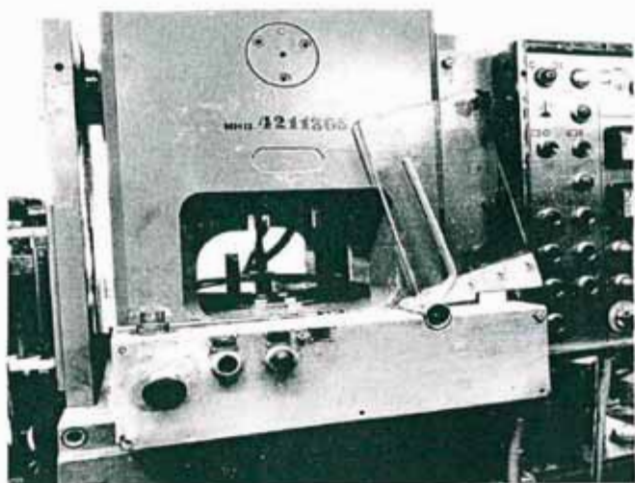


Рис.1 – Сферодвижный пресс PXW-160, Р=1,6 кН (Польша) 1986 г.



Рис.3 – Принципиальная схема реализации сферодинамического аддитивного формообразования



Рис.2 – Сферодинамическая штамповая оснастка

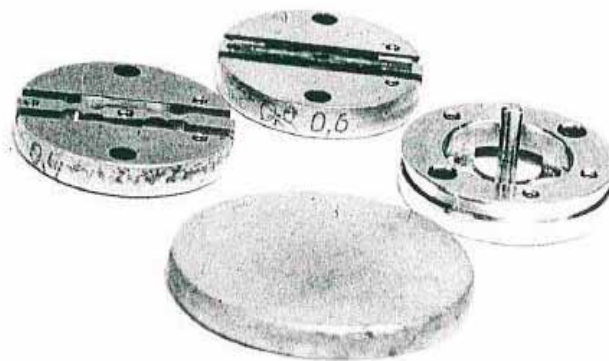


Рис.4 – Определяющие чувствительные элементы датчиков механических величин для изделия «Энергия-Буран»



Рис.5 – Датчик абсолютного давления многоразовых космических кораблей «Энергия-Буран»

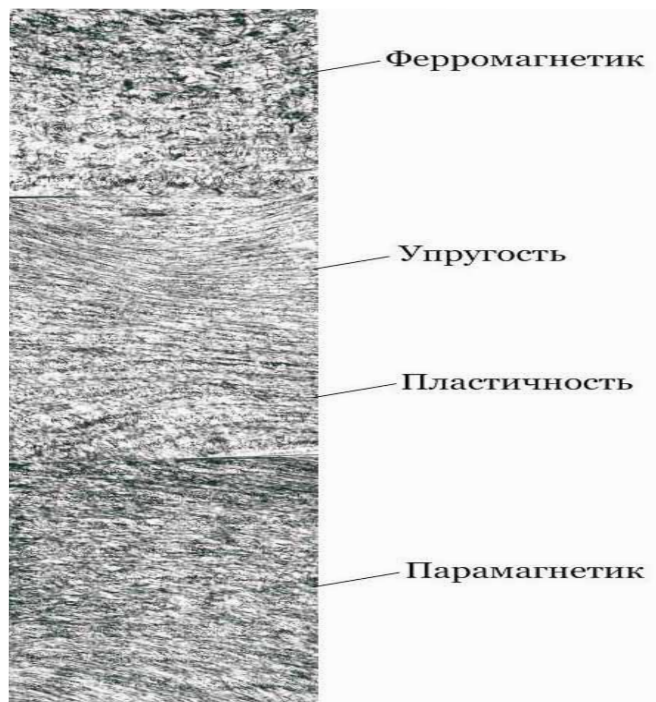


Рис.6 – Микроструктура деталей, изготовленных по технологии сферодинамического аддитивного формообразования

Знаковым признаком технологии сферодинамического аддитивного формообразования является левитирование опоры (сферодина) обрабатываемой заготовки и приобретением сферодином свойств бесприводного реактивного источника силовых деформирующих импульсов, что создаёт энергетические условия для одновременного встречного послойного перераспределения материала заготовки активным (приводным) источником силовых импульсов пуансоном и реактивным (бесприводным) источником силовых импульсов – сферодином.

В объёме детали формируются спиралеобразные массивы материалов с различными свойствами, что иллюстрирует знаковый признак аддитивных технологий – послойную компоновку массива детали с различным спектром эксплуатационных свойств (рис. 6).

Перспектива развития нового технологического направления в области технологий аддитивного формообразования послойным перераспределением объёма заготовки определена оснащением новых образцов оборудования для сферодвижной обработки (рис. 7) гаммой сферодинов различной



Рис.7 – Сферодвижный пресс Т300, Р=3,0 кН (Швейцария) 2014 г.



Рис.8 – Гамма сферодинов различной геометрии



Рис. 9 – Представители нового поколения деталей сложной формы, изготавливаемых по технологии сферодинамического аддитивного формообразования

геометрии (рис. 8), что позволит получать новое поколение деталей сложной формы (рис. 9) без использования их финишной механической обработки с высоким уровнем эксплуатационных характеристик за счёт формирования многослойной волокнистой структуры в готовой детали.

Список литературы

1. Способ обработки материалов давлением и устройство для его осуществления. Европатент W097/39847 МПК B21Д37/12/ В.Г. Бещеков, В.В. Булавкин, Ю.Ф. Назаров //ВОИС, 1997.

УДК629.78:621.983

Вайцехович С.М., Бараев А.В., Кривенко Г.Г.

Разработка оборудования для подачи-удаления крупногабаритных заготовок в зону штамповки и обратно

В технологиях заготовительного производства широко используются механические средства подачи заготовок в зону штамповки и последующего удаления отформованных деталей.

При формировании технического предложения по созданию специализированной вакуумной установки сверхпластического деформирования (УСПД-1) для пневмоформовки полусфер шаробаллонов учитывались специфические особенности данной технологии – условия вакуума, высокая температура, низкие скорости деформирования, особые требования к скорости охлаждения отформованного полуфабриката.

На рис. 1 представлена схема эскизного проекта УСПД-1 для формообразования полусфер шаробаллонов. УСПД-1 состоит из силового блока и трёх вакуумных камер: камеры подачи заготовки 1, камеры формообразования 2 и камеры принудительного охлаждения 3. Вакуумные камеры 1, 2 и 3 разделены шиберными затворами 4 и 5. Шиберный затвор 4 отделяет камеру 1 от камеры формообразования 2, а шиберный затвор 5 – камеру формообразования 2 от камеры 3.

В качестве рабочего формирующего элемента в УСПД-1 используется инертный газ, формообразующего – штамп, состоящий из верхней половины 6, закреплённой на установочной плите ползуна силового гидравлического цилиндра 7, и нижней половины 8 штампа,

установленной на подштамповой плите 9, имеющей установочную плоскость «q». Внутри нижней половины 8 штампа располагается нижний выталкиватель 10, предназначенный для установки листовой заготовки 11 на рабочую поверхность штампа, а также удаления из штампа отформованной полусферы шаробаллона 13 (ПШБ). Внутри верхней половины 6 штампа и установочной плиты ползуна силового гидравлического цилиндра 7 располагается верхний выталкиватель 12, который также выполняет две функции: перед формовкой вместе с нижним выталкивателем 10 снимает листовую заготовку 11 с каретки 14 и укладывает листовую заготовку 11 на рабочую поверхность штампа, после формовки – удаляет отформованную ПШБ из верхней половины 6 штампа и укладывает её на каретку 15 для переноса ПШБ из камеры 2 в камеру принудительного охлаждения 3.

Для удобства эксплуатации и технического обслуживания вокруг УСПД-1 сконструирована металлоконструкция 16, поддерживающая соосность между половинами 6 и 7 штампа.

При решении задачи переноса листовой заготовки на протяжённое расстояние от одной камеры к другой для работы штока гидроцилиндра за основу взят принцип телескопического удлинения-укорочения, а для несущего элемента конструкции, перемещающего листовую заготовку – принцип смещения выпукло-вогнутых поверхностей (рис. 2 а, б), что позволило каретке сначала перемещаться вместе с опорной плитой до контакта последней с подштамповой плитой, затем реализовать перемещение каретки по опорной плите, и далее по подштамповой плите до установки листовой заготовки в исходное положение для проведения пневмоформовки.

Конструкции кареток 14 и 15 идентичны, но расположение их по обе стороны камеры 2 позволяет выполнять разные технологические задачи: каретка 14 передаёт листовую заготовку, габаритными размерами до Ø860х 20 мм и массой до 100 кг, из камеры 1 в камеру 2, минуя провал, образованный шиберным затвором 4, в то время как каретка 15, предназначенная для

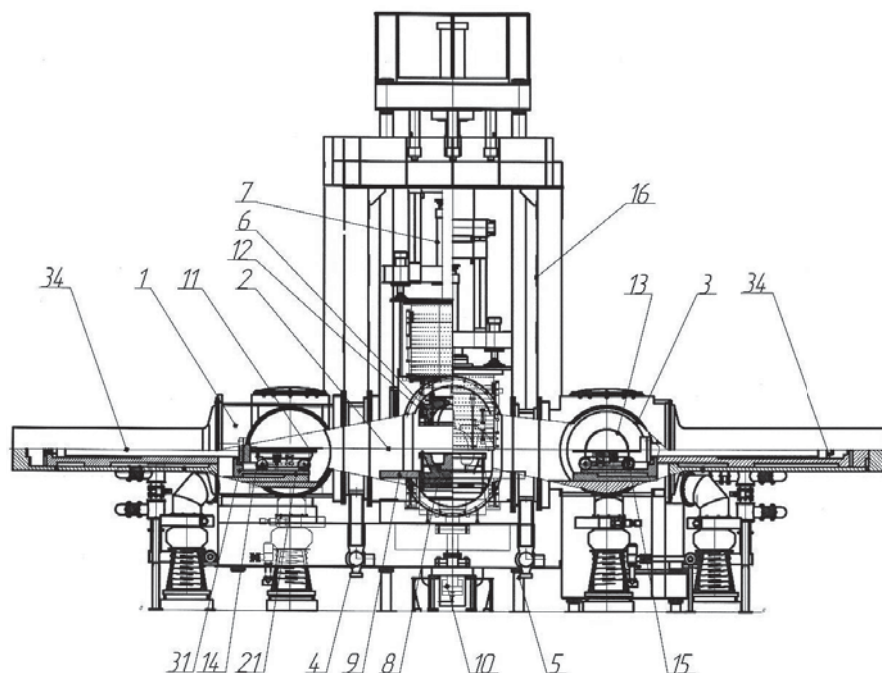


Рис. 1 – Схема вакуумной установки УСПД-1 для пневмоформовки полусфер шаробаллонов

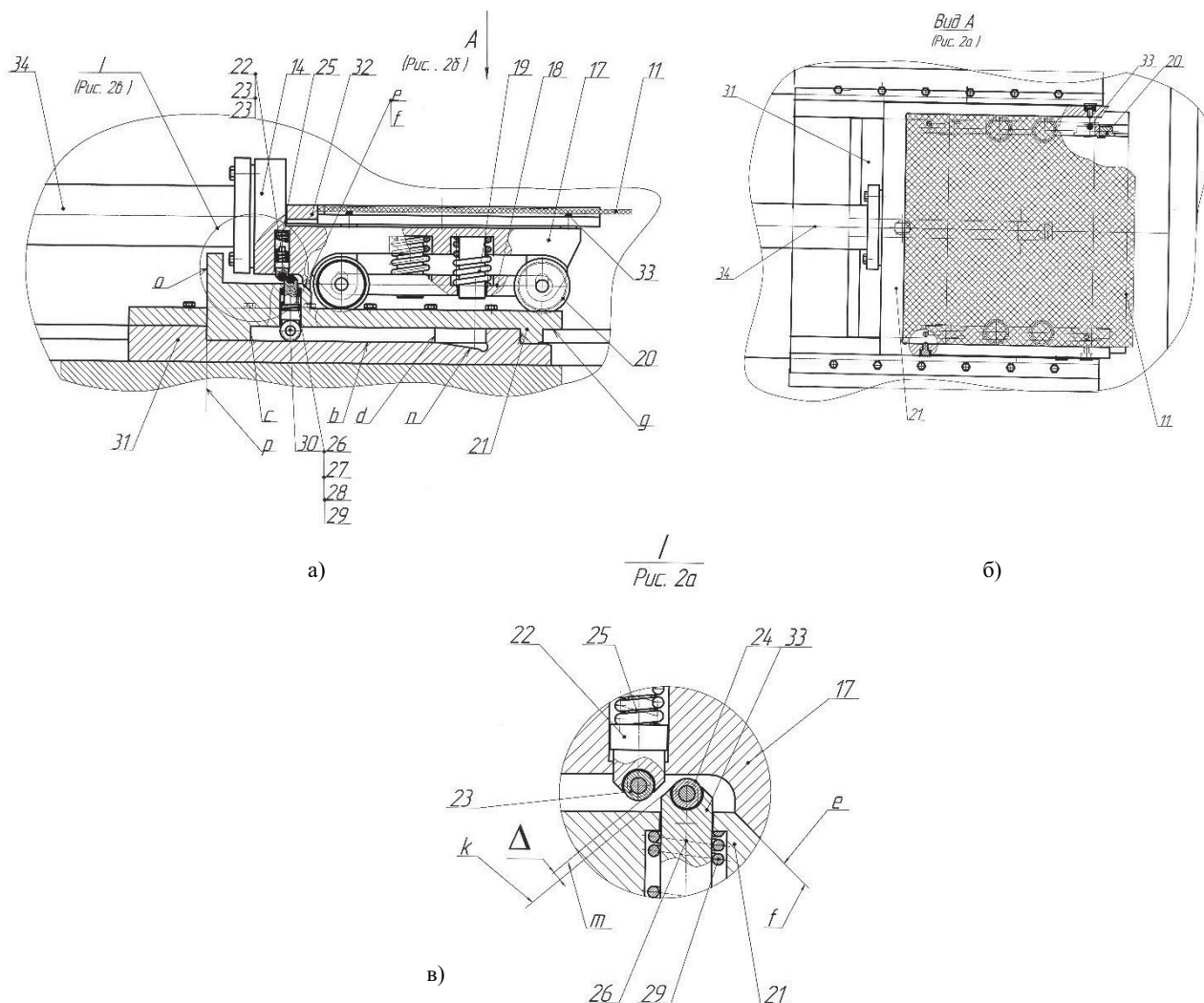


Рис. 2 – Схема конструктивного исполнения устройства подачи-удаления крупногабаритных заготовок в зону штамповки и обратно:

а) продольный разрез каретки; б) вид А по рис. 2 а; в) место I по рис. 2 а

переноса ПШБ из камеры 2 в камеру 3, – преодолевает провал, образованный шиберным затвором 5.

Каретка 14 (в зеркальном варианте 15) собрана из пластин 17, в нижней ее части имеется тележка 18. Каретка и тележка подпружинены относительно друг друга упругим элементом 19, тележка оснащена колесными парами 20, имеющими возможность перемещения по опорной плите 21.

На каретке размещен фиксатор, представляющий собой стержень 22 с коническим наконечником 23, на центральной оси которого расположен ролик 24. Стержень 22 (рис. 2б) подпружинен относительно каретки упругим элементом 25, и имеет возможность осевого вертикального перемещения.

На опорной плите 21 размещен ещё один фиксатор, представляющий собой стержень 26 с коническим наконечником 27, на центральной оси которого на торце размещен ролик 28. Стержень 26 подпружинен относительно опорной плиты 21 упругим элементом 29 и имеет возможность осевого возвратно-поступательного вертикального перемещения. На противоположном торце стержня разме-

щен опорный ролик 30, контактирующий с рамой 31 по плоскости «b».

Стержень 22 фиксатора каретки 14 имеет плоскую поверхность «m», контактирующую с упорной плоской поверхностью «k» стержня 26 фиксатора опорной плиты 21 (рис. 2 а).

На нижней стороне тележки 18 имеется наклонная плоскость «e», выполненная предпочтительно под углом 45 градусов, контактирующая с верхней плоскостью опорной плиты 21 по поверхности «f», а в нижней части опорной плиты 21 выполнена плоскость «с», имеющая возможность контакта с плоской поверхностью «d», расположенной на выдвижной раме 31 (рис. 2 а). На С-образные пластины 17 каретки монтируется платформа 32, которая имеет базовые установочные элементы шипы 33, для размещения и центрирования листовой заготовки 11. Каретка оснащена гидроприводом с исполнительным механизмом – гидроцилиндром 34 («труба в трубе») для возвратно-поступательного перемещения в зону штамповки и обратно. В исходном положении задняя поверх-

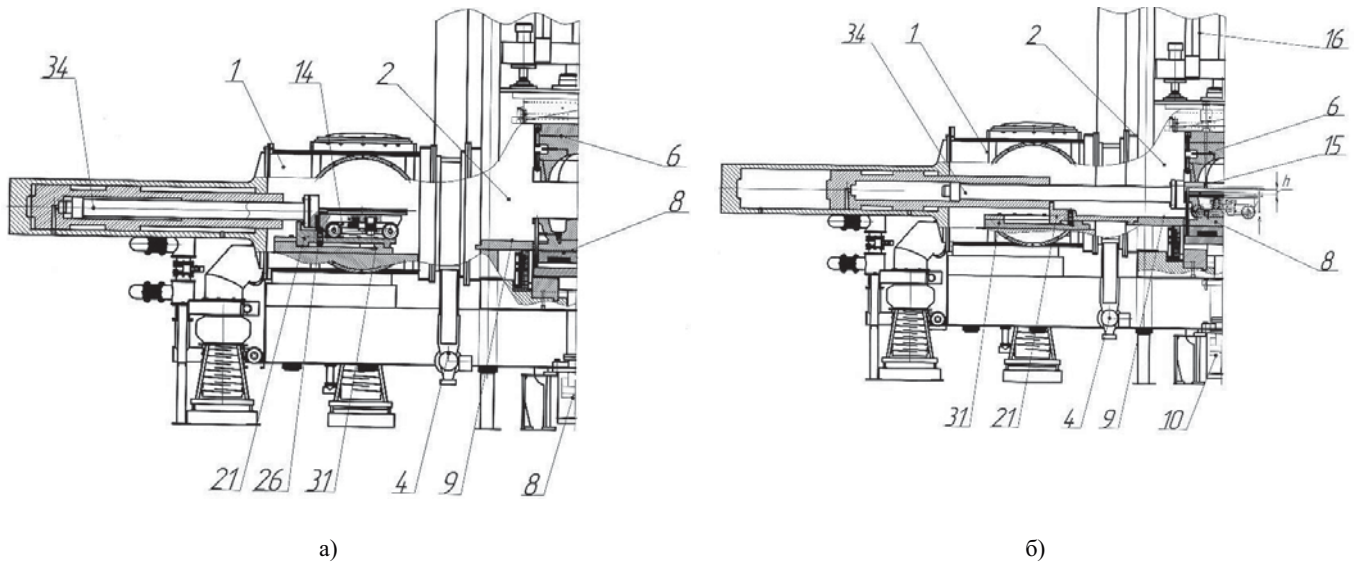


Рис. 3 – Перемещение каретки вместе с опорной плитой 20:
а) момент начала движения каретки; б) момент доставки заготовки в зону формовки

ность опорной плиты 21 «о» контактирует с плоскостью «р» рамы 31.

Последовательность работы каретки подачи-удаления заготовки в зону штамповки представлена в заявке на полезную модель. Работа каретки осуществляется следующим образом.

Листовую заготовку 11 укладывают на базовые установочные элементы 33 платформы 32 каретки 14, находящейся в исходном положении в камере 1, при этом поверхности «т» и «к» контактируют друг с другом (рис. 2 а).

Механизм привода каретки включает телескопический гидроцилиндр 34, который осуществляет перемещение каретки 14 с листовой заготовкой из камеры 1 в камеру 2 за счёт контакта плоскостей «т» фиксатора (22-24) каретки и «к» фиксатора (26-28) опорной плиты 21 (рис. 3 а, б). В результате чего, опорная плита 21 перемещается вместе с кареткой 14, при этом колесные пары 20 неподвижны на опорной плите 21, что позволяет исключить перекосы каретки. При этом опорный ролик 30 постоянно контактирует с поверхностью «б» выдвижной рамы 31, к которой он поджимается упругим элементом 29. Достигнув на плоскости «б» углубления «п», опорный ролик 30, под действием упругого элемента 29, опускается в углубление «п», разъединяя фиксатор каретки 22-24 и фиксатор 26-28 опорной плиты. Одновременно с разъединением фиксаторов (22-24 и 26-28) происходит контакт поверхностей «с» опорной плиты 21 и «д» выдвижной рамы 31, в результате чего перемещение опорной плиты 21 прекращается, и дальнейшее перемещение каретки 14 проходит по опорной плите 21. Плоскость «г» опорной плиты 21 при этом ложится на установочный выступ «q» подштамповой плиты 9 и фиксируется массой каретки 14. Далее каретка 14 перемещается посредством гидроцилиндра 34, опираясь на колесные пары 20 по подштамповой плите 9 в зону работы штампа. Упругий элемент 19, расположенный между кареткой 14 и колесными парами 20, обеспечивает демпфирование ударов при сходе каретки с

опорной плиты 21 на подштамповую плиту 9 штампа, что позволяет обеспечить постоянство положения заготовки 11 на базовых установочных элементах 33 платформы 32.

Когда каретка вносит листовую заготовку 11 в зону пневмоформовки, нижние 10 и верхние 12 выталкиватели, перемещаясь, зажимают между собой листовую заготовку и поднимают её на высоту h , освобождая при этом платформу 32. Как только листовая заготовка 11 будет зафиксирована на заданной высоте h (рис. 3б), каретка 14 начнёт возвращаться в исходное положение в обратном порядке, проходя шиберный затвор 4 и занимая первоначальное положение в камере 1, после чего шиберный затвор 4, разделяющий камеры 1 и 2, закрывают, и в камерах 1, 2 устанавливают заданный уровень вакуума и температуру – в камере 1 для предварительного нагрева листовой заготовки, а в камере 2 – для пневмоформовки ПШБ.

После формования, ПШБ может оставаться либо в нижней, либо в верхней половине штампа, в зависимости от задач, решаемых технологическим процессом формообразования, что не влияет на работу каретки 15.

Процесс удаления ПШБ из камеры 2 в камеру 3 представлен на рис. 4 а, б.

После формообразования ПШБ верхний выталкиватель 12 опускают вниз до касания с фланцем ПШБ, прижимая его к нижней половине штампа, после чего поднимают нижний выталкиватель 10 и зажимают отформованную ПШБ между верхним 12 и нижним 10 выталкивателями. Затем гидроцилиндром 7 отводят верхнюю половину 6 штампа в крайнее верхнее положение, а отформованная ПШБ остаётся лежать на нижней половине 8 штампа. Затем движением вверх нижнего выталкивателя 10 ПШБ изымается из нижней половины 8 штампа на заданную высоту h (рис. 4 а, б), после чего под ПШБ подводится каретка 15, на установочные шипы 33 платформы 32 укладывается ПШБ, и каретка 15 начинает перемещаться в исходное положение. Когда каретка 15 проходит отрезок провала ши-

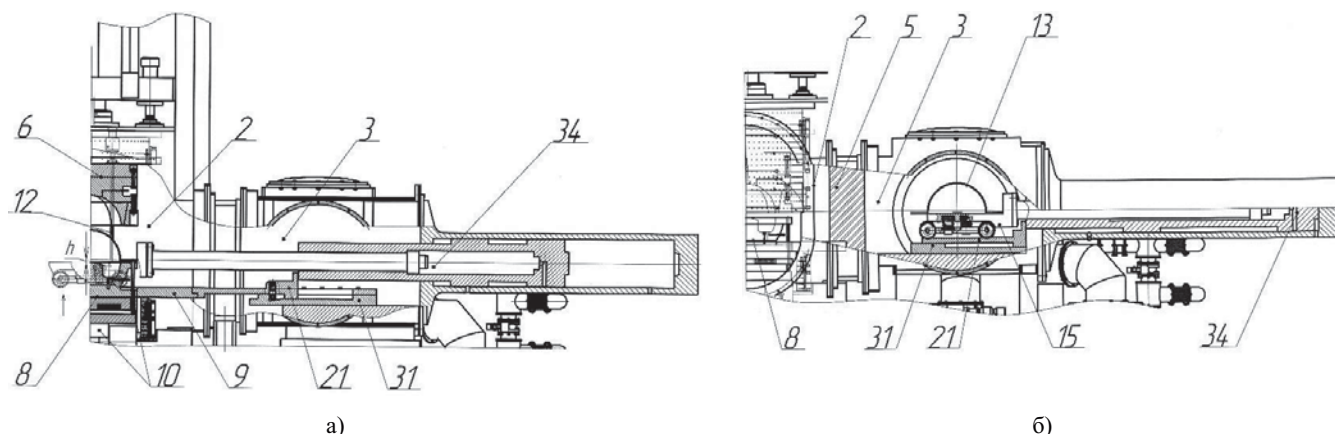


Рис. 4 – Последовательность извлечения отформованной полусферы из зоны штамповки:
а) каретка подведена под фланец полусферы;
б) момент закрытия шиберной задвижки тоннеля, соединяющего камеру формообразования с камерой принудительного охлаждения

берной заслонки 5, её колёсная пара 20 свободно катится по опорной плите 21, преодолевая провал, образованный зоной размещения шиберного затвора 5.

После того, как плоскость «е», расположенная на тележке 18, начинает контактировать с плоскостью «ф» опорной плиты 21, каретка 15 начинает перемещать опорную плиту 21 по раме 31 в направлении камеры 3, и, оставаясь на опорной плите, преодолевает расстояние провала шиберной заслонки 5. При достижении контакта поверхности «о» опорной плиты 21 с поверхностью «р» рамы 31, фиксаторы 22–24 и 26–28 расходятся в вертикальном направлении под действием упругих элементов 25 и 29. Дальнейшее перемещение каретки 15 происходит до контакта поверхностей «е» и «б» (рис. 4 б).

После возвращения каретки в исходное положение шиберная задвижка 5, отделяющая камеру формообразования 2 от камеры принудительного охлаждения 3, закрывает проход между камерами (рис. 4 б).

Предложенное устройство позволяет решать задачи по перемещению крупногабаритных заготовок через пустоты большой протяжённости из зоны подготовки заготовок в зону формовки и из зоны формовки в зону охлаждения, связав зоны в единую технологическую цепочку.

Вывод

Разработано устройство для транспортировки крупногабаритных листовых заготовок и деталей в технологии холодной и горячей штамповки листовых металлов. Устройство может быть использовано для подачи листовых заготовок в зону штамповки и удаления отштампованного полуфабриката детали из зоны штамповки на примере получения полусфер шаробаллонов в режиме сверхпластичности и в условиях вакуума, в рамках решения задач импортозамещения в заготовительном производстве отраслей машиностроения.

УДК 621.73.01

Овечкин Л.М., Кривенко Г.Г., Емельянов В.В., Харсеев В.Е.

Разработка технологии изготовления поковок корпуса турбины из труднодеформируемого жаропрочного сплава ЭП666-ВД

Одной из приоритетных задач при создании перспективных жидкостных ракетных двигателей (ЖРД) является обеспечение надёжности работы турбонасосного агрегата (ТНА), функциональной деталью которого является корпус турбины, изготавливаемый из труднодеформируемого жаропрочного никелевого сплава.

Ввиду специфики условий работы, к данной детали предъявляются повышенные требования по механическим свойствам и параметрам структуры, а именно величинам относительного удлинения и сужения, величине ударной

вязкости, балльности зерна, плотности и однородности макроструктуры.

Исходя из технологических предпосылок, изготовление заготовок деталей данного типа возможно выполнять на мощных гидравлических прессах, однако парк данного оборудования на предприятиях отрасли весьма ограничен, что вызывает необходимость заключения договорных работ. Это может привести к увеличению сроков подготовки производства, а также трудностям логистического характера.



Рис. 1 – Поковка корпуса турбины

По этой причине, для повышения универсальности технологии и получения заготовок корпуса турбины с требуемыми свойствами из жаропрочного сплава ЭП666-ВД, специалистами отделения технологии заготовительного производства ФГУП «НПО «Техномаш» совместно с «ВМЗ» – филиалом ФГУП «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева» разработана технология изготовления поковок корпуса турбины методом молотовой штамповки. Поковка корпуса турбины представляет собой тело вращения диаметром 380 мм и высотой 70 мм с оформленной полостью (рис. 1).

В основе разработанной технологии лежит молотовая штамповка с предварительной проковкой заготовок.

Предварительная проковка заготовок позволяет повысить однородность структуры исходной прутковой заготовки и включает следующие технологические операции с выполнением промежуточной термообработки:

- осадку исходной цилиндрической прутковой заготовки;
- протяжку осажённой заготовки «на квадрат»;
- обкатку до размеров исходной заготовки.

После этого проводят молотовую штамповку по трём технологическим переходам с нагревом заготовок до необходимых температур штамповки.

В качестве оснастки использовались молотовые штампы с гравюрами необходимой геометрии, которые получены и изготовлены по результатам компьютерного моделирования (рис. 2).

Первый, или предварительный переход штамповки, обеспечивает осадку прокованной заготовки и формирует центрирующий элемент на донной части для последующего центрирования заготовки. В целях уменьшения трения использовалась технологическая смазка для процессов горячей объёмной штамповки на основе масляно-графитовой эмульсии.

Перед проведением штамповки, во избежание подстуживания разогретой заготовки и, как следствие, снижения де-



Рис. 2 – Молотовые штампы

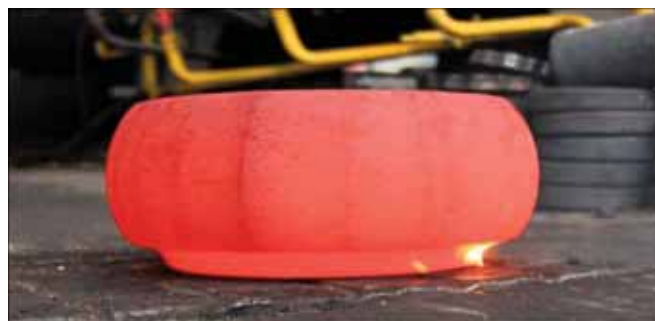


Рис. 3 – Поковка корпуса турбины после первого перехода штамповки

формируемости, молотовый штамп подогревался с помощью газовых горелок до температуры, составляющей величину 0,1..0,2 от температуры нагрева заготовок. Количество ударов молота соответствовало предельному формоизменению на данной операции, учитывая интервал деформации заготовок. Контроль геометрических параметров заготовки проводился в процессе штамповки до достижения требуемых размеров. После штамповки всей партии поковок, они перемещались в газовую печь для их подогрева перед следующим переходом штамповки. Во время подогрева заготовок выполнялась смена молотовых штампов для проведения следующего перехода штамповки и их нагрев газовыми горелками.

Получаемая после первого перехода штамповки поковка представлена на рис. 3.

После нагрева продеформированных на первом переходе штамповки заготовок и установки штампа второго перехода на молот, выполнялся второй переход штамповки. Для этого нагретые заготовки устанавливались в штамп второго перехода и базировались в гравюре штампа посредством сформированного центрирующего элемента. После выполнялось формоизменение заготовок до требуемой геометрии. В ходе выполнения данного перехода штамповки происходило уменьшение высотных параметров заготовки с одновременным увеличением диаметральных размеров. Важным условием является соблюдение интервала деформации для исключения возможности трещи-



Рис. 4 – Поковка корпуса турбины после второго перехода штамповки

нообразования металла поковки. Для этого во время штамповки проводился контроль температуры заготовки бесконтактным методом с помощью лазерного пирометра, что позволило провести штамповку в требуемом интервале деформации с учётом дополнительного деформационного разогрева заготовок. Важным условием для этого является проведение эффективной смазки верхней и нижней половин штампа: нижней половины штампа до проведения деформирования заготовки и верхней половины штампа периодически во время деформирования, чтобы исключить условия адгезии нагретого металла заготовки и поверхности верхней половины штампа. В случае отсутствия должного уровня смазки, возможно схватывание разогретой заготовки и верхней половины штампа, что может привести к изменению положения заготовки в гравюре штампа, и, как следствие, к остановке технологического процесса штамповки и необходимости проведения дополнительных операций по центрированию заготовки в штамповочном ручье, что, в свою очередь, вызовет необходимость введения подогрева заготовок для выполнения штамповки. Также необходимо учитывать, что излишний нагрев заготовок не только существенно влияет на рост зерна структуры и нарушает уровень свойств заготовки, но и может привести к выбраковке изделия и соответствующим материальным затратам. Технологический контроль высотных параметров заготовки проводился измерительным инструментом в процессе штамповки.

Поковка после второго перехода штамповки представлена на рис. 4.

После выполнения второго перехода штамповки поковки помещались в печь, и выполнялась установка и подготовка к работе штампа для третьего перехода штамповки.

Далее проводился третий переход штамповки – окончательный, который накладывает повышенные требования по качеству изготовления и контролю качества получаемых поковок. Гравюра штампа окончательного перехода штамповки соответствует требуемой форме поковки согласно конструкторской документации с учётом формирующегося при штамповке облоя. В процессе третьего перехода, по сравнению со вторым, происходит дальнейшее увеличение диаметральных



Рис. 5 – Поковка корпуса турбины после третьего (окончательного) перехода штамповки

размеров поковки с одновременным снижением высотных размеров. Необходимым условием является соблюдение требуемых высотных параметров поковки с учётом допусков. Диаметральные размеры заданы гравюрой штампа.

Получаемая после окончательного перехода штамповки поковка представлена на рис. 5.

После окончательной штамповки поковки подвергались закалке и старению.

Для проверки комплекса свойств, полученных поковок корпуса турбины, проведены следующие виды испытаний:

а) для определения механических свойств:

- относительного удлинения/сужения;
- временного сопротивления разрыву;
- условного предела текучести;
- ударной вязкости КСЧ;

б) для определения твёрдости;

- по Бринеллю (НВ);
- по Роквеллу (HRC);

в) контроль макроструктуры;

г) контроль микроструктуры;

д) контроль химического состава.

По результатам проведённых испытаний установлено: уровень полученных свойств соответствует, а в отдельных случаях превышает требуемые.

Выводы

1. Разработана технология изготовления поковок корпуса турбины из жаропрочного сплава ЭП666-ВД методом молотовой штамповки.

2. Разработаны режимы нагрева и формоизменения поковок корпуса турбины на основании результатов компьютерного моделирования в специализированном программном комплексе «DEFORM».

3. Изготовлена необходимая штамповая оснастка с гравюрами необходимой геометрии, полученной по результатам проведённого математического моделирования процесса молотовой штамповки.

4. Уровень свойств, полученных по разработанной технологии поковок корпуса турбины, соответствует предъявляемым требованиям, а в отдельных случаях превышает его.

♦ ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ И ПАЙКИ

УДК 621.791.37

Соколов С.А., Цветков С.Е., Кулик В.И., Степанов В.В., Благутина Л.Л.

Технология изготовления сотовых панелей из высокопрочных сталей

Развитие современной космической техники приводит к необходимости повышения прочности несущих конструкций. Однако применение для их изготовления современных высокопрочных конструкционных сталей увеличивает массу изделия, что ограничивает его полезную нагрузку. В связи с этим в настоящее время для изготовления несущих конструкций широкое распространение находят сотовые панели, которые позволяют обеспечивать достаточно высокие механические свойства при минимальном весе изделия.

Сотовая панель представляет собой конструкцию, состоящую из тонколистовых обшивок и расположенного между ними сотового заполнителя (рис. 1). В процессе эксплуатации внешние обшивочные листы воспринимают и равномерно распределяют по поверхности контакта нагрузку, а заполнитель обеспечивает жёсткость и повышенную устойчивость конструкции.

Для обеспечения высокой механической прочности в качестве основного материала для изготовления сотовых конструкций использовали сталь мартенситного класса ЭП678, содержащую 9–10% никеля, 1,2% молибдена, 0,7–1,1% титана и 10–11% хрома.

Исходя из большой площади контакта соединяемых элементов сотовых панелей и условий эксплуатации изделия, выбрана технология пайки в защитной среде аргона с добавками флюса припоем ПМ17, который обеспечивает высокую коррозионную стойкость и механическую прочность паяных соединений из стали. В качестве флюса опробовали фторборат калия (KBF_4) и фтортитанат калия (KTiF_4).

Перед пайкой образцы сотовых панелей размером 300x500 мм собрали в специально разработанной оснастке

с укладкой припоя в виде фольги между обшивкой и наполнителем. Собранный изделие поместили в стальной контейнер, в специальных ёмкостях которого находился флюс. Контейнер герметизировался с помощью сварки, и через штуцеры осуществлялась подача проточного аргона. Процесс пайки проходил в воздушной печи сопротивления при температуре 990–1020°C.

Проведённые исследования показали, что пайка высокопрочных сталей (типа ЭП678) в защитной среде аргона с добавками фторбората калия не обеспечивает получение стабильных свойств паяных соединений. В процессе нагрева фторборат калия разлагается с образованием трёхфтористого бора (BF_3), способствующего удалению оксидной плёнки с поверхности паемых изделий и взаимодействующего с легирующими компонентами стали, обладающими большим сродством к фтору, по сравнению с бором. Так, например, при температуре 800–1000°C происходит реакция восстановления бора титаном, входящим в состав стали ЭП678:



В результате прохождения восстановительных реакций, бор в графитообразном виде чёрного цвета оседает на поверхности основного металла и препятствует дальнейшему растеканию припоя.

Лучшими технологическими свойствами при пайке обладает флюс с фторидом титана, который не вступает во взаимодействие с легирующими компонентами основного металла. Проведённые исследования показали, что при пайке с использованием флюса KTiF_4 вместе с нейтральным газом (аргоном) создаются благоприятные условия для восстановления поверхностных оксидов сложнолегированных сталей и качественного формирования паяного

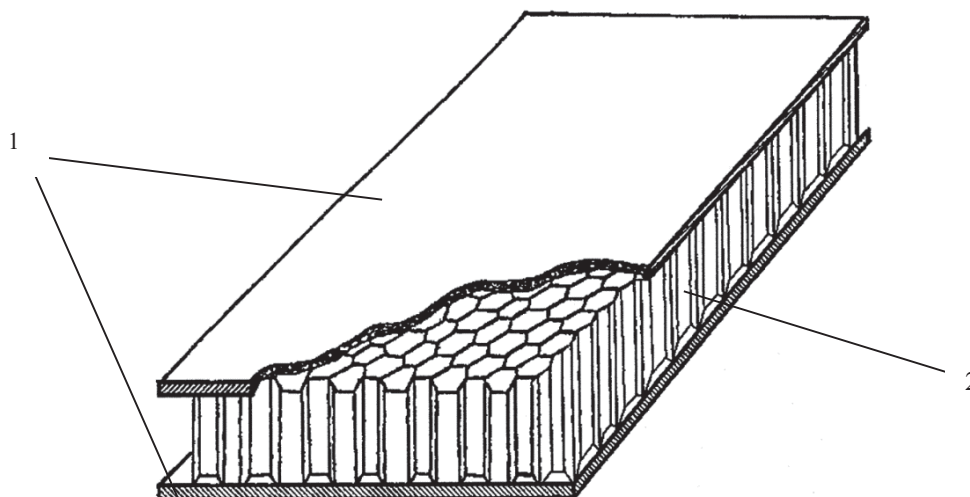


Рис. 1 – Схема сотовой панели: 1 – обшивка, 2 – сотовый наполнитель

Таблица 1 – Механические свойства паяных соединений сотовых панелей

Флюс	Механическая прочность, МПа	
	сталь ЭП678* (основной металл)	Паяное соединение (с припоем ПМ17)
Фтортитанат калия (КТiF ₄)	810-860	380-420
Фторборат калия (КBF ₄)		320-360

*испытания проводились в исходном состоянии

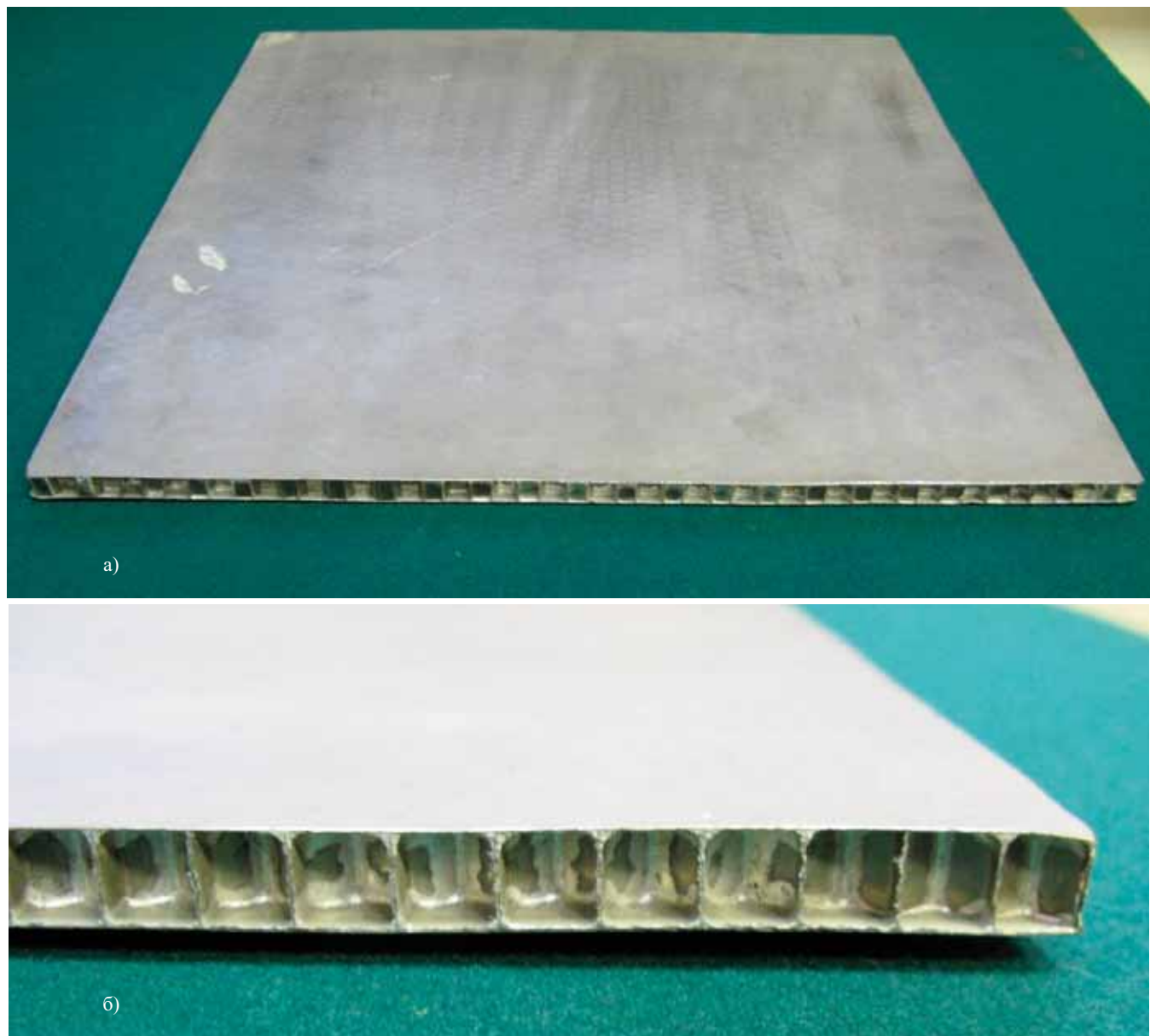


Рис. 2 – Паяный образец сотовой панели (а) и галтельный участок паяного соединения (б)

соединения. Механическая прочность паяных соединений, полученных с использованием данного флюса, выше по сравнению с использованием флюса на основе фторбората калия (табл. 1).

На основании разработанной технологии пайки получен элемент конструкции, имитирующий обшивку летательного аппарата, размером 500х500х8 мм. Внешний вид паяного образца представлен на рис. 2. Внешний осмотр

открытых поверхностей паяных соединений показал формирование качественной галтели на всей протяжённости шва и отсутствие внешних дефектов типа непропаев и пор.

Паяный элемент конструкции подвергался механическим испытаниям на сжатие, которые показали соответствие механических свойств полученного паяного соединения требованиям, предъявляемым к конструкциям данного типа.



УДК 621.791.3

*Гордиенко И.С., Парфенов А.К., Вдовина И.Ю.***Оборудование для автоматизированной пайки и термообработки изделий**

Большинство камер сгорания жидкостных ракетных двигателей (КС ЖРД) имеют наружное охлаждение, при котором осуществляется проток охладителя по охлаждающему тракту, образованному внутренней и наружной оболочками камеры. Наибольшее распространение в России получили камеры со связанными оболочками, соединёнными пайкой через рёбра, выфрезерованные на внутренней составляющей. Эти рёбра образуют каналы специальной формы, которые, в свою очередь, и являются охлаждающими трактами.

Технологический процесс пайки предварительно подготовленного узла КС ЖРД представляет собой нагрев, выдержку и охлаждение по заданному циклу в среде инертного газа под давлением. В ходе технологического процесса происходит вращение паяемого узла, внутренняя полость которого вакуумируется [1].

Для пайки КС ЖРД используют специализированное электротермическое оборудование, представляющее собой механизированную печь.

Улучшение характеристик ЖРД требует совершенствования технологического оборудования для их производства. Уменьшение числа составных блоков КС ЖРД и увеличение их габаритов предусматривают разработку оборудования больших типоразмеров. Для повышения качества паяных соединений необходимо повышать равномерность нагрева по длине паяемого узла. Кроме того, использование в конструкции КС ЖРД новых теплоустойчивых материалов и припоев обуславливает повышение температуры пайки.

По способу нагрева электротермическое оборудование, применяемое для пайки КС ЖРД, можно разделить на индукционные нагревательные печи и печи сопротивления.

Принцип индукционного нагрева заключается в превращении в тепло электромагнитной энергии, поглощаемой нагреваемым металлом. Физически этот процесс основывается на возбуждении в нагреваемом металле э.д.с., создающей в нем переменный ток; тепловая энергия, выделяемая таким током, и является причиной нагрева металла. Источником электромагнитного поля в установках индукционного нагрева служит индуктор, обычно имеющий вид соленоида [2].

Чаще всего индукционные печи используются для плавки металлов и сплавов, так как передача электрической энергии непосредственно в нагреваемое тело позволяет осуществлять прямой нагрев проводниковых материалов со значительным увеличением его скорости.

Существенным недостатком индукционного нагрева является реактивная мощность, расходуемая на создание электромагнитных полей. Поэтому возникает потребность в использовании компенсационного оборудования.

Для равномерного нагрева изделия при пайке в индукционной печи индуктор должен повторять его форму, что зачастую весьма сложно реализовать на практике, особенно если речь идет о номенклатуре габаритных деталей. Для обеспечения заданной равномерности температурного поля на поверхности изделия используют муфель-нагреватель. Он обеспечивает косвенный нагрев изделия путем теплообмена излучением. Габариты паяемого изделия

ограничиваются размерами муфеля, максимальная температура нагрева изделия ограничена температурой стойкости материала муфеля (от 900°C до 1300°C). Поскольку металлический корпус образует замкнутый контур вокруг индуктора, то применение экранов для компенсации электромагнитных потерь в этом случае оказывается неизбежным. Как правило, в промышленных печах используют магнитные экраны (магнитопроводы), что приводит к дополнительному увеличению габаритов корпуса.

Электрические печи сопротивления являются наиболее массовыми и распространёнными представителями электротермического оборудования и, вместе с тем, разнообразны по технологическому назначению и конструкциям.

В электрических печах сопротивления для пайки КС ЖРД нагрев паяемого изделия происходит преимущественно за счет теплообмена излучением между нагревателями и нагрузкой. Нагреватели в печах сопротивления создают активную нагрузку и не требуют применения компенсационного оборудования. Достижение равномерности нагрева по поверхности изделия обеспечивается путём возможности разбиения рабочего пространства на тепловые зоны с возможностью независимого регулирования мощности. Таким образом, отпадает необходимость в использовании муфеля [3].

Корпус печей сопротивления, так же, как и корпус индукционных печей, является водоохлаждаемым. Внутренние стенки корпуса защищены теплоизоляцией от воздействия высоких температур. При прочих равных условиях, теплоизоляция во многом определяет тепловые потери, эффективность процессов нагрева и охлаждения, мощность источника питания. Поскольку пайка узлов КС ЖРД проводится при избыточном давлении, то использование экранной теплоизоляции является крайне неэффективным.

Оборудование для пайки КС ЖРД, полностью обеспечивающее все параметры технологического процесса, уникально. Основным разработчиком технологии и оборудования для пайки КС ЖРД выступает ФГУП «НПО «Техномаш». Наиболее близкими данному оборудованию из серийно выпускаемых образцов являются вакуумные печи для термообработки. Они обеспечивают необходимое давление, температурный режим, параметры нагрева внутри корпуса, который является основным узлом установок для пайки КС ЖРД. Поэтому тенденции в развитии вакуумных печей для термообработки можно использовать при разработке нового поколения электротермического оборудования для пайки КС ЖРД.

Специалистами ФГУП «НПО «Техномаш» спроектирована и изготовлена специальная электротермическая компрессионная установка с индукционным нагревом и системой автоматического управления процессами пайки и термической обработки мод. ЭКУ-2П, позволяющая совершать автоматизированную пайку и термообработку сборочных единиц ЖРД перспективных изделий РКТ.

Основными узлами и технологическими модулями установок являются:

- корпус вакуумно-компрессионный с передней съёмной крышкой, байонетным затвором, теплообменником и системой вентиляции;



Таблица 1 – Основные характеристики ЭКУ-2П

Основные характеристики	ЭКУ-2П
Параметры обрабатываемых сборочных единиц (СЕ):	
– диаметр, мм	1000-1600
– длина, мм	1000-2000
Параметры технологического процесса:	
– максимальная температура пайки, °C	1250
– время нагрева СЕ до рабочей температуры, мин, не более	90
– допустимая неравномерность нагрева СЕ при стабилизации температуры, °C	±10
– остаточное давление в рабочем объеме установки перед его заполнением инертной средой, Па	1330
– остаточное давление в полости СЕ, Па, не менее	1
– избыточное давление в рабочем объеме установки, МПа, не более	0,6
– частота вращения СЕ в процессе пайки, мин ⁻¹	4-15
– регулировка частоты вращения	бесступенчатая
Характеристики установки:	
– электрическая мощность печи, кВт, не более	1000
– величина момента от нагрузки на консоль шпинделя манипулятора, тс х м	8,0



Рис. 1 – Опытный образец установки ЭКУ-2П в сборочном цехе завода-изготовителя



Рис. 2 – Макет установки ЭКУ-2П

- манипулятор для загрузки изделия в установку и вращения ее в процессе пайки с заданной скоростью;
- индуктор;
- муфельный нагреватель;
- конденсаторная батарея;
- источник питания (тиристорный преобразователь);
- две автономные вакуумные системы;
- система обеспечения остаточного давления в рабочем объеме установки;
- система обеспечения остаточного давления в межрубашечном пространстве сборочной единицы в процессе пайки;
- автоматизированная система управления установкой и технологическим процессом, сбора и архивирования измеряемых технологических параметров.

Зарубежных аналогов данной установки нет.
Отечественные: ВКА 750 (ФГУП «НПО «Техномаш», год разработки – 1994).

Список литературы

1. Конструкция и проектирование жидкостных ракетных двигателей // Под ред. Г.Г. Гахуна. М.: Машиностроение, 1989. 424 с.
2. Электротермическое оборудование. Справочник // Под ред. А.П. Альтгаузена. М.: Энергия, 1978. 304 с.
3. Электрические печи сопротивления / В.С. Чередниченко, А.С. Бородачев [и др.] / Под ред. В.С. Чередниченко. Новосибирск: НГТУ, 2006. 624 с.

УДК 621.791.36/.03

Кулик В.И., Коротков А.Н., Степанов В.В., Любченко В.А., Хмылов Г.И., Цветков С.Е.

Технология и оборудование для высокотемпературной вакуумной пайки алюминиевых теплообменников

В настоящее время теплообменная аппаратура из алюминиевых сплавов находит широкое применение в различных отраслях машиностроения. Такие конструкции, как правило, представляют собой систему, состоящую из брусков, гофрированных и обычных листов, формирующих каналы двух контуров для теплообмена рабочей и охлаждающей среды (рис. 1).

Исходя из конструктивных особенностей современных алюминиевых теплообменников, для их изготовления наиболее широко используется высокотемпературная пайка. При этом основной проблемой получения качественных паяных соединений является наличие на поверхности алюминиевых сплавов тугоплавкой и химически стойкой оксидной плёнки, препятствующей растека-

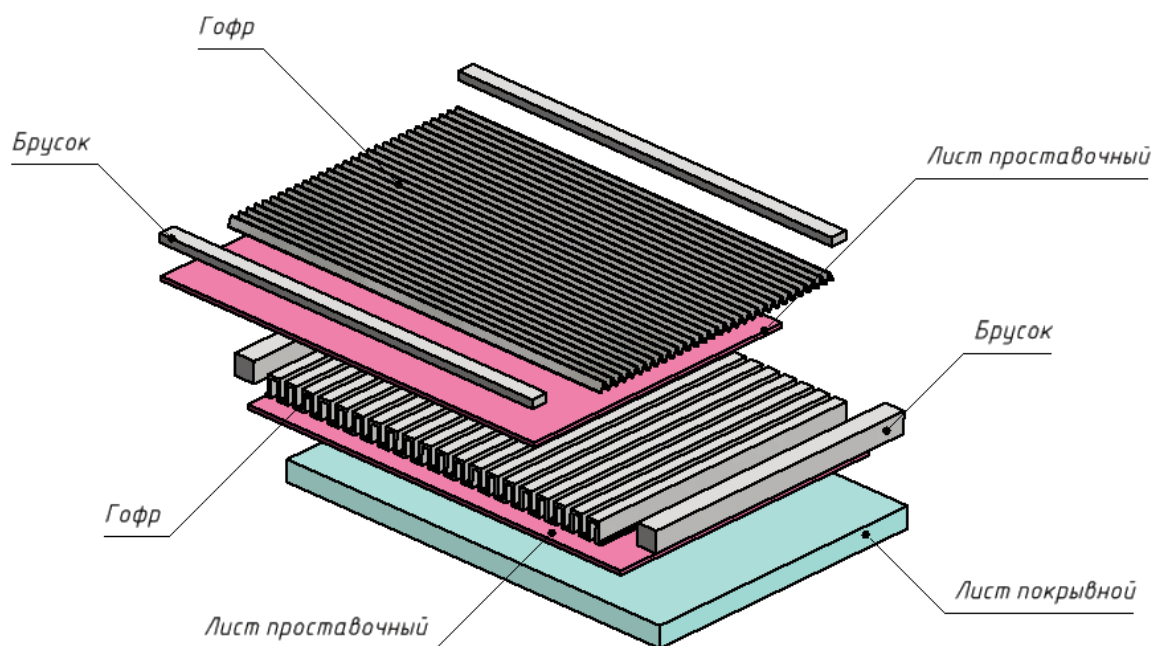


Рис. 1 – Схема сборки теплообменника



Рис.2 – Внешний вид камеры установки УВП-1 (а) и паяного опытного образца теплообменника (б)

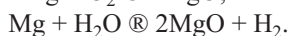
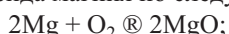


Таблица 1 – Основные характеристики ЭКУ-2П

Показатель	Значение
Максимальные габаритные размеры паяемого узла с оснасткой (ДхШхВ), мм	700х500х500
Размеры рабочего пространства установки (ДхШхВ), мм	1000х800х800
Максимальная рабочая температура, °С	750
Максимальная масса садки, кг	200
Время создания в рабочем пространстве остаточного давления $5 \cdot 10^{-3}$ Па, мин	не более 90
Остаточное давление в рабочем пространстве установки при 600 °С, Па	не более $5 \cdot 10^{-3}$
Перепад температуры в рабочем пространстве установки, °С	не более 10
Режим нагрева	автоматический
Установленная мощность, кВт	230
Напряжение питающей сети, В	380
Площадь, занимаемая установкой, м ²	26
Максимальная масса установки, кг	5500

нию припоя, в связи с чем при высокотемпературной пайке необходимо обеспечить разрушение оксидной плёнки за счёт использования флюсов или металла-активатора, способного улучшить растекаемость припоя. Применение флюсов для пайки алюминиевых радиаторов позволяет осуществлять процесс в воздушных печах с обязательной тщательной очисткой изделия от остатков флюса после пайки. В целях получения ответственных конструкций целесообразно использовать процесс высокотемпературной пайки с применением металла-активатора, который обычно осуществляется в защитной среде, например, в вакуумной камере. При этом в качестве металла-активатора часто используется магний, который укладывается рядом с паяемым изделием и при нагреве до температуры 450–500°С начинает активно испаряться с поверхности и взаимодействовать с оксидной плёнкой на паяемом материале и припое.

Механизм действия магния при пайке основан на том, что магний, обладая большим сродством к кислороду, по сравнению с алюминием, способен его восстанавливать из оксидов по реакции $Al_2O_3 + 3Mg \rightarrow 3MgO + 2Al$. Помимо этого в процессе нагрева под пайку магний может взаимодействовать с кислородом и парами воды с образованием оксида магния по следующим реакциям:



Образующийся в результате протекания данных реакций оксид магния обладает малым удельным весом и может длительное время находиться во взвешенном состоянии, что позволяет провести его удаление из места пайки с помощью вакуумного насоса. Таким образом, в процессе пайки удаётся обеспечить низкое содержание кислорода в рабочем пространстве печи, что благоприятно сказывается на протекании восстановительных процессов оксида алюминия парами магния и формирования качественного паяного соединения.

Для реализации процесса вакуумной пайки алюминиевых теплообменников разработана специализированная установка УВП-1, технические характеристики которой представлены в табл. 1.

С использованием установки УВП-1 проведена пайка опытного образца радиатора из алюминиевого сплава АМц. В качестве материала проставочных листов использовался сплав АМц, плакированный с обеих сторон припоем 01315. Покрывные листы также изготавливались из сплава АМц с односторонней плакировкой припоем 01315.

Исходя из особенностей нагрева алюминиевых сплавов при вакуумной пайке, включающих термическое разложение гидрооксидов в поверхностном слое оксидной плёнки с выделением кислорода и паров воды, разработанная автоматическая программа управления циклом пайки:

1) ступенчатый нагрев до 450°С, согласно стадийному разложению гидрооксидных соединений алюминия на поверхности заготовок;

2) линейный нагрев до температуры $615 \pm 5^\circ\text{C}$ и выдержку 2–3 мин.;

3) охлаждение вместе с печью до температуры 120–150°С.

Пайка опытного образца осуществлялась в автоматическом режиме в вакууме с остаточным давлением в рабочей камере 10^{-3} Па. Рядом с изделием укладывалась пластина технического магния. Контроль температуры осуществлялся на основании среднего значения трёх термопар, размещённых в различных точках на изделии.

После пайки к паяному образцу радиатора с помощью аргоно-дуговой сварки приваривались коллекторы и проводились испытания на герметичность методом «аквариума» с созданием избыточного давления внутри радиатора в 10 атм. В результате проведённых испытаний установлено, что полученный опытный образец теплообменника герметичен.

Проведённые металлографические исследования паяных швов показали формирование плавных галтелей. Непропаи и следы сквозной эрозии паяемой гофры из сплава АМц припоем не обнаружены.



УДК 629.78:621.791:681.3

Чичков С.А., Илюшкин В.Ю.

Новое поколение малогабаритных головок для орбитальной сварки трубопроводов диаметром 25-45 и 45-70 мм

Во всех изделиях ракетно-космической техники (РКТ) имеется значительная протяжённость трубопроводов сложной конфигурации из сталей и алюминиевых сплавов, для монтажа которых необходимо специальное малогабаритное оборудование для орбитальной сварки в неповоротном положении.

В отделении технологии сварки и пайки ФГУП «НПО «Техномаш» в целях обеспечения производства новых изделий РКТ и технического перевооружения предприятий отрасли продолжается разработка и совершенствование специализированного автоматического сварочного оборудования, а также систем управления и технологий различных видов сварки. Автоматическая сварка успешно применяется при производстве самых современных космических аппаратов, жидкостных ракетных двигателей (ЖРД), корпусов и систем ракет-носителей (РН). Существуют основные общие технические требования к разрабатываемому оборудованию:

обеспечение и воспроизводимость технологических параметров;

учёт особенностей техпроцесса сварки пневмогидросистем РКТ;

простота и удобство использования и управления;

высокое качество сварных швов;

стабильная воспроизводимость качества.

Разрабатываемая научно-техническая продукция должна соответствовать требованиям российских и международных стандартов и быть конкурентоспособной на внутреннем и внешнем рынках.

В рамках создания комплексов современного специального сварочного оборудования для АО «Красмаш» разработаны сварочные головки типоразмеров 25-45 и 45-70 мм, представляющие собой новое поколение оборудования этого класса. В целях устранения недостатков предшествующих конструкций при разработке новых учитывались современные требования для сварки пневмогидросистем малого и среднего диаметра из сталей и алюминия-

Таблица – Технические характеристики сварочных головок ГНС 25-45 и ГНС 45-70.

Модель сварочной головки	ГНС 25-45	ГНС 45-70
Наружный диаметр свариваемого стыкового соединения, мм	25-45	45-70
Установочная база, мм	33	33
Максимальный радиус вращающихся частей, мм	65,5	81
Максимальная ширина вращающихся частей, мм	62	62
Диаметр вольфрамового электрода, мм	1,5; 2	1,5; 2
Диаметр присадочной проволоки, мм	0,8; 1,2	0,8; 1,2
Величина радиального перемещения горелки, мм	10	12,5
Максимальная амплитуда осевого перемещения горелки, мм	±10	±10
Скорость сварки, м/ч	до 25	до 25
Максимальный сварочный ток в импульсе, А	100	100
Программное управление	есть	есть
АРНД	есть	есть
Поперечные колебания горелки	есть	есть
Охлаждение горелки	воздушное	воздушное
Габариты, мм	165x225x100	195x245x100
Масса, кг	1,7	2,0

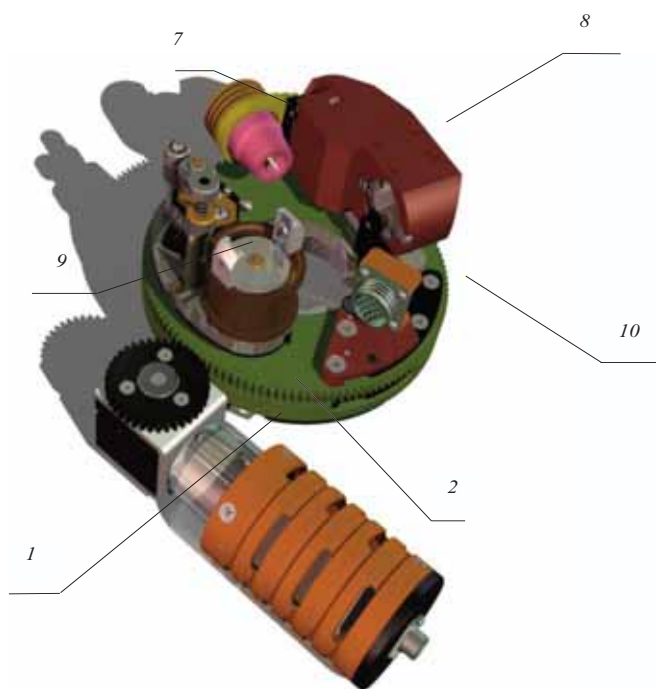


Рис. 1 – 3D модель ГНС 25-45 в закрытом состоянии с установленным приводом

вых сплавов в стеснённых условиях. Новые сварочные головки имеют максимально малые габариты и широкий набор регулировок, позволяющий воспроизводить необходимые технологические параметры.

Рассмотрим наиболее интересные особенности ГСН 25-45 (рис.1 и 2).

Основание (1) и вращающаяся на нем планшайба (2) имеют распашной (клещевой) тип раскрытия. Они состоят из двух половин, синхронно раскрывающихся для установки на необходимом участке трубопровода, а затем надёжно стягивающихся накладным фиксатором (3), имеющим упругий элемент с регулируемым натяжением. При этом габарит неподвижного основания полностью повторяет окружность вращающейся планшайбы и не имеет вытянутой формы, как большинство аналогов. Петли и ось, скрепляющие половины, также находятся внутри окружности планшайбы и основания, а особая геометрия линии разёма позволяет частям свободно раскрываться и не нарушает логику размещения функциональных узлов устройства на планшайбе. Каждая пара половин основания и планшайбы выполнена из единой заготовки, разрезанной электроэрозионным методом с последующей совместной обработкой, что позволило добиться достаточной точной соосности частей, плотного прилегания при замыкании и значительной экономии материала. Такое решение отличается несколькими преимуществами:

- быстрое замыкание и закрепление за одно движение;
- минимальные габаритные размеры и установочная база планшайбы;
- для вращения планшайбы необходима только одна шестерня привода;

- не используется съёмный замыкающий сектор планшайбы, паразитные зубчатые колёса или две ведущие шестерни;
- не используется планшайба из двух наложенных друг на друга пластин с зубчатым зацеплением;
- благодаря замкнутой конструкции минимизирован риск заклинивания и температурных деформаций во время сварки;
- надёжное вращение планшайбы на равномерно распределённых опорах качения;
- новая схема разводки кабелей питания и управления на разные стороны планшайбы без пересечения;
- полное использование площади планшайбы под функциональные узлы сварочной головки.

При замыкании половин происходит автоматическое закрепление головки на трубе благодаря скрытому механизму поджима с подвижным сменным вкладышем (4), который также имеет регулируемый упругий элемент. Подвижность вкладыша позволяет компенсировать возможную погрешность цилиндричности сечения свариваемого участка трубопровода. Вкладыши устанавливаются на внутренний диаметр основания, не выступая за его нижнюю плоскость.

Для плавного вращения планшайбы разработан новый составной тип эксцентриков (5) регулируемых опор качения, характеризующийся лёгкой настройкой, регулировкой, отсутствием крепёжных винтов и малыми размерами.

Вращение осуществляется приводом (6), который присоединяется после фиксации головки на трубопроводе, и состоит из шагового двигателя уменьшенного типоразмера, благодаря применению стандартного малогабаритного планетарного и конического редукторов. Конструкция привода позволяет разворачивать его в три стороны, меняя габариты и удобство присоединения привода при различных монтажных условиях.

На планшайбе располагается уменьшенная горелка (7) с воздушным охлаждением, установленная на компактном механизме слежения по дуге (радиального перемещения) и колебаний горелки (осевого перемещения) (8) в едином цельном корпусе, для которого впервые применены миниатюрные высокомоментные шаговые двигатели нового типа со встроенным редуктором. Слежение по дуге, амплитуда и частота осевых колебаний поддерживает как регулировку в реальном времени, так и автоматический режим. Благодаря новому способу закрепления горелки, она легко отсоединяется от головки вместе со шлангами подвода защитного газа и сварочного тока, и может использоваться на нескольких сварочных головках.

Для сварки с присадкой используется механизм подачи присадочной проволоки тянущего типа новой конструкции (9). Протягивающие ролики выполнены в виде пары зубчатых колёс и зажимают проволоку смещением одного ролика относительно другого в осевом направлении. Ролики вращаются миниатюрным шаговым двигателем со встроенным редуктором (таким же, как и в механизме перемещения горелки), расположенным в центре быстрос-

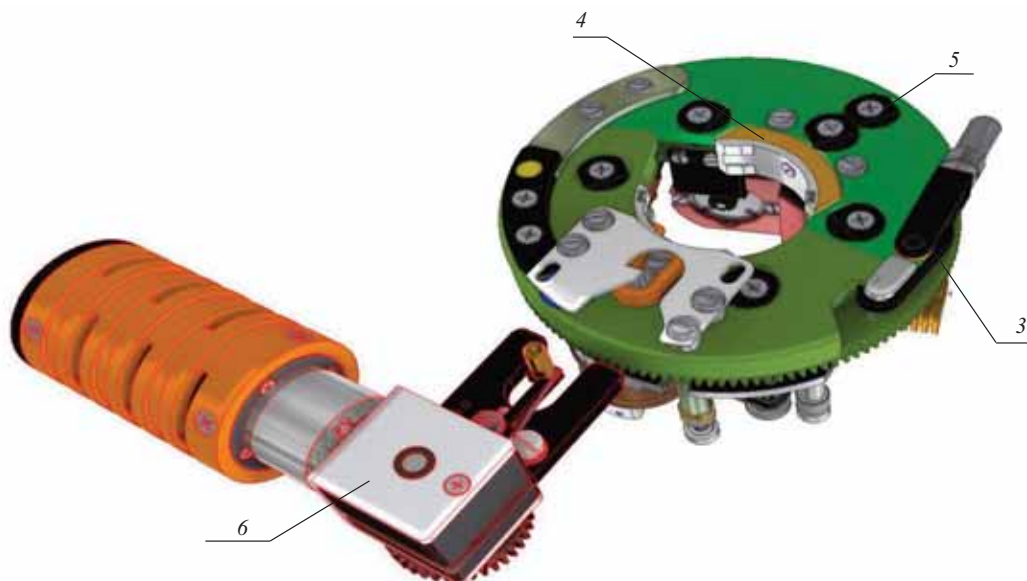


Рис. 2 – 3D модель ГНС 25-45. Вид снизу со снятым приводом



Рис. 3 – 3D модель ГНС 25-45. Замыкание на участке трубопровода

менной кассеты с проволокой, что позволяет приблизить катушку к блоку роликов без увеличения общих габаритов узла, а сам блок роликов имеет независимую подвижность для точной подстройки угла выхода присадочной проволоки. Механизм имеет три ручные корректировки направления проволоки: настройку на разные диаметры труб, настройку высоты подачи проволоки поперёк стыка и регулировка угла подачи.

Управление и питание тремя шаговыми двигателями на планшайбе осуществляются через единый разъем промышленного типа PC18 (10).

Головки полностью удовлетворяют требованиям ОСТ 92-1602 Трубопроводы. Общие требования к сварке (в таких параметрах, как радиус вращающихся частей, максимальная ширина вращающихся частей, установоч-

ная база и др.), который является отраслевым стандартом в разработке орбитальных сварочных головок. При этом вес и трудоёмкость изготовления уменьшена в 2,5–3 раза благодаря преимущественному применению высокопрочного алюминиевого сплава взамен титанового. Некоторые размеры уменьшены в 1,5–2 раза по сравнению с предыдущей головкой данного типоразмера. Головку удобно и просто установить на трубе в большинстве труднодоступных мест в стеснённых условиях монтажа (рис. 3).

Управление процессом сварки осуществляется аппаратурой управления в автоматическом режиме, что позволяет программировать и воспроизводить необходимый режим со стабильным качеством сварного шва.

Поданы патентные заявки на ключевые конструкторские решения.

УДК 629.7:621.791

Кулик В.И., Смирнов А.Г., Сушко В.М., Чубанов А.С., Смирнов А.В.

Отечественные сварочные источники для предприятий отрасли

К сварочным источникам, используемым для автоматической орбитальной сварки трубопроводов предъявляются высокие технологические требования.

В последние годы сварочное оборудование, разрабатываемое для предприятий отрасли отделением сварки и пайки нашего Предприятия, комплектовалось сварочными источниками, изготовленными немецкой фирмой EWM.

В 2016 году на рынке профессионального сварочного оборудования появились сварочные источники «ROSWELD». Изготовителем этих источников является «Завод технологических источников», расположенный в Санкт-Петербурге.

Согласно достигнутой договоренности с ООО «Дебьер», являющимся поставщиком источников серии «ROSWELD», нашему Предприятию предоставлен сварочный источник «ROSWELD TIG 350P AC/DC» для проведения его промышленных испытаний. Испытания проводились в лаборатории дуговой сварки при ручной и автоматической сварке образцов из нержавеющей стали и алюминиевых сплавов, а также при орбитальной сварке неповоротных стыков трубопроводов с использованием сварочной головки ГНС-25.

В результате испытаний установлено, что сварочный источник обеспечивает стабильное зажигание и устойчивое горение сварочной дуги во всём диапазоне паспортных режимов, обладает значительным количеством регулируемых параметров. При выборе режима сварки на переменном токе (AC) с помощью графического изображения на дисплее сварочного источника могут быть выбраны баланс, частота, а также форма кривой в виде синусоиды, треугольника, прямоугольника или автоматическая адап-

тация кривой переменного тока в зависимости от величины сварочного тока.

Следует отметить, что разработанный отечественными специалистами сварочный источник не уступает, а по количеству и качеству регулируемых параметров превосходит большинство импортных сварочных источников.

Архитектура силовой части модульного типа позволяет наращивать максимальный ток сварки до требуемых на производстве значений (по заявлению разработчика до 2000А). Ранее сварочные источники с такими характеристиками значений сварочного тока поставляла на наш рынок только американская фирма «Miller Electric».

Очень удобна система управления сварочными режимами и параметрами источника с отображением циклограммы на цветном дисплее и пояснениями на русском языке (рис. 1).

Технические специалисты разработчика сварочных источников «ROSWELD» готовы внести изменения в схему электрических соединений источника для упрощения управления параметрами сварочного процесса с пульта аппаратуры управления автоматической сваркой типа «Гелиос», разработанной и выпускаемой нашим Предприятием.

Приобретение сварочного источника «ROSWELD TIG 350P AC/DC» планируется для выполнения работ по ОКР «Прогресс-2025», а также для его дальнейшего тестирования.

Разработанное отечественными специалистами сварочное оборудование «ROSWELD» соответствует Постановлению правительства Российской Федерации об импортозамещении.



Рис. – Панель управления сварочного источника



♦ ТЕХНОЛОГИЯ ИСПЫТАНИЙ И НЕРАЗРУШАЮЩИХ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ

УДК 629.78

Кологов А.В., Соловьев В.Н.

Средства очистки изделий РКТ. Поиск альтернативы хладонам

16 февраля 2017 года во ФГУП «НПО «Техномаш» состоялось отраслевое заседание НТС «Средства очистки изделий РКТ. Поиск альтернативы хладонам». В заседании приняли участие представители: Госкорпорации «Роскосмос», АО «НИИ «Гермес», ФГУП «ЦНИИМаш», ФГУП «РНЦ «Прикладная химия», АО «НПО Энергомаш», АО КБХА, ФГУП «НПЦАП», АО «Красмаш», АО «ИСС», АО «ГРЦ Макеева», КБ «Арматура», РКЗ ФГУП «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева», КБ «Салют», АО «ГНИИХТЭОС», АО «ЦНИИСМ», ФГУП «НПО им. С.А. Лавочкина», «КБ Химмаш им. А.М. Исаева», ПАО «Протон-ПМ», «УКВЗ», ОАО «Композит», ФГУП «ЦИИМаш», АО «РКЦ «Прогресс».

По условиям Монреальского протокола по веществам, разрушающим озоновый слой, подписанного и ратифицированного Российской Федерацией, производство этого озоноопасного продукта в развитых странах мира прекращено с 2000 года. Ограниченное производство хладона 113 в нашей стране для особо важных видов применения – космической деятельности по квотам Комитета Монреальского протокола разрешалось вплоть до 2015 года.

В настоящее время хладон 113 ($C_2F_3Cl_3$) ГОСТ 23844-79 применяется примерно на 20 российских предприятиях ракетно-космической промышленности (РКП) в технологиях очистки и испытаний ДСЕ РКТ (элементы топливных систем ЖР и ЖРД, контуров СТР КА, гироскопов СУ и др.). Общий объем ежегодного потребления составляет примерно 200,0 т. Основные потребители (более 10 т/год) – АО «Энергомаш», ФГУП «НПЦ АП», АО «Красмаш».

Имеющиеся в настоящее время на предприятиях РКП запасы хладона 113 незначительны. Поэтому поиск и разработка альтернативных озонобезопасных технологий представляет в последние годы важную задачу.

Для ее решения проведены поиск новых озонобезопасных очищающих сред и отработка новых технологий с их применением по следующим основным направлениям:

- технология очистки на основе использования высокоэффективных водно-моющих средств серии «Деталан»;
- расширение возможности применения в технологиях очистки органических растворителей (бензин-растворитель, спирты, эфиры, кетоны);
- отработка и освоение технологических процессов и оборудования очистки, и испытаний ДСЕ РКТ с применением растворителей-гидрохлорфторуглеродов – хладон 141b ($C_2FCl_2H_3$), хладон 122 ($C_2F_2Cl_3H$), хладон 225 ($C_3F_5Cl_2H$);
- оценка возможности применения растворителей RC316 ($C_4Cl_2F_6$) и R6 ($CF_3CF_2C(O)(CF_3)_2$) при изготовлении поплавковых гироскопов;

– оценка возможности применения хлорорганического растворителя – хлористый метилен (CH_2Cl_2).

По результатам отработки альтернативных технологий выпущены отраслевые нормативно-методические документы: ОСТ 134-1036-2005, ОСТ 134-1041-2005, ОСТ 134-1046-2008, ОСТ 134-1047-2008.

Перспектива широкого освоения технологий на основе гидрохлорфторуглеродов ограничена сроками производства, разрешаемого по условиям Монреальского Протокола. К тому же, до сих пор не создано отечественного производства хладона 141b и хладона 122. Данные растворители выпускаются в настоящее время предприятиями Китая по технологиям, разработанным российскими специалистами (РНЦ «Прикладная химия»), поэтому в полной мере соответствуют требованиям отечественной нормативной документации ТУ 24-019-00480689-94, ТУ 301-02-137-90, ТУ 301-02-170-92.

Испытания разработанных в последние годы зарубежными компаниями DuPont, 3M, Honeywell (США) новых озонобезопасных растворителей, в т.ч. Vertrel XF, Vertrel MCA, Novec HFE-7100, Novec HFE-7200, Novec HFE-71DE, Novec HFE-72DE, Soltice™ 1233zd (E) и других не подтвердили возможности их практического применения в процессах очистки гироскопов, ни основных агрегатов РКТ. Однако в ходе испытаний отмечено, что для повышения растворяюще-очищающих качеств в большинстве растворителей добавляется в азеотропных содержаниях транс-1,2-дихлорэтилен. В настоящее время эти растворители не выпускаются отечественными предприятиями.

АО «ГНИИХТЭОС» предложены образцы новых растворителей на основе транс-1,2-дихлорэтилена, а АО «НИИ «Гермес» проведены их предварительные лабораторные испытания и проверки, показавшие перспективность применения таких растворителей взамен хладона 113 в процессах очистки, промывки и испытаний ДСЕ основных агрегатов РКТ (топливные баки, ЖРД, арматура, автоматика и др.). Однако для окончательного решения потребуется полномасштабная отработка в производстве технологий с применением таких растворителей с решением вопросов токсикологической и пожаровзрывобезопасности. Отечественное производство транс-1,2-дихлорэтилена в необходимых объемах по цене не более 0,5 млн руб. за тонну может быть организовано из отходов производства винилхлорида, которые в настоящее время утилизируются.

На отраслевом НТС были представлены следующие доклады по актуальной для РКП проблеме:

- АО «НИИ «Гермес»: «Поиск альтернативы хладону 113, отработка технологий очистки, обезжиривания ДСЕ РКТ

с использованием альтернативных растворителей и высокоэффективных моющих агентов»;

- ФГУП «РНЦ «Прикладная химия»: «Возможность применения в процессах финишной очистки изделий альтернативных хладону 113 растворителей»;
- АО «ГНИИХТЭОС»: «О разработке новых озонобезопасных растворителей для применения в технологиях финишной очистки изделий»;
- АО «НПО Энергомаш им. академика В.П. Глушко»: «О результатах отработки и освоения в производстве технологий и оборудования финишной очистки ДСЕ ЖРД растворителем хладон 141b»;
- АО КБХА: «Результаты отработки технологии и оборудования очистки, обезжиривания ДСЕ ЖРД растворителем хладон 141 б»;
- ФГУП «НППЦАП»: «Оценка возможности применения хладона 122 в технологических процессах межоперационной очистки деталей приборов точной механики растворителем, а также возможности использования нового озонобезопасного растворителя R6 для удаления из полостей приборов остатков балансировочных жидкостей»;

- АО «ИСС»: «Проблема замены хладона 113 в технологиях очистки, промывки ДСЕ систем космических аппаратов»;
- КБ «Арматура»: «Опыт применения для очистки ДСЕ арматуры и автоматики РКТ водно-моющих средств серии «Деталан»;
- АО «ГРЦ Макеева»: «Решение задачи обеспечения надёжности новых образцов ЖР ампулированного типа на весь период штатной эксплуатации благодаря применению хладонов в технологиях очистки, обезжиривания, испытания на прочность и герметичность ДСЕ топливной системы и ЖРД»;
- АО «Красмаш»: «Перспектива освоения на предприятии АО «Красмаш» технологий очистки, испытания на прочность и герметичность новых изделий хладонами».

На основе решения НТС сформулированы предложения для заявок на опытно-конструкторские работы по разработке технологий очистки без использования хладонов.

УДК 621.357.1

Бичурин Х.И., Машков В.Н.

Химический состав многофункциональных алмазных покрытий

Известно, что сплавы на титановой основе обладают низкими антифрикционными свойствами. Для повышения антифрикционных свойств титановых сплавов применяют различные методы упрочнения трущейся поверхности [1].



Рис. 1 – Растровый электронный микроскоп Quanta 650

Создание композиционных электрохимических покрытий (КЭП) является одним из наиболее важных направлений современной гальваники и диктуется потребностью машиностроительной отрасли в увеличении ресурса деталей пар трения-скольжения.

Особый интерес представляет композиционное электрохимическое многофункциональное покрытие с ультрадисперсными алмазами (УДА), придающих поверхности высокую микротвёрдость и износостойкость.

В настоящее время в различных отраслях промышленности широко применяются композиционные никель-алмазные покрытия. Наиболее качественные получают электрохимическим способом. Используемые УДА представляют собой частицы, близкие по форме к сферическим или овальным. Такие частицы могут образовывать седиментационно и коагуляционно устойчивые системы в электролитах. При этом УДА сочетают в себе свойства одного из самых твёрдых веществ в природе с химически активной оболочкой в виде функциональных групп, способных, как оказалось, участвовать в химических и электрохимических циклах. Во время осаждения взвешенные частицы УДА взаимодействуют с поверхностью растущего покрытия благодаря гидродинамическим, электростатическим и молекулярным силам. Этот цикл приводит к созданию композиционного покрытия. В данной работе представлены материалы по определению химического состава наноалмазных покрытий, нанесённых в целях по-

Название спектра	C	Al	Ti	V	Sn	Сумма
Спектр 1		6.37	90.47	0.28	2.87	100.00
Спектр 2	71.44	1.55	26.09	0.05	0.86	100.00
Спектр 3	43.67	2.93	51.64	0.16	1.60	100.00
Спектр 4	58.33	2.50	37.87	0.12	1.19	100.00

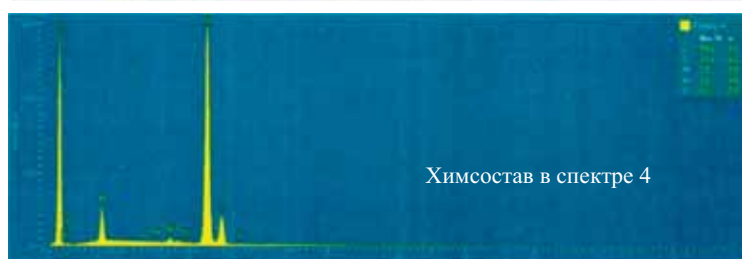
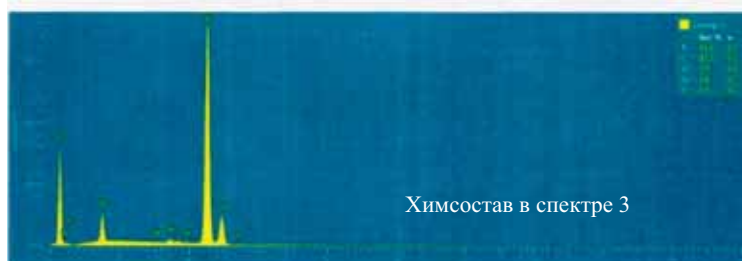
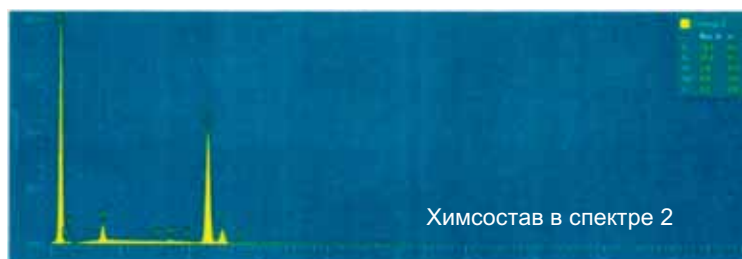
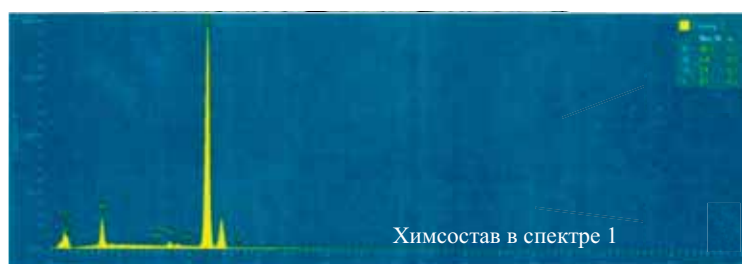
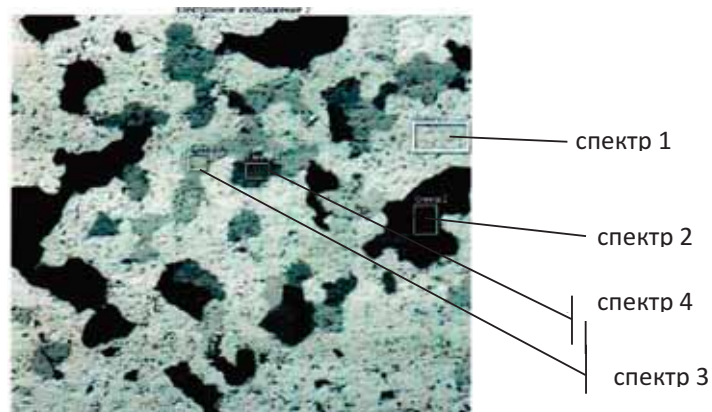


Рис. 2 – Химсостав вакуумно-плазменного покрытия на участках спектр 1 – спектр 4

Название спектра	C	Ni	Сумма
Спектр 7	36.34	63.66	100.00
Спектр 8	63.76	36.24	100.00

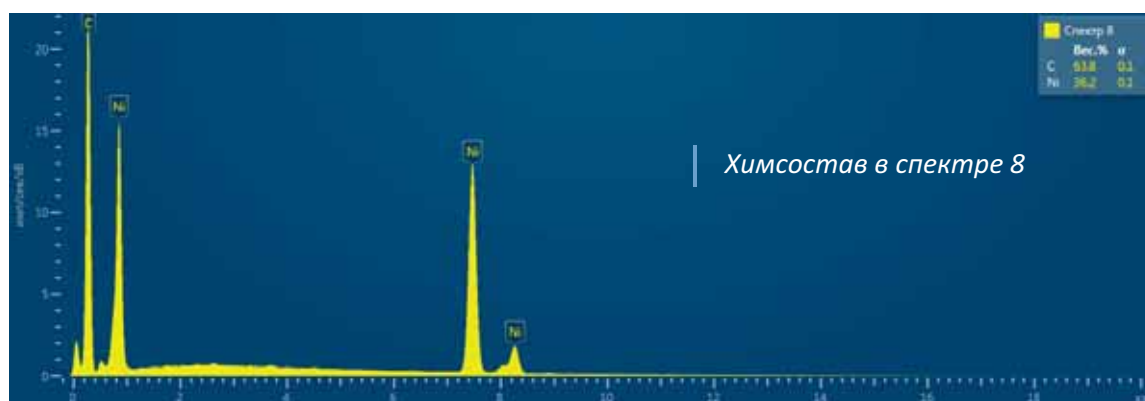
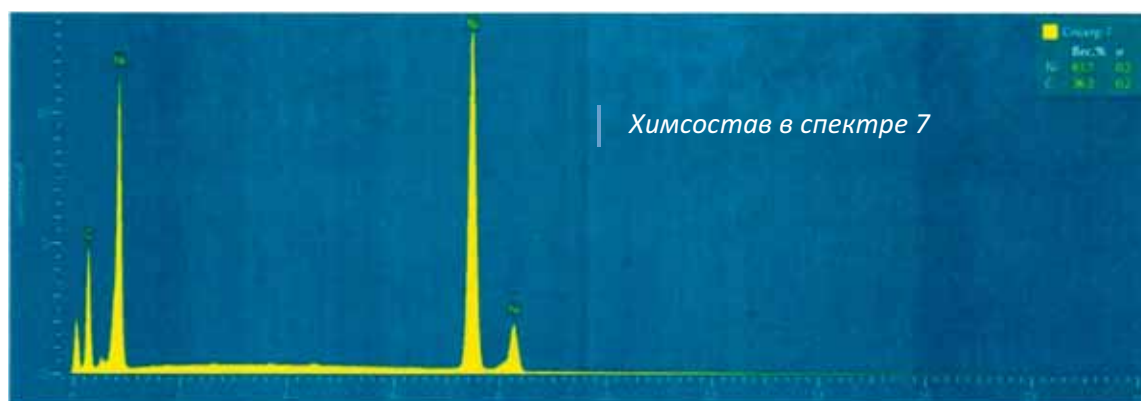
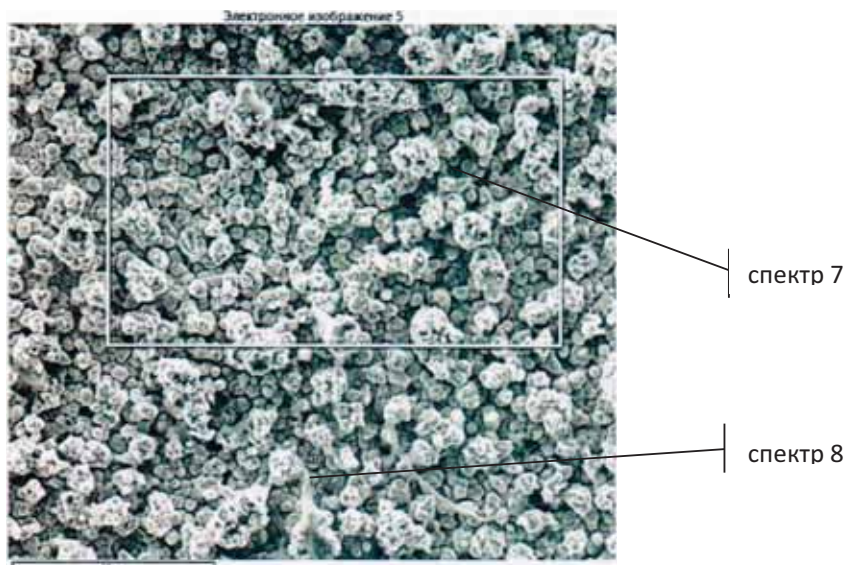


Рис. 3 – Химсостав электрохимического никельалмазного покрытия толщиной 10 мкм на участках спектр 7 – спектр 8

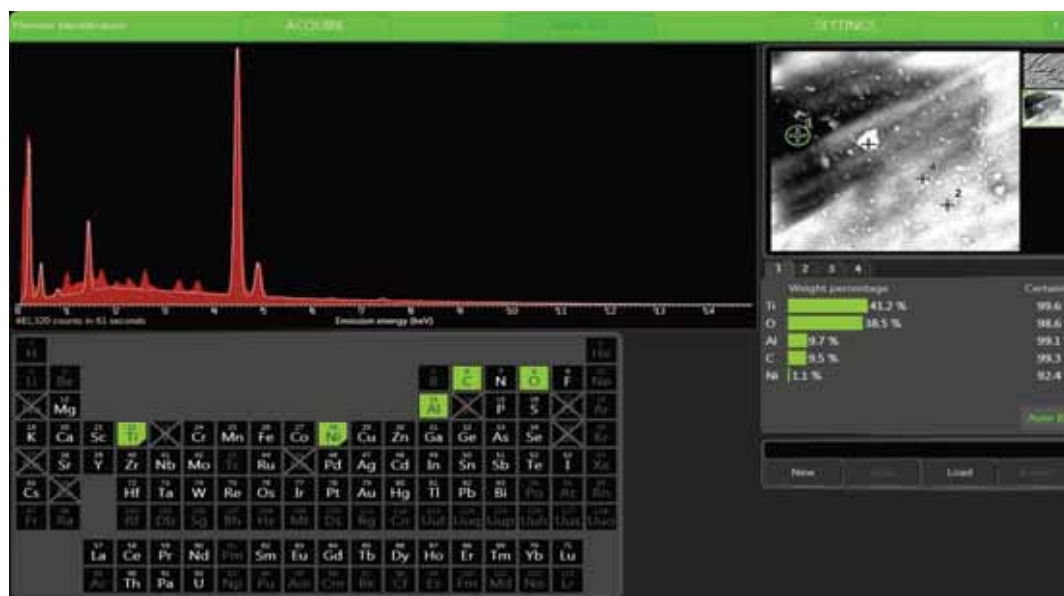


Рис. 4 – Химсостав электрохимического никель-алмазного покрытия толщиной 5 мкм сплава ВТ5-1 в темно-серой зоне 1

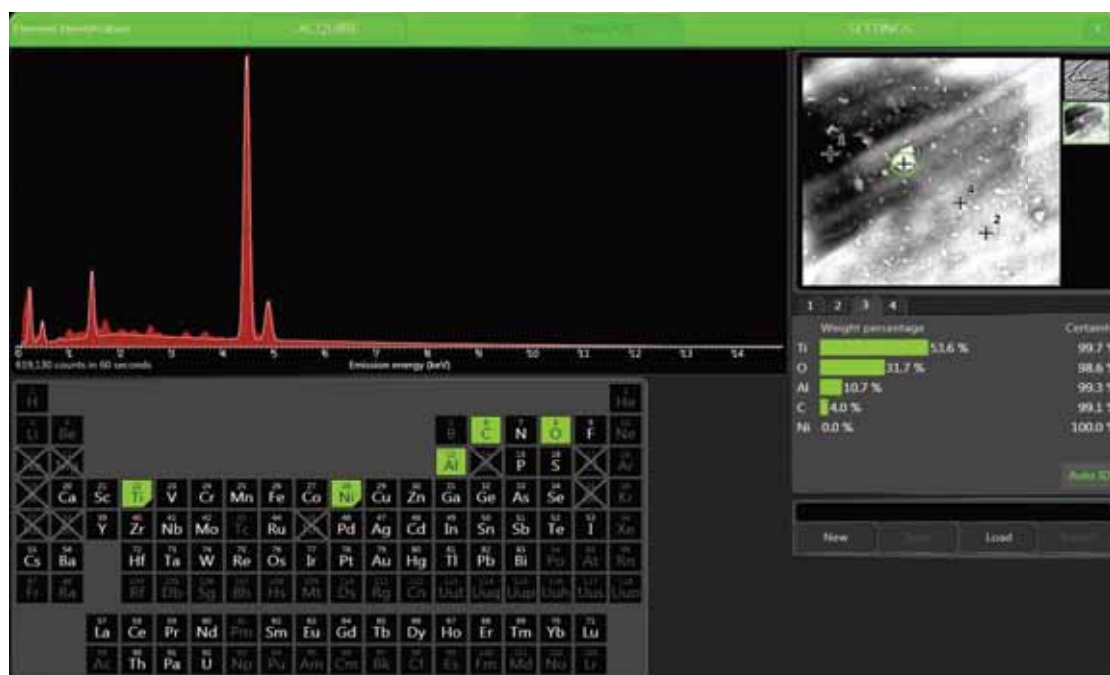


Рис. 5 – Химсостав металлоалмазного покрытия, никель-алмазного покрытия толщиной 5 мкм сплава ВТ5-1 в светлой зоне 3

вышения износостойкости трущейся поверхности образцов из сплава ВТ5-1.

Наличие в покрытии чрезвычайно развитых по площади и прочных по химическим связям граничных слоёв металл-алмаз обеспечивает повышенную износостойкость и микротвёрдость. Высокая химическая и адсорбционная активность поверхности частиц УДА обеспечивает более высокий уровень упрочнения покрытия, чем поверхность других известных дисперсных частиц, не обладающих таким набором свойств, как УДА. Таким образом, граница раздела металл-УДА служит не слабым, как обычно, а наоборот, упрочняющим звеном в структуре КЭП [2].

Покрытия наносились методом гальванического осаждения детонационных наноалмазов с никелем и вакуумно-плазменным методом.

Частицы УДА в отличие от обычных мелкодисперсных порошков-наполнителей являются специфическим структурообразующим материалом. Во время осаждения взвешенные частицы УДА взаимодействуют с поверхностью растущего покрытия, благодаря гидродинамическим, электростатическим и молекулярным силам.

Гальваническое никель-алмазное покрытие наносилось на поверхность титановых образцов в электролите следующего состава, г/л:



Рис. 6 – Химсостав электрохимического металлоалмазного покрытия толщиной 10 мкм сплава ВТ5-1 в темной зоне 2

никель серноокислый	10–30;
аммоний щавелевоокислый	40–90;
натрий фтористый	3–15;
натрий уксуснокислый	3–20;
натрий бромистый	1–2;
борная кислота	30;
УДА	10.

В целях получения более качественного покрытия, увеличения выхода по току и скорости нанесения равномерного покрытия процесс осаждения КЭП производился в ультразвуковом поле, создающем интенсивное перемешивание электролита в прикатодном слое и микрокавитационные процессы, удаляющие загрязнения и разрушающие окисные плёнки на поверхности титановых образцов.

Химический состав покрытий определялся на растровом электронном микроскопе Quanta 650 (рис. 1) и электронном микроскопе PHENOM G2.

На рис. 2 и 3 приведены результаты химического анализа алмазного покрытия с помощью микроскопа Quanta 650, нанесённого на плоскую поверхность образца по технологиям ФГУП «НПО «Техномаш».

На электронном изображении поверхности образца с покрытием цвет пятен связан с количеством углерода: чем темнее пятно, тем больше количество углерода.

Так на рис. 2 в светлом спектре 1 размером 45x23 мкм углерод не обнаруживается. В наиболее тёмном спектре 2 размером 18x23 мкм количество углерода наибольшее и составляет 71,44%. В сером спектре 3 размером 15x15 мкм и спектре 4 размером 18x11 мкм количество углерода составляет 43,67% и 58,33% соответственно.

Остальные составляющие, определённые микроскопом, являются составляющими подложки (сплава ВТ5-1).

На рис. 3 в спектре 7 покрытия среднее значение количества углерода на участке 111x66 мкм составляет 36,34% (остальное – никель), а в спектре 8 количество углерода составляет 63,76% (остальное – никель). Толщина покрытия 5 мкм.

На рис. 4, 5 и 6 представлены результаты химического анализа на электронном микроскопе PHENOM G2 композиционного электрохимического многофункционального покрытия толщиной 5 мкм с УДА. На данных рисунках, также, как и на рис. 2, цвет пятен на изображении поверхности покрытия связан с количеством углерода: чем темнее пятно, тем количество углерода больше.

Выводы

1. Уменьшение толщины вакуумно-плазменного покрытия $\leq 0,5$ мкм приводит к неравномерности распределения углерода на покрываемой поверхности.
2. Поскольку частицы УДА очень малы, это позволяет получить в ультразвуковом поле, создающем интенсивное перемешивание электролита в прикатодном слое, достаточно плотное и равномерное распределение их в осаждённом электрохимическом композиционном многофункциональном покрытии.
3. Никельалмазное гальваническое покрытие толщиной 10 мкм обладает наиболее равномерным распределением УДА с никелем (рис. 3).

Список литературы

1. Машков В.Н. Трибологические испытания пар трения с многофункциональными покрытиями // Технология машиностроения. 2016. №1. С. 15–18
2. Долматов В.Ю. Ультрадисперсные алмазы детонационного синтеза. СПб.: СПб ГПУ, 2003. 344 с.



УДК 681.2+620(035) ББК 30.82

*Кологов А.В., Соловьев В.Н., Барышников В.И.***Исторические аспекты применения единиц измерений в гелиевом течеискании**

Массовое применение гелиевых масс-спектрометрических течеискателей в отечественных отраслях промышленности ведёт отсчёт примерно с 1960 г., когда заводом «Измеритель» начался выпуск высокочувствительных приборов ПТИ-4. Заказчиком таких приборов выступал Научно-исследовательский институт вакуумной техники (НИИВТ), который выдвинул требования к определяемым с помощью течеискателя единицам потока гелия. В то время течеискатели использовались, главным образом, в целях постепенного доведения крупных вакуумных объектов (синхрофазотронов и т.п.) до степени герметичности, соответствующей условиям эксплуатации. Натекание из атмосферы в вакуум являлось основным критерием герметичности.

Закрепившаяся единица натекания 1 л мкм рт. ст./с довольно крупная, равная примерно std. 1,32 мм³/с. Пришлось применять дольные частицы с отрицательной степенью числа 10 (от 1·10⁻¹ до 10⁻⁹ л мкм рт. ст./с). Для специалистов вакуумной техники такие единицы – обычная практика, но в других отраслях промышленности это встретило лёгкий ропот. Однако с помощью старых течеискателей определяли потоки гелия только в этих единицах. Технологи уговаривали конструкторов, что, если степень герметичности изделия ракетно-космической техники (РКТ) будет выражена в таких «монстрах» как «л мкм рт.ст/с», то технологически обеспечится необходимая герметичность, поэтому конструкторам машиностроения пришлось смириться.

Любой непрофессионал в области течеискания хорошо воспринимает только привычные (обыденные) обозначения: л; см³; мм³; std.; атм; мм рт. ст.; сек.; мин.; час и получает адекватные им ассоциации. В выражениях уместны дольные и кратные коэффициенты: мили, микро, кило и мега на родном языке пользователя. Если к этим приставкам добавить еще и численные степени, тем более отрицательные, восприятие сильно осложняется. Особенно затруднительно понимание таких обозначений единиц физических величин для разработчиков изделий РКТ, для которых ассоциативное мышление особенно важно. С переходом на применение основной единицы потока в системе СИ ситуация еще больше усложнилась. Гелиевое течеискание применяется в тех случаях, когда требуется индцировать довольно малые течи, не обнаруживаемые другими, более простыми методами. Единица потока газа 1 м³Па/с очень крупная, поэтому приходится применять дольные частицы, уже со степенями от 1·10⁻³ до 10⁻¹⁴, что физически представить довольно трудно.

Течеискатели с цифровой обработкой информации уже давно индцируют потоки в любой заранее заданной размерности. Ради преимственности мышления, нормы

герметичности кроме м³Па/с индцируются ещё и в привычных л мкм рт. ст./с, а давление кроме Па, в мм рт. ст. Есть также обозначения «миллибар» – соответствующие тысячной доли атмосферы и «std.», подразумевающие нормальные атмосферные условия.

В западных средствах индикации микропотоков закрепилась единица – литр милибар/с, в РКП – л·мкм рт. ст./с, а в отечественной электронике – см³Па/с. Но, все эти единицы достаточно крупны.

С точки зрения разработчиков техники в конструкторской документации объектов испытаний, наиболее удобным повседневым обозначением единицы микропотока при контроле герметичности следует считать 1 std. мм³/ч, что составляет 2,04·10⁻⁴ л мкм рт.ст/с или 2,77·10⁻⁸ м³Па/с. Норма герметичности, заданная в системе СИ с размерностью м³Па/с должна обязательно транслироваться рядом в более удобных размерностях std. мм³/с или std. мм³/ч, в крайнем случае, в привычных л мкм рт.ст/с или ведомственных см³Па/с.

У любого человека (и не только у технически сведущего) используемые размерности должны вызывать прочные понятные ассоциации на уровне подсознания. Например, никому не придёт в голову обозначать время в килосекундах или мегасекундах в соответствии с системой СИ, для этого есть минуты, часы, сутки, вплоть до парсеков. Для бездумных насаждателей системы СИ – килограммы, литры, атмосферы, караты, ангстремы, дюймы, мили, узлы – это дилетантизм, однако, англоязычные страны до сих пор не перешли на международную систему мер (СИ), так как при этом пострадает традиционное мышление граждан. От этого теряет наука, а от перекраивания документации потеряет промышленность и бюджет!

В то же время, в англоязычных источниках единицу потока газа м³Па/с как бы приравняли к единице потока энергии Вт (W), что является грубой ошибкой и показывает определённую безграмотность стандартизаторов. Обескураженные отечественные литераторы от техники стали додумывать, что «физический смысл того, что приведение объёма к давлению представляет собой энергию, запасённую в газе, а изменение этой энергии во времени – мощность» (Евлампиев А.В., Попов Е.Д., Сажин С.Г., Сумкин П.С. Течеискание. Учебное пособие. М., 2011). Так как течеискатель регистрирует только поток гелия, непонятно – к чему относить эту энергию: к потоку гелия в ваттах, который как бы намерил течеискатель, или к общему потоку контрольного газа, в котором содержание гелия обычно невелико, а может быть – это дефект массы гелия, выраженный энергетически!?

Согласно, законам Бойля – Мариотта, Гей-Люссака, Паскаля и Авогадро, количество газа всегда связано с определёнными условиями, при которых взят его объём



(давление, температура и даже влажность) и не имеет никакого отношения к энергии и мощности. Работа, которую этот газ может совершить, появится только при прохождении этим газом некоторого перепада давлений, откуда и получатся единицы энергии и мощности. Относить эти джоули и ватты к количеству газа уже прошедшего через течь – вынужденная, но грубая ошибка. Единица Па в выражении м³Па является безразмерным множителем, на который нужно умножить объём, чтобы получить истинное количество газа, приведённое к давлению 1Па.

В конечном счёте:

объём [показатель давления] = объём.

Применение размерности Вт взамен м³Па/с приводит к парадоксу с потоком в размерности Моль/с. Получается, что количество молей вытекшего газа, не привязанного ни к какому давлению, соразмерно некоему количеству энергии в джоулях! Эту несуразность отметил и Всероссийский научно-исследовательский Институт метрологии (ВНИИМ им. Д.И. Менделеева), отказывающийся утверждать средства измерения потока газа, в том числе и течеискатели с обозначения потока в размерности Вт.

К сожалению, англоязычная небрежность довольно широко проникла в нашу среду и распространилась на научно-техническую литературу, методические материалы высшей школы, стандарты, документацию разработчиков течеискателей и др. Например, выпускники МАИ защищают дипломы с размерностью 1 м³Па/с = 1 Вт, навязанной им деканатом. Пора поставить заслон этому косноязычию!

Целесообразно использовать в отрасли такую форму записи единицы потока газа, прошедшего через течь, при которой ассоциативное мышление не нарушается и не может появиться ошибка трактовки размерности. Например, в газовой промышленности согласно ГОСТ 2939-63 Газы, условия для определения объёма любой объём газа всегда приводится к стандартным условиям 760 мм рт. ст., 20°C, нулевая влажность и остается только объёмом.

В размерности std. мм³/с однозначно понимается, что объём газа в 1 мм³ взят при стандартных атмосферных условиях (давление, температура и т.д.) и является, согласно закону Авогадро, определённым мерилем количества молекул газа (но не энергии).

Кроме единиц потока история навязала нам измерение малых концентраций гелия в %. Это связано с приведёнными в старых физических справочниках данными, что объёмное содержание гелия в атмосфере равно 1/200000 или 5·10⁻⁴%, что абсолютно верно. Но, в расчётных формулах малые концентрации гелия мы сначала переводим в %, а затем успешно избавляемся от них, поделив результат на 100. Это делает формулы непрозрачными, особенно если учесть, что к понятию % нужно прибавить ещё и степени 10⁻¹ ÷ 10⁻⁴ и т.п.

Для обозначения малых объёмных концентраций газов в технике существует единица 1 ppm – одна миллионная доля. Разработчики отечественных течеискателей сопротивляются вводу измерений концентрации гелия, так как нет поверяемых эталонов в диапазоне менее 100% и более 0%. В некоторых течеискателях ино-

странного производства такие измерения уже введены. Кроме того, есть весьма стабильная величина содержания гелия в воздухе 5 ppm, а составить любую другую концентрацию гелия в воздухе с точностью ±5% в условиях любой лаборатории не составляет труда!

Кроме всего прочего, при любом используемом методе гелиевого течеискания чрезвычайно важно иметь информацию об общем входном потоке газа в течеискатель. Некоторые современные иностранные течеискатели уже измеряют входные потоки газа в разных единицах. При этом, не составляет труда регистрируемые потоки гелия представлять как объёмные концентрации гелия в этом входном потоке с размерностью ppm, что воспринимается адекватно и делает расчёты более понятными. На этом основывается вся группа испытаний методом накопления при атмосферном давлении (НАД).

Нам кажется целесообразным, чтобы все отечественные течеискатели выпускались с дополнительными возможностями:

- индикации общего входного потока (натекания) в размерностях л мкм рт.ст./с или std.мм³/с, что очень близко (1 л мкм рт.ст./с = 1,32 std.мм³/с);
- индикации потока гелия в заказанных единицах или в размерностях std. мм³/с и std. мм³/ч;
- измерения малых объёмных концентраций гелия в общем входном потоке с размерностью ppm.

В руководстве по эксплуатации некоторых отечественных течеискателей, в качестве дополнительной опции, дается пересчёт нормы герметичности при изменении содержания гелия в рабочей смеси, что не корректно, т.к. не учитывается разность вязкостей и коэффициентов диффузии гелия и воздуха через материал изделия и микронеплотности, характер дефектов объекта испытаний и другие аспекты.

Только разработчик имеет точное представление, как изменятся условия испытаний его изделия при изменении концентрации гелия в контрольной смеси.

В ряде случаев при испытании изделий, использующих электровакуумные приборы, не допускается не только произвольное увеличение концентрации гелия в объекте, но даже и несогласованное увеличение времени испытаний.

Кроме того, возможность пересчета заданной конструктором степени герметичности при изменении концентрации гелия в смеси приводит к желанию производства сэкономить. Это порождает некую уверенность, что испытатель, согласно своим конъюнктурным соображениям, может просто отступать от конструкторской и технологической документации без согласования изменений технологии с конструктором изделия или с технологической службой, разработчиком типового (отраслевого) технологического процесса.

Пора отнестись к нашей конструкторской и технологической мысли более уважительно, без оглядки на западные мнения, ведь «может собственных Платонов и быстрых разумом Ньютонів российская земля роджать»!

УДК 621.454.2: 621.791.05:620.179.16

Миляченко А.А., Нейжмакова А.Е., Фадин А.С., Штылин А.А.

Новое инновационное оборудование для неразрушающего контроля качества сварных соединений в труднодоступных местах ДСЕ ЖРД

Для контроля большинства сварных швов жидкостных ракетных двигателей (ЖРД) используется рентгеновский метод неразрушающего контроля (НК). Однако плотная компоновка конструктивных элементов в ряде случаев существенно затрудняет доступ к сварным соединениям. В таких случаях применяется методика ручного ультразвукового контроля (УЗК) с использованием дефектоскопа с одноэлементным преобразователем.

Для повышения эффективности и достоверности результатов контроля труднодоступных зон сварных соединений ДСЕ ЖРД типа РД 191 разработано специальное оборудование, функционирующее с отечественным дефектоскопом УСД-60ФР, использующим ультразвуковой преобразователь с фазированной решёткой (ФР) 5Л16-0,31х5. Основными конструктивными и функциональными элементами разработанного оборудования являются:

- сканер ультразвуковой;
- пульт управления сканером;
- ультразвуковой дефектоскоп УСД-60ФР;
- преобразователь ультразвуковой ФР 5Л16-0,31х5;
- призма SB20 - N5S5;
- платформа передвижная;
- удлинитель на катушке;
- сетевой фильтр.

Сканер ультразвуковой (рис. 1) обеспечивает фиксацию и перемещение ультразвукового преобразователя с призмой на объекте контроля. В состав сканера входят сканирующая ультразвуковая головка (рис. 2), бандаж

и каретка. При сканировании сигналы с преобразователя передаются в ультразвуковой дефектоскоп для обработки и отображения информации. Управление сканером происходит с помощью пульта управления сканером. В состав каретки входит шаговый двигатель, посредством которого происходит перемещение каретки по бандажу. Изменение режима дробления шага, направления вращения, установки скорости задаётся с помощью пульта управления сканером. Для привязки результатов сканирования к месту контроля служит энкодер.

Схема контроля с использованием преобразователя на фазированной решётке позволяет прозвучивать шов ультразвуковым лучом, угол ввода которого изменяется в диапазоне 35–65°, в то время как стандартный одноэлементный преобразователь способен вводить луч с конкретным углом ввода в пределах того же диапазона углов. Размеры преобразователя на фазированной решётке не превышают размеров стандартного одноэлементного преобразователя, тем самым требования к размеру около шовной зоны, по которой перемещается преобразователь, у этих преобразователей одинаковы.

Данные параметры расширяют возможности контроля, а малые размеры сканера позволяют проводить контроль при зазоре между конструктивными элементами более 100 мм.

Разработанное специальное оборудование обеспечивает:

- повышение контроледоступности за счёт малогабаритных преобразователей с фазированной решёткой;

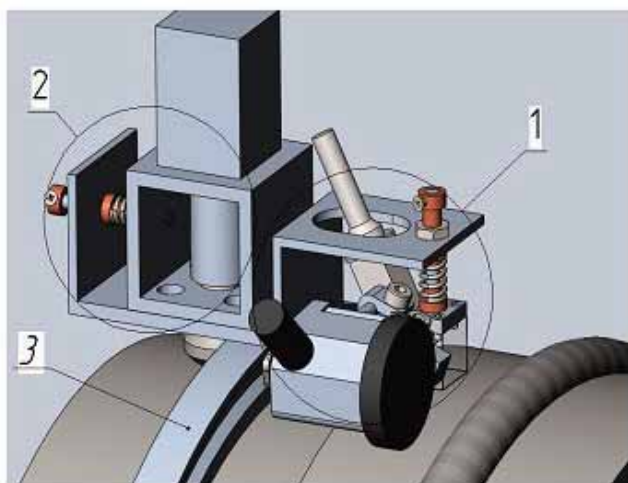


Рис. 1 – Сканер ультразвуковой:

- 1 – сканирующая ультразвуковая головка;
2 – каретка; 3 – бандаж;
5 – кронштейн

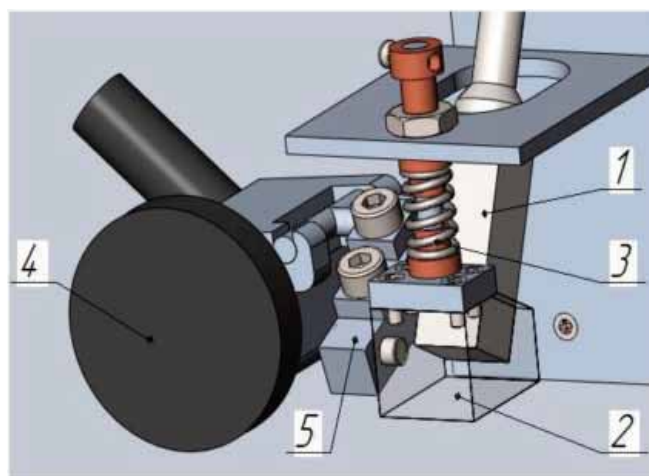


Рис. 2 – Сканирующая ультразвуковая головка:

- 1 – малогабаритный преобразователь (на фазированной решётке); 2 – призма; 3 – прижимной механизм; 4 – энкодер;
5 – кронштейн

- повышение достоверности контроля за счёт применения автоматизированной программной обработки изображений;

- повышение технологичности процесса контроля и хранение его результатов в электронном виде.

Комплект технической и нормативной документации, разработанный на данное оборудование, включает:

- комплект РКД ЕРКД.412231.500;
- ведомость эксплуатационных документов ЕРКД.412231.500ВЭ;
- руководство по эксплуатации ЕРКД.412231.500РЭ;

- паспорт ЕРКД.412231.500ПС;
- методика проведения неразрушающего контроля качества сварки ЕРКД.412231.500Д1;

- типовый технологический процесс контроля качества сварных соединений элементов ДСЕ ЖРД 922.02203.25043.

Оборудование сертифицировано. Сертификат соответствия №2110566.

Работа выполнена ФГУП «НПО «Техномаш» совместно с ООО «НТЦ «Эталон». Результаты опробованы на макете сварного соединения АО «НПО «Энергомаш».

УДК 620.179.16:629.76:621.454.2:629.78:621.791.3

Борзихин В.В., Лапин В.В., Мильяченко А.А., Фадин А.С.

Автоматизированные системы ультразвукового контроля деталей цилиндрической формы

В настоящее время на предприятиях отрасли возникла острая потребность в переходе от ручного неразрушающего контроля изделий ракетно-космической техники (РКТ) к автоматизированному. Одной из причин является отставание показателя автоматизации контроля отрасли от современных высокотехнологичных производств.

Технология ручного ультразвукового контроля состоит из ряда последовательных механических операций, производимых дефектоскопистом над объектом контроля (ОК) и одновременно непрерывного наблюдения за экраном дефектоскопа. Следствием является отсутствие объ-

ективного протокола контроля и зависимость достоверности контроля от квалификации дефектоскописта. Применение автоматизированных систем позволяет повысить производительность, чувствительность и достоверность контроля.

Большая номенклатура деталей сборочных единиц (ДСЕ) РКТ представляет собой тела вращения цилиндрической формы. Этот факт делает возможным использование одной (базовой) схемы сканирования применительно к различным по материалам и конфигурациям ОК. При этом могут быть реализованы основные методы ультразвукового контроля.



Рис. 1 – Общий вид автоматизированной установки контроля пайки

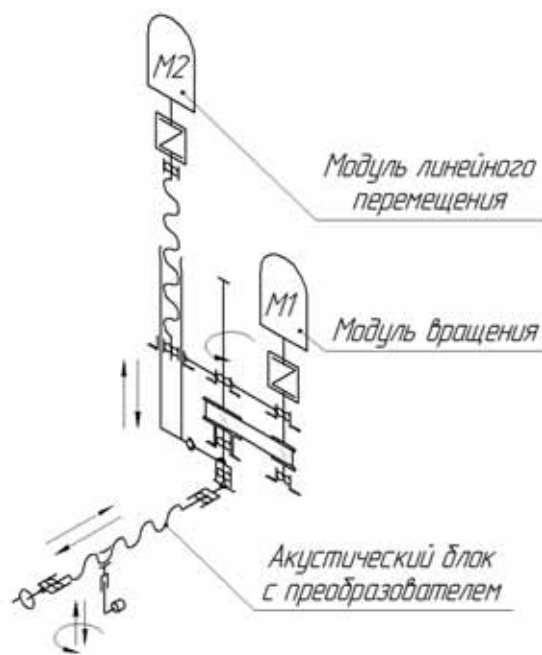


Рис. 2 – Схема реализации шагового сканирования



Рис. 3 – Интерфейс пользовательской программы

Специалистами ФГУП «НПО «Техномаш» разработаны опытные образцы автоматизированных установок неразрушающего ультразвукового контроля: установка контроля качества сварки биметаллических заготовок кольцевой формы и установка контроля качества пайки бандажа колеса бустерного насосного агрегата (рис. 1). В данных работах принимали участие специалисты ООО «Авиатекс». На разработанных установках реализована шаговая схема сканирования (рис. 2), собранная из набора типовых модулей вращения и линейного перемещения. Сканирование с шагом меньше ширины ультразвукового луча увеличивает вероятность попадания дефекта малого размера на линию сканирования, тем самым достигается максимальная чувствительность и достоверность контроля.

В установке контроля качества сварки биметаллических заготовок применён теневой метод ультразвукового контроля. Установка снабжена специализированной парой малогабаритных преобразователей. Установка контроля качества пайки бандажа к лопаткам колеса бустерного насосного агрегата реализует эхо-импульсный метод ультразвукового контроля с применением фокусирующих преобразователей. В установках использован иммерсионный способ ввода ультразвукового луча в ОК (преобразователи и ОК погружены в ванну с водой).

Управление движениями и формирование протокола контроля осуществляется через программно-аппаратный комплекс установки на базе программного пакета SCADA с использованием отечественного дефектоскопа УМД-8.

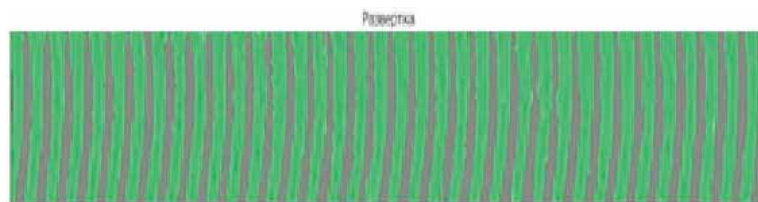


Рис. 4 – Результат контроля (развёртка) паяного колеса

Интерфейс пользовательской программы (рис. 3) позволяет управлять параметрами дефектоскопа, производить его настройку и задавать область сканирования ОК. Программа позволяет записывать в режиме реального времени развертку цилиндрической поверхности ОК (рис. 4) и отмечать его дефектную область (непропай).

После проведения контроля установка автоматически формирует протокол контроля. В протоколе генерируются параметры и настройки дефектоскопа, а также развертка ОК с индикацией непропаев.

На рис. 3 изображен интерфейс пользовательской программы, на рис. 4 – результат контроля (развёртка) паяного колеса.

Список литературы

1. Неразрушающий контроль: Справочник: В 8 т./ Под общ. ред. В.В. Клюева. Т. 3. Ермолов И.Н., Ланге Ю.В. Ультразвуковой контроль. Изд. 2-е, испр. М.: Машиностроение, 2006. 864 с.
2. ОСТ 92-4315-79 Заготовки биметаллических переходников кольцевой и трубчатой формы.

УДК 629.76.036

Усов Г.Л., Кологов А.В., Венгерский Э.В.

Опыт использования математического моделирования рабочих процессов в системах подачи топлива к ракетным двигателям

Разработаны и представлены математические зависимости, моделирующие операции заправки топливных баков и их наддув в процессе работы жидкостных ракетных двигателей в составе изделия на стенде или в лётных условиях.

Принятые обозначения:

P – давление в системе, Па;

ρ – плотность, кг/м³;

T – температура, К;

R – газовая постоянная газа, пара или их смеси, $\frac{\text{дж}}{\text{кг} \cdot \text{град}}$;

G – массовый расход жидкости среды, кг/сек;

V – объём, м³;

u – скорость, м/с;

d, l – диаметр и длина, м;

δ – толщина стенки, м;

α – коэффициент теплообмена, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{град}}$;

c – удельная теплоемкость $\frac{\text{дж}}{\text{кг} \cdot \text{град}}$;

χ – удельная теплота парообразования, $\frac{\text{дж}}{\text{кг}}$;

η – коэффициент теплопроводности $\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{град}}$;

C_z – степень насыщения компонента топлива газом;

k – показатель адиабаты;

τ – время, сек.

Индексы при обозначениях параметров:

$ст$ – характеризует стенку трубопровода или бака;

$ок, вн$ – для теплоотдачи в окружающую среду или в стенку конструкции;

$жс$ – жидкость;

$г$ – газ;

$п$ – пар;

$дк$ – характеризует течение через дренажный клапан.

В работе представлен анализ опыта использования математического моделирования рабочих процессов при диагностировании поведения параметров в пневмогидравлических системах подачи компонентов топлива (ПГСП) к жидкостным ракетным двигателям (ЖРД) как во время предстартовой подготовки изделия, так и в период штатной работы после запуска двигателя. В частности, рассмотрены физические процессы и описывающие их математические зависимости, моделирующие операции заправки топливных баков и их наддув в про-

цессе работы двигателей на стенде или в лётных условиях.

В основу разработанных математических моделей процессов, происходящих в магистралях заправки, заложены физические процессы передачи определённого количества тепловой энергии от окружающей среды в движущийся жидкий компонент топлива через стенку трубопровода. Показано, что если процесс подвода жидкости в трубопровод происходит в течение длительного времени, то в системе наступает равновесие, а изменение температуры стенки $T_{ст}$ и жидкого компонента T можно определить из следующих уравнений теплового баланса:

$$C_{ст} \cdot \delta_{ст} \cdot \rho_{ст} \cdot \frac{dT_{ст}}{d\tau} = -T_{ст}(\alpha_{ок} + \alpha_{вн}) + (\alpha_{ок} T_{ок} + \alpha_{вн} T_0),$$

$$G \cdot \left(c_{жс} \cdot dT - \lambda \cdot \frac{dx \cdot u^2}{2 \cdot d} \right) = -[\alpha_{вн} \cdot s(T - T_{ст}) + \chi \cdot G_{исп}] \cdot dx,$$

где T_0 – температура жидкости на входе в трубопровод;

s – периметр сечения трубопровода;

λ – обобщенный коэффициент гидравлического сопротивления;

$G_{исп}$ – количество жидкой фазы, переходящей в пар.

Здесь принято, что теплопроводность вдоль стенки трубопровода в осевом направлении отсутствует.

Значения $\alpha_{ок}$ и $\alpha_{вн}$ определяются либо экспериментально, либо с использованием теории и эксперимента [1].

Разработанные математические модели использовались при определении изменения температуры элементов двигателя в процессе его захлаживания при предстартовой подготовке. На рис.1 в качестве примера приведены расчётные значения температуры корпуса насоса жидкого кислорода и экспериментальные данные стендовых испытаний для изделия с ЖРД [2].

При исследовании и моделировании поведения компонента топлива в баке при его заправке если пренебречь изменением скорости среды в радиальном и окружном направлении и положить, что скорость движения жидкости вдоль оси бака x не претерпевает существенных изменений, то для анализа поведения температуры компонента топлива можно записать уравнение сохранения энергии в виде:

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = \frac{\eta_{жс}}{c_{жс} \cdot \rho_{жс}} \left(\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial T}{\partial r} + \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \right) + \frac{u}{c_{жс}} - u \frac{\partial T}{\partial x},$$

где r – радиус бака.

Граничными условиями для этого уравнения являются значения параметров на нижнем днище, боковых стенках бака, оси бака, поверхности раздела жидкости и газовой подушки.

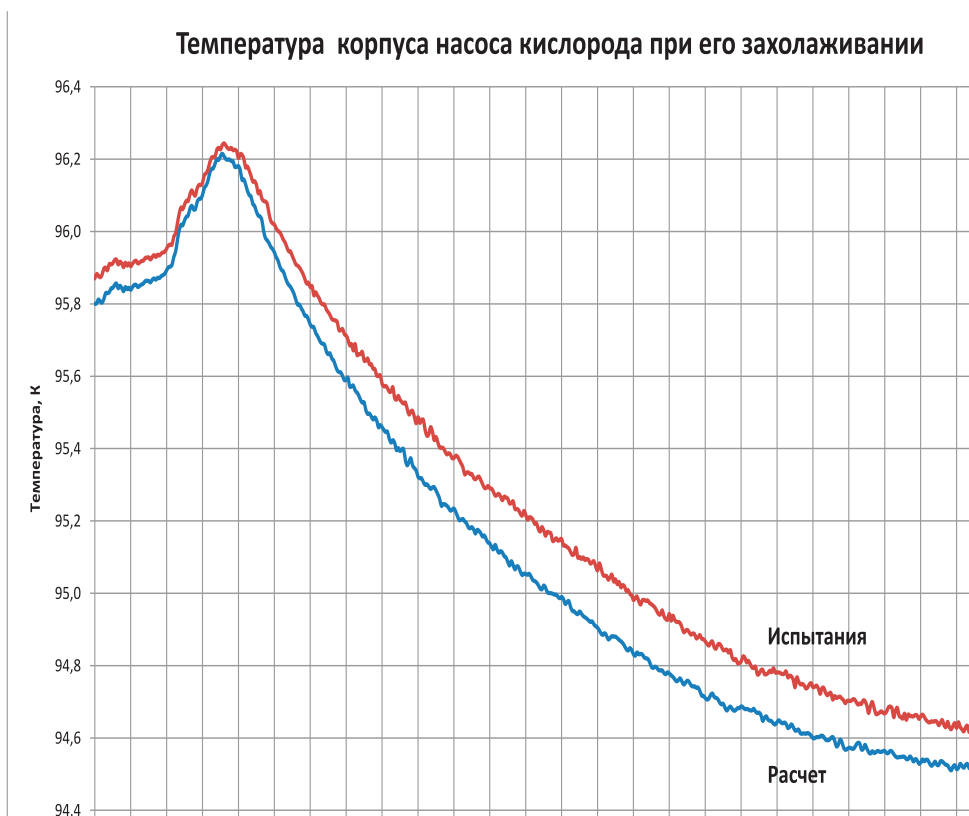


Рис. 1 – Температура корпуса насоса жидкого кислорода

1) На нижнем днище температура жидкости принимается равной температуре компонента на выходе из магистрали заправки:

при $x = 0$, $T = T_l$ для $0 \leq y \leq r$.

2) У стенки по всему объёму жидкого компонента, высота которого равна H , определяются удельные тепловые потоки от стенки в жидкость $q_{вн}$ и из окружающей среды в стенку $q_{ок}$:

при $y = r$ для $0 < x \leq H$;

$$q_{вн} = \alpha_{вн} \cdot [T_{ст} - T], \quad q_{ок} = \alpha_{ок} \cdot [T_{ок} - T_{ст}].$$

Здесь для изменения температуры стенки бака, толщина которой составляет величину δ , привлекается уравнение теплопроводности:

$$c_{ст} \rho_{ст} \frac{\partial T}{\partial \tau} = \eta_{ст} \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{q_{ок} - q_{вн}}{\delta}.$$

Скорость испарения (массовый расход парообразного компонента $G_{исп}$) зависит от давления упругих паров P_s и температуры насыщения T_s и для её определения используется зависимость:

$$G_{исп} = \frac{\pi \cdot d_6 \cdot dx}{r} \cdot \alpha_{вн} [T_{ст} - T_s]$$

3) На оси бака ставилось условие симметричности:

$$\text{при } y = 0 \text{ для } 0 \leq x \leq H \quad \frac{dT}{dr} = 0.$$

4) На поверхности раздела жидкости и газа (на зеркале) предполагалось, что температура «следит» за темпе-

ратурой насыщения, связанной с P_s уравнением, вид которого определяется конкретным компонентом топлива.

Дополнительно привлекаются зависимости, определяющие поведение процессов в газовом объёме с учётом того, что в начальный момент весь бак заполнен нейтральным газом, находящимся под давлением P_2 , а в процессе заправки объём его постепенно заполняется жидкостью с одновременным адекватным уменьшением свободного газового объёма. Одновременно в процессе испарения жидкости происходит изменение количества её паров в газовом объёме бака. При этом для температуры T и давления P в газовом объёме уравнения баланса массы и энергии записаны в виде:

$$V \cdot \frac{dP}{d\tau} = k \cdot (R_n \cdot T_s \cdot G_{исп} - R \cdot T \cdot G_{ок} + P \cdot V_{ак}) - (k-1) \cdot q_{зс},$$

$$P \cdot \frac{dT}{d\tau} = T \cdot \left\{ \frac{dP}{d\tau} + \frac{1}{V} (R \cdot T \cdot G_{ок} - R_n \cdot T_s \cdot G_{исп} - P \cdot V_{ак}) \right\}.$$

Здесь $V_{ак}$ – расход компонента топлива из магистрали заправки в бак.

Принято, что как смесь газов в подушке бака, так и её отдельные составляющие подчиняются уравнению состояния в виде

$$P_z = z_p \rho_z R_z T, \quad P_n = z_n \rho_n R_n T,$$

где z_z и z_n – коэффициенты сжимаемости рассматриваемых сред.

При рассмотрении газовой смеси принято, что составляющие её газы неизменно сохраняют свою химическую индивидуальность, давление газовой смеси P равно сумме

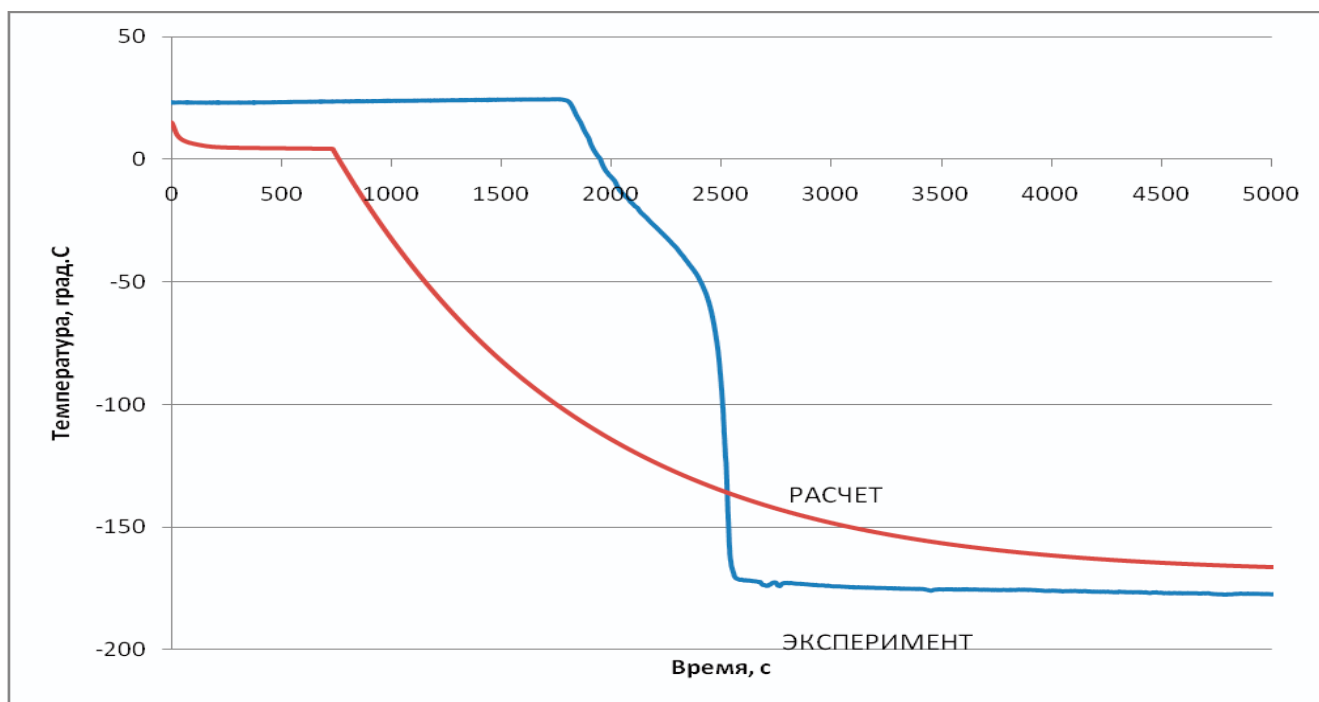


Рис. 2 – Изменение температуры в баке жидкого кислорода

парциальных давлений составляющих, а газовая постоянная смеси R определяется из следующей зависимости:

$$R = g_z \cdot R_z + g_n \cdot R_n,$$

где g_z , g_n – массовое содержание в подушке бака нейтрального газа и паров жидкого компонента топлива.

Так как при подготовке к запуску в процессе заправки в бак жидкого компонента топлива возможно растворение газа, находящегося над поверхностью жидкости, то для

определения изменения массы газа в подушке и степени насыщения компонента газом используется выражение для скорости растворения в виде [2]:

$$G_p = \frac{d(c_z * V_{ж})}{d\tau},$$

где G_p – скорость растворения, кг/с.

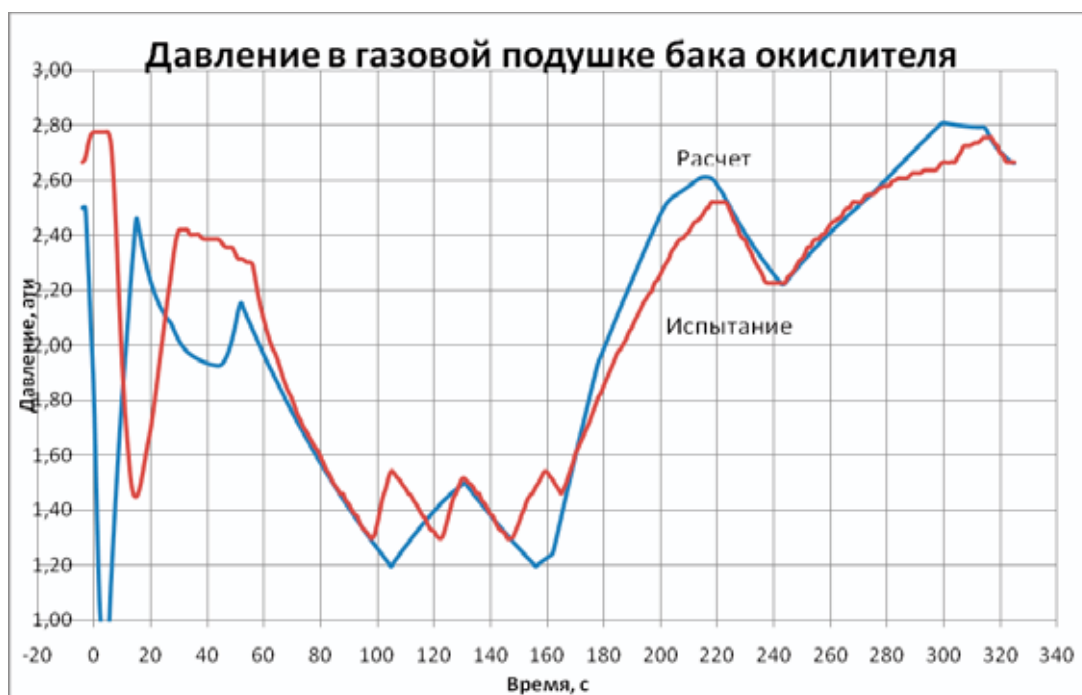


Рис. 3 – Давление в газовой подушке бака окислителя

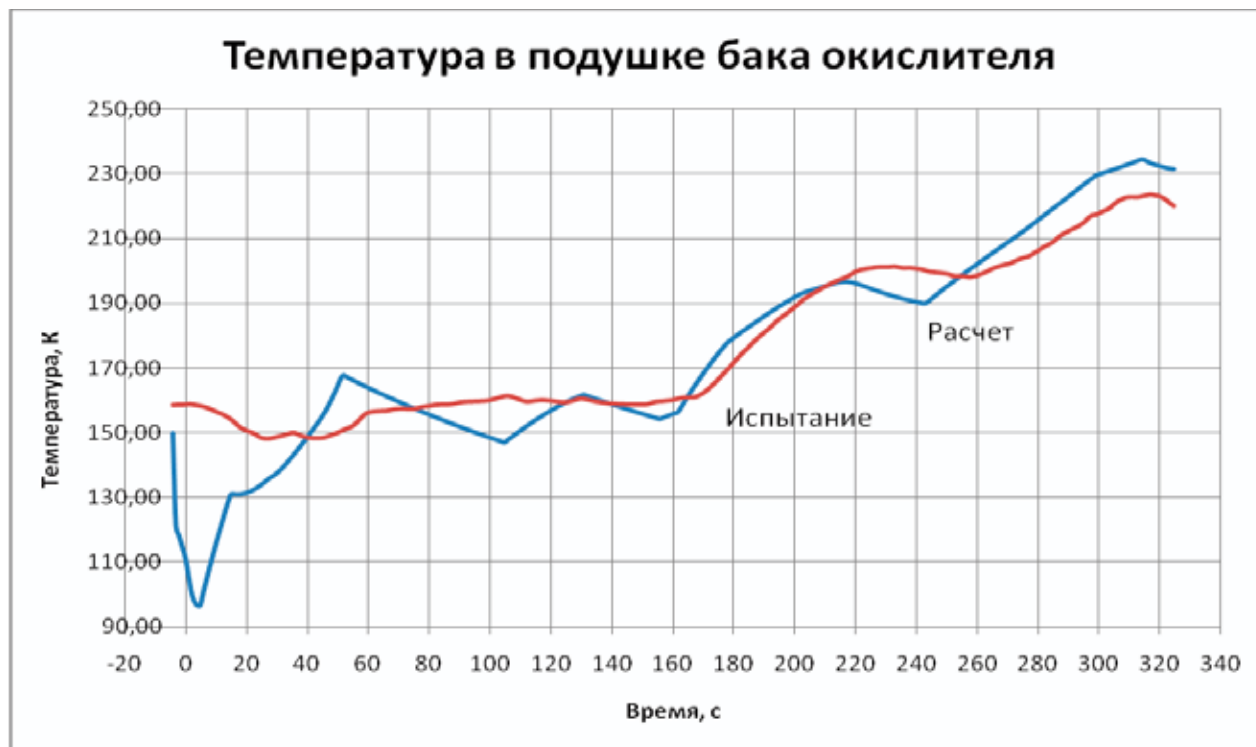


Рис. 4 – Температура среды в подушке бака окислителя

В качестве примера использования разработанных математических моделей для исследования процессов в магистралях и топливных баках при заправке и захолаживании на рис. 2 представлены результаты расчёта изменения температуры жидкого кислорода в баке на расстоянии 1000 мм от нижнего днища в процессе заправки. Здесь же приведены данные телеметрических измерений температуры кислорода при его заправке в бак в процессе стендовых испытаний. Некоторое расхождение данных можно объяснить недостаточно корректным подбором коэффициентов при расчёте коэффициентов теплообмена.

В период штатной работы двигателя после его запуска заданное давление в баках с компонентами топлива, как правило, обеспечивается подводом заданного количества газа наддува. В этом случае теплообменные и массообменные процессы, происходящие между газовой средой и жидкостью в топливном баке, воздействуют на изменение параметров самого газа и паров компонента топлива в газовой подушке, а также на изменение температуры жидкого компонента при заданном объёмном расходе компонента топлива из бака $V_{\text{вых}}$. В данном случае изменение массы и температуры газа в подушке происходит за счёт подачи в бак газа наддува из источника с учётом расхода смеси газа и пара через систему

дренажа (при избытке газа) и испарения компонента топлива в процессе теплообмена рабочей среды подушки со стенками бака и зеркалом жидкости. В этом случае для давления P и температуры T газового объёма V бака рекомендованные уравнения принимают вид аналогичный системе, которая рассмотрена выше при математическом моделировании процесса заправки.

С использованием этих математических моделей проведён анализ поведения параметров в баках при стендовых испытаниях изделия с ЖРД, а на рис. 3–4 представлено сопоставление результатов расчёта и измеренных значений давления и температуры в газовом объёме бака с жидким кислородом в процессе испытаний в Федеральном казенном предприятии «Научно-испытательный центр ракетно-космической промышленности» [2].

Список литературы

1. Двигательные установки ракет на жидком топливе. Под. ред. Э.Ринг / Пер. с англ. М.: Мир, 1966, С. 404.
2. Технический отчёт №358-580/2011, ФГУП «НПО «Техномаш», 2011, С. 23.
3. Венгерский Э.В., Морозов В.А., Усов Г. Л. Гидродинамика двухфазных потоков в системах питания энергетических установок. М.: Машиностроение, 1982, С. 128.



♦ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И ВАКУУМНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 681.7.052.5

Савельев А.А., Зеленов М.С., Перевозников А.Ю.

Специальные технологические модули для нанесения в вакууме кислородсодержащих модифицирующих покрытий

В лаборатории вакуумных покрытий отделения технологии испытаний и неразрушающих методов контроля разработаны опытная технология и специальные технологические модули для нанесения в вакууме кислородсодержащих модифицирующих (КСМ) покрытий на элементы систем пассивного терморегулирования изделий ракетно-космической техники (РКТ).

Разработанная технология предназначена для нанесения покрытий на элементы отражательно-излучательных систем и систем пассивного терморегулирования космических аппаратов (КА) различного назначения и реализует терморезистивное осаждение на соответствующие поверхности деталей сборочных единиц КА металлов (алюминий, медь, ла-

тунь и др.) с добавлением в состав покрытия специальных кислородсодержащих модифицирующих добавок.

Технология реализуется на вакуумной установке УВМ-1200 (рис. 1), оснащённой специальными дополнительными технологическими модулями:

- испарителем циклического действия;
- устройством пространственного перемещения изделий;
- устройством для нанесения КСМ покрытия.

Испаритель циклического действия представляет собой рамную конструкцию, в которую параллельно вмонтированы жгуты нагревательных элементов. Нагревательные элементы являются резистивными испарителями. Для каждого нагревательного элемента установлены тиристоры, которые являются ключом подачи тока для нагрева. Для компенсации термического удлинения нагревательных элементов предусмотрены пружины сжатия. Нагревательные элементы работают последовательно.

Нагревательных элементов, в зависимости от состава наносимого покрытия и технологического процесса, может быть два, четыре или шесть. Кроме того, разработанный модуль циклического действия позволяет проводить технологический процесс с последовательным нанесением до трёх различных металлов за один цикл. Конструкция модуля позволяет оптимально использовать внутрикамерное пространство вакуумной камеры.

Устройство пространственного перемещения изделий служит для размещения и крепления изделий, их ориентации относительно потока ионов при очистке поверхности и при нанесении покрытий в вакууме. Модуль представляет собой сборную раму, вращающуюся вокруг горизонтальной оси от приводного вала вакуумной камеры. Внутри рамы установлены три специальные рамки для крепления изделий.

При помощи цепной передачи и конических шестерён обеспечивается



Рис. 1 – Общий вид установки УВМ-1200

Таблица 1 – Технические характеристики разработанной технологии

Характеристики технологического процесса	
Базовое давление в вакуумной камере, мм рт. ст.	$(7-8) \times 10^{-4}$
Частота вращения внутрикамерного манипулятора, об/мин	3
Рабочий ток ионного источника, А	0,35–0,57
Рабочее напряжение ионного источника, кВ	1,4–1,6
Рабочий ток испарителя циклического действия, А	100–120
Напряжение на испарителе, В	30
Время испарения элементов фольги на каждом жгуте, с	7
Характеристики получаемых покрытий	
Диапазон коэффициента излучения	0,05–0,45
Диапазон коэффициента зеркального отражения	0,50–0,85
Адгезионная прочность, не менее кгс/см ²	60



Рис. 2 – Испаритель циклического действия



Рис. 3 – Устройство для нанесения КСМ покрытия

одновременно планетарное движение изделий и их вращение перпендикулярно относительно оси центрального вала.

Устройство для нанесения КСМ покрытия (рис. 3) предназначено для дозированной подачи в вакуумную камеру кислородсодержащих модифицирующих добавок (пары воды, увлажнённый воздух, чистый кислород, перекись водорода) с последующим осаждением их на изделиях. Части модуля вмонтированы в двух корпусах, соединённых между собой. Вакуумная плотность модуля обеспечивается специальными уплотнителями.

Подача КСМ добавки производится из специального генератора. Кислородсодержащий газ напускается в вакуумную камеру через игольчатый клапан, который дозирует количество пропускаемого газа. Регулировка проходного сечения игольчатого клапана осуществляется с помощью маховичка.

Конструкция модуля позволяет получать в камере необходимое парциальное давление кислородсодержащего газа или состава в виде парогазовой фазы при нанесении вакуумных покрытий с добавлением модифицирующих добавок.

Основные технические характеристики разработанной технологии представлены в табл. 1.

Разработанные технология и оборудование обеспечивают получение покрытий с заданным комплексом термооптических, терморadiационных и физико-химических свойств.

Применение КСМ покрытий позволяет увеличить ресурс работы отражательно-излучательных систем и систем пассивного терморегулирования КА на срок более 15 лет и гарантирует работоспособность КА при значительных изменениях условий эксплуатации.

УДК 629.78

Астахов Ю.П., Чуйков Е.Н., Бецеков В.Г. Митрюшин Е.А.

Установка для нанесения композиционных гальванических покрытий

Во ФГУП «НПО «Техномаш» разрабатывается установка для нанесения гальванических покрытий на внутренние поверхности трубопроводных элементов сложной

пространственной конфигурации.

Схема установки представлена на рис. 1.

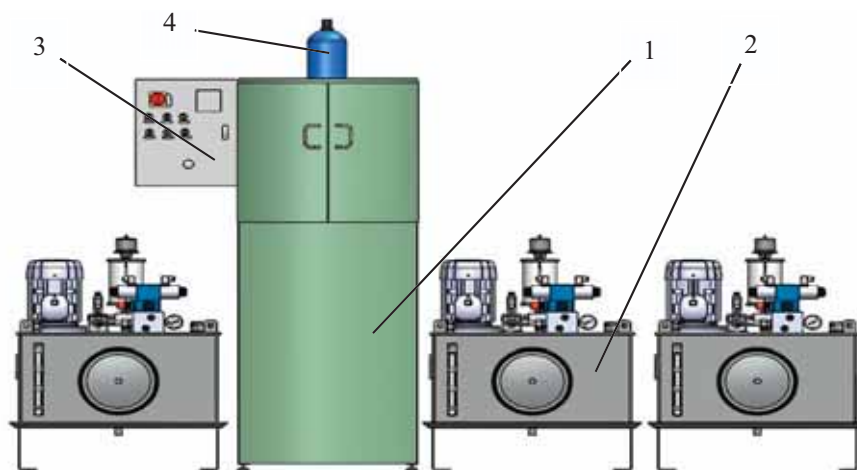


Рис. 1 – Установка для нанесения гальванических покрытий:
1 – Установка с рабочей камерой; 2 – Баки с электролитом;
3 – Электрошкаф с системой управления; источник тока; 4 – Ресивер

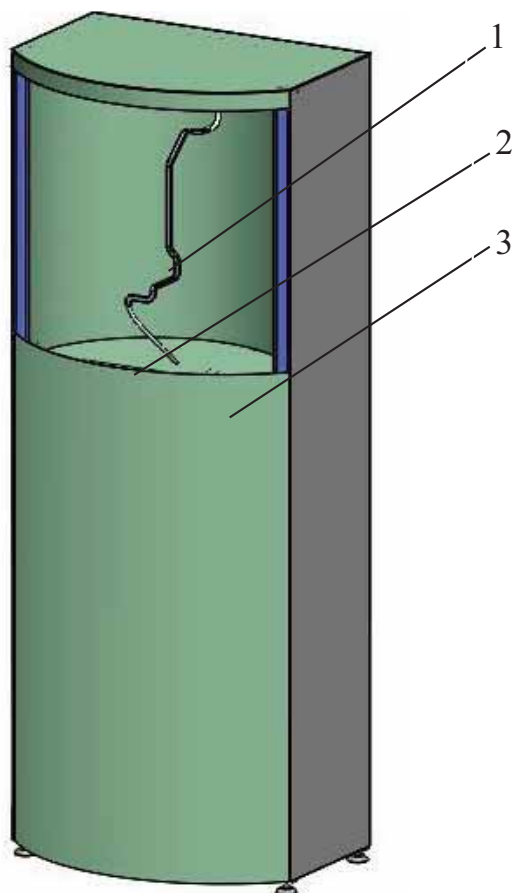


Схема рабочей камеры представлена на рис. 2.

Рис. 2 – Рабочая камера: 1 – Обрабатываемая деталь;
2 – Гибкие узлы крепления-гидроподводы; 3 – Ванна для сбора протечек

Преимущества установки:

- возможность последовательной работы с разными электролитами;
- возможность реверсной прокачки электролита.

Известно, что основная масса гальванических покрытий наносится на подслои (медь, никель). Для качественного выполнения такой операции желательно проводить её с минимальным промежутком времени после нанесения подслоя или после снятия окисных плёнок.

Данная установка позволяет проводить операции без перерыва на перенос детали с ванны на ванну.

Установка рассчитана на работу с электролитами различной степени агрессивности – нейтральными солями, щелочами, кислотами.

◆ КОНСТРУКТОРСКИЕ РАЗРАБОТКИ

УДК 629.7.018

Виденкин Н.А., Кочкин Е.В., Матвеев Е.В.

Методика определения компонентов тензора инерции КА на комбинированном автоматизированном стенде

Контроль параметров геометрии масс (ПГМ) проводится на этапе окончательной сборки космического аппарата (КА) для установления их действительных значений и проверки соответствия заданным допускам. Анализ литературы показал, что слабое место современных стендов контроля ПГМ – низкий уровень унификации. Каждая модель КА, как правило, объект мелкосерийного производства. Например, годовой выпуск спутников связи составляет несколько штук в год, но все без исключения спутники проходят стендовые испытания, в том числе контроль ПГМ.

Традиционно для измерения ПГМ на стендах используется метод замещения. При этом для каждого изделия разрабатывается уникальный стенд, способный с заданной точностью обеспечить измерение конкретного параметра, будь то масса, координаты центра масс (КЦМ), осевые и центробежные моменты инерции (МИ) – компоненты тензора инерции (ТИ). Эффективным способом повышения уровня унификации испытательных стендов может стать увеличение измерительных возможностей за счёт комбинированного измерения нескольких ПГМ на базе единого стенда. В результате на одном стенде появится возможность проводить все необходимые испытания нескольких типов изделий, ПГМ которых лежат в диапазоне работы данного стенда.

Физические принципы определения осевых моментов инерции

В работах [1, 5] предложена и обоснована принципиальная схема комбинированного стенда контроля ПГМ. Согласно выбранной схеме измерение осевых МИ проводится маятниковым способом. Стенд должен быть оснащен упругим элементом для создания колебаний вблизи положения равновесия. Ось колебаний требует наличия свободы движения платформы стенда относительно стационарного основания. При совмещении осей колебания и наклона, можно избежать увеличения числа степеней свободы механизма. Конструктивное решение колебательного узла – попарно установленные пружины растяжения-сжатия (рис. 1).

Колебательный узел 4 состоит из четырех пружин растяжения-сжатия, закреплённых одним концом на неподвижном основании, а вторым – на фланце платформы стенда 3. Пружины имеют предварительный натяг, что обеспечивает позиционирование оси колебаний относительно оси наклона платформы. Наклон платформы стенда в процессе измерения КЦМ изделия должен осуществляться беспрепятственно, поэтому конструкцию стенда необходимо дополнить устройством принудительной фиксации пружин для автоматического закрепления колебательного узла вблизи положения равновесия для измерения осевых МИ.

В основе математической модели маятниковой системы лежит дифференциальное уравнение вращательного движения платформы стенда с изделием в положении равновесия:

$$J_{\Sigma \text{пр}} \cdot \ddot{\alpha} + (C \cdot \alpha - M_{\Sigma} g r_c \cdot \sin \alpha) = M_{\Sigma \text{тр}}, \quad (1)$$

где: $J_{\Sigma \text{пр}}$ – суммарный приведённый к оси колебаний МИ системы; α – угловое отклонение центра масс изделия от положения равновесия; $\ddot{\alpha}$ – вторая частная производная α по времени; C – жесткость упругого элемента; m_i – масса изделия; g – ускорение свободного падения; $M_{\Sigma \text{тр}}$ – суммарный момент сил трения в системе.

Традиционное общее аналитическое решение дифференциального уравнения колебаний физического маятника с упругой связью с учетом допущений о малости угла α и отсутствием затухания представляет собой гармонические колебания, и характеризуется обратно-пропорциональной зависимостью квадрата периода колебаний T от суммарного приведенного МИ системы $J_{\Sigma \text{пр}}$:

$$J_{\Sigma \text{пр}} = C_{\text{пр}} T^2. \quad (2)$$

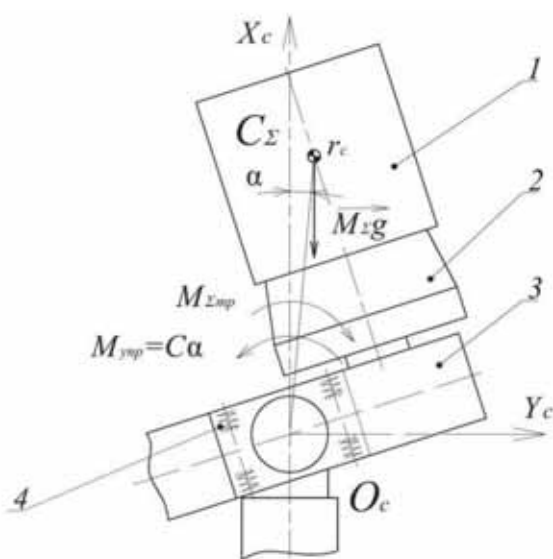


Рис. 1 – Принципиальная схема измерения осевых моментов инерции:

1 – изделие; 2 – планшайба с адаптером; 3 – подвижная платформа стенда; 4 – колебательный узел

Величина приведённого МИ системы оценивается по значениям измеренных периодов колебаний T при известной приведённой жёсткости квазиупругой силы C_{np} :

$$C_{np} = (C - m_n g r_c) / 4\pi^2. \quad (3)$$

Метод определения МИ можно условно назвать методом обращённого физического маятника с упругой связью, поскольку в нём присутствуют черты методов физического маятника и унифиляра. Помимо жёсткости пружин на период колебаний существенное влияние будут оказывать масса и вертикальная КЦМ изделия.

Отметим также, что величина суммарной крутильной жёсткости узла помимо непосредственной жёсткости пружин C включает в себя жёсткость устройства фиксации и стола. Исходя из данных соображений, точное теоретическое определение приведённой жёсткости квазиупругой силы C_{np} представляется крайне затруднительным. Таким образом, на этапе аттестации стенда необходимо производить экспериментальный расчёт жёсткости упругого элемента – калибровку. Калибровать жёсткость необходимо с помощью контрольного приспособления – объекта, осевой МИ которого известен с точностью, превышающей точность стенда.

Измерения осевых моментов инерции

В результате измерений получаем выборку значений периодов установившихся колебаний T_i в зависимости из N_0 элементов. Статистическую обработку выборки предлагается проводить в соответствии с методикой обработки прямых многократных измерений [4]. На первом шаге обработки из начальной совокупности отсеиваются грубые выбросы по критерию Граббса, после чего размер совокупности становится равным N . Полученные после отсева выборки проверяются на принадлежность нормальному закону распределения по критерию К. Пирсона.

Математическое ожидание периода колебаний $\bar{T}$:

$$\bar{T} = 1/N \sum_{i=1}^N T_i. \quad (4)$$

Среднеквадратическое отклонение среднего значения периода:

$$S(T) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (T_i - \bar{T})^2}{N(N-1)}}. \quad (5)$$

Случайная погрешность определения периода:

$$\varepsilon(T) = t_{cn} S(T), \quad (6)$$

где t_{cn} – коэффициент Стьюдента при доверительной вероятности $p=0,95$.

Случайная погрешность определения осевого момента инерции:

$$\varepsilon(T) = 2C_{np} \bar{T} \varepsilon(T), \quad (7)$$

где t_{cn} – коэффициент Стьюдента при доверительной вероятности $p=0,95$.

Определение компонентов тензора инерции

Универсальный метод экспериментального определения компонентов ТИ в собственной системе координат изделия состоит в измерении моментов инерции испытуемого КА относительно ряда пространственных осей. По результатам измерений расчётным путём определяются компоненты ТИ: осевые МИ J_x, J_y, J_z относительно координатных осей, центробежные МИ относительно координатных плоскостей $JO_{xy}, JO_{yz}, JO_{xz}$ [3].

Число и пространственное расположение осей не является полностью свободным. В работе [2] представлены результаты исследования выбора схем позиционирования КА на измерительном оборудовании. Среди приведённых рекомендаций по выбору направления и числа пространственных осей можно выделить следующие условия:

- число непараллельных осей должно быть не менее шести;
- в одной плоскости не должны находиться более трех осей;
- если в одной плоскости находятся три оси, то в перпендикулярной плоскости не должно находиться более двух осей.

В основе математической модели определения ТИ изделий лежит уравнение эллипсоида инерции. Приведём его запись в сферической системе координат (здесь и далее введены сокращения тригонометрических функций $\sin$ и $\cos$ как s и c соответственно):

$$J_{xx}^p c^2 \theta_i + J_{yy}^p s^2 \theta_i c^2 \varphi_i + J_{zz}^p s^2 \theta_i s^2 \varphi_i - J_{xy}^p s(2\theta_i) c \varphi_i - J_{xz}^p s(2\theta_i) s \varphi_i - J_{yz}^p s^2 \theta_i s(2\varphi_i) = J_i, \quad (4)$$

где θ_i – угол между направлением i -ой измерительной оси и координатной осью OX , φ_i – угол между проекцией измерительной оси на координатную плоскость OYZ и осью OY (рис. 2).

Необходимое количество измерительных осей может достигаться за счёт позиционирования изделия в пространстве относительно оси колебаний. Поворот планшайбы

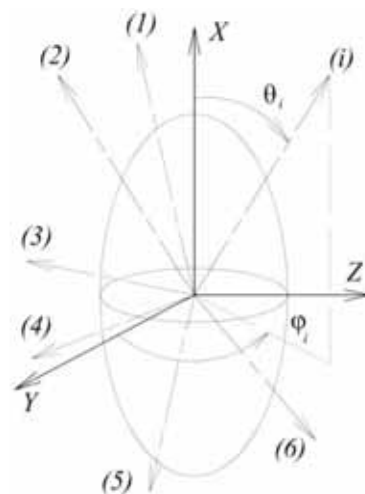


Рис. 2 – Эллипсоид инерции и измерительные оси в сферической системе координат

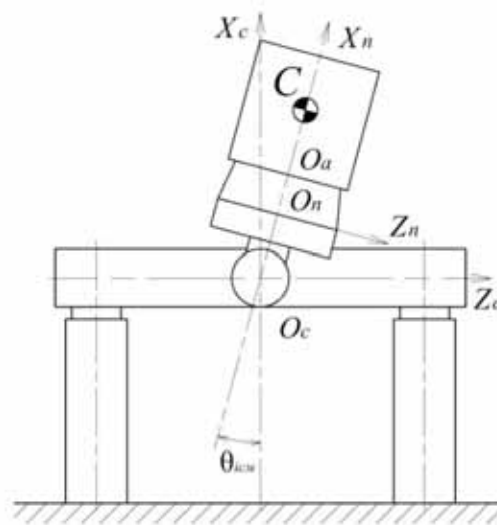


Рис. 3 – Угловое смещение платформы стенда с изделием

осуществляет позиционирование в плоскости $O_c X_c Y_c$. Возможным техническим решением для перемещения изделия в плоскости $O_c X_c Z_c$ является механизм углового смещения (рис. 3).

Расчетная зависимость момента инерции изделия относительно i -ой оси J_i для выбранной схемы:

$$J_i = (C - m_u g r_c \cos \theta_{icm}) T^2 / 4\pi^2 - J_{ai} - M_{\Sigma} r_c^2 \cos^2 \theta_{icm}, \quad (4)$$

где J_{ai} – собственный осевой момент инерции адаптера относительно i -ой измерительной оси, θ_{icm} – угловая величина смещения i -ой измерительной оси в плоскости OXZ .

Решение системы уравнений (4) методом Крамера для величин осевых МИ относительно координатных осей и центробежных относительно плоскостей:

$$J_j^P = \det(F_j) / \det(F), \quad (5)$$

где J_j^P – рассчитанные величины моментов инерции ($j=1$ для J_{xx} , $j=2$ для J_{yy} и т.д.), F – матрица коэффициентов в системе уравнений (4), F_j – матрицы коэффициентов в системе уравнений (4), в которых соответственный столбец заменён на столбец решений данной системы уравнений.

Выражение для случайной погрешности компонента ТИ J_j^P в соответствии с [6]:

$$\varepsilon(J_j^P) = \sum_{i=1}^6 (G_{ij}^i / \det(F) \cdot \varepsilon(J_i))^2, \quad (6)$$

где G_{ij} – частная производная $\det F_j$ по J_i (легко проверить его численное равенство алгебраическому дополнению элемента f_{ij} матрицы F_j), $\varepsilon(J_i)$ – случайная погрешность измерений осевого МИ J_i .

Выводы

1. Создана и описана математическая модель измерений осевых моментов инерции КА на комбинированном стенде.

2. Разработан математический аппарат для оценки случайной погрешности определения осевых моментов инерции.

3. Приведена методика определения значений и случайной погрешности компонентов тензора инерции КА по измеренным значениям осевых моментов инерции относительно ряда пространственных осей.

Список литературы

1. Виденкин Н.А. Автоматизация стендов измерительного контроля инерционных характеристик космических летательных аппаратов / Н.А. Виденкин // Состояние и проблемы измерений: Сб. матер. XIII ВНТК. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015. С.110–113.
2. Виденкин Н.А. Оптимизация технологических схем позиционирования при определении тензора инерции космического аппарата / Н.А. Виденкин, Е.В. Матвеев, Е.В. Кочкин // Технология машиностроения. 2015. № 12. С.48–53.2.
3. Гернет М.М. Определение моментов инерции / М.М. Гернет, В.Ф. Ратобильский. М.: Машиностроение, 1969. 247 с.
4. ГОСТ Р 8.736-2011. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения. М., 2013. 40 с. (Государственная система обеспечения единства измерений).
5. Матвеев Е.В. Новые автоматизированные стенды для контроля инерционных характеристик космических аппаратов / Е.В. Матвеев, Н.А. Виденкин, Е.В. Кочкин // Наука и технология: материалы XXXII Всероссийской конференции по проблемам науки и технологий. Миасс: МСНТ, 2012. С. 205.
6. МИ 2083-90. Измерения косвенные. Определение результатов измерений и оценивание их погрешностей; – М.: Государственный комитет СССР по управлению качеством и стандартами. 15 с.

УДК 629.7.018

Виденкин Н.А., Е.В.Кочкин Е.В., Матвеев Е.В.

Расчёт метрологических параметров стенов определения координат центра масс космического летательного аппарата

Задача, решаемая системами ориентации и стабилизации космического летательного аппарата (КЛА), заключается в обеспечении его устойчивого движения по заданной траектории. Точность решения задачи управления полетом напрямую зависит от точности входных технологических параметров КЛА, в том числе параметров инерции, в частности – положения центра масс. Контроль координат центра масс (КЦМ) проводится на этапе окончательной сборки изделия в целях установления их действительных значений и проверки соответствия заданным допускам.

Точность определения КЦМ на стендах измерительного контроля в значительной мере зависит от погрешностей измерительных приборов и датчиков, входящих в состав оборудования.

Стенд статической балансировки состоит из платформы, установленной на основание стенда, которое состоит из рамы, несущих стоек, подвижной стойки и опорной траверсы. На раме установлены рым-болты для транспортировки стенда. Принципиальная схема стенда при измерении КЦМ показана на рис. 1.

Платформа опирается на подшипниковые узлы и имеет вращательную подвижность относительно геометрической оси поворота подшипниковых узлов (оси наклона). На столе эксцентрично с осью наклона расположена планшайба для установки контролируемого изделия посредством его уникального адаптера. Планшайба обеспечивает возможность поворота изделия относительно системы координат платформы в заданные положения, точное позиционирование которых осуществляется фиксатором.

Центр масс (ЦМ) платформы находится на оси наклона, что является важным условием работоспособности

стенда, и достигается с помощью установки балансировочных грузов. Процедура выведения ЦМ платформы на ось наклона называется тарированием стенда. Тарирование стенда производится в процессе сборки и заключается в выведении ЦМ платформы на ось наклона стенда с помощью установки балансировочных грузов, при этом ЦМ платформы остается на оси наклона во всех используемых при измерениях положениях платформы. В результате тарирования платформу приводят в состояние безразличного равновесия относительно оси наклона, т.е. во всем диапазоне углов наклона стола его балансировка не нарушается и на расчеты КЦМ изделия положение ЦМ платформы не влияет. Проверка тарирования производится перед аттестацией стенда и заключается в определении остаточной неуравновешенности платформы.

В начальном положении отклонение интерфейсной плоскости планшайбы от уровня горизонта регулируется с помощью опорной траверсы, в которую упирается платформа.

Неуравновешенность платформы, отклонение плоскости планшайбы от уровня горизонта, а также реальные геометрические параметры стенда измеряются в ходе аттестации стенда.

Определение КЦМ изделия на стенде производится методом принудительного статического уравнивания подвижной системы стенда путём её наклона относительно неподвижной оси.

В начале рабочего цикла на планшайбе устанавливается изделие с адаптером. Крепежные элементы входят в состав адаптера, а совмещение базовых систем координат достигается при помощи установленных на планшайбе пальцев. Масса и положение ЦМ адаптера с крепежными элементами для монтажа изделия измерены и приведены в формуляре адаптера.

Ключевой операцией в цикле измерения КЦМ является отклонение интерфейсной плоскости планшайбы от уровня горизонта на угол от 0° до 20° с помощью привода подвижной стойки. Отклонение происходит до тех пор, пока ЦМ платформы с изделием не окажется вблизи вертикальной плоскости, проходящей через ось наклона, вокруг которой и совершается вращение платформы. Занятое в таком случае положение будем называть близким к положению равновесия. Его детектором служит тензометрическая система измерения силы (далее – датчик силы), установленная на вершине подвижной стойки, и воспринимающая вес платформы с изделием. Угол наклона плоскости планшайбы относительно уровня горизонта измеряется преобразователем угловых перемещений (далее – датчик наклона), который, в свою очередь,

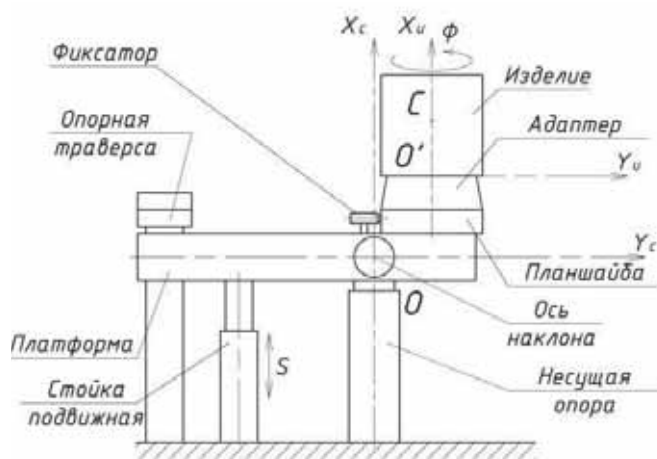


Рис. 1 – Принципиальная схема измерения КЦМ.
Начальное положение

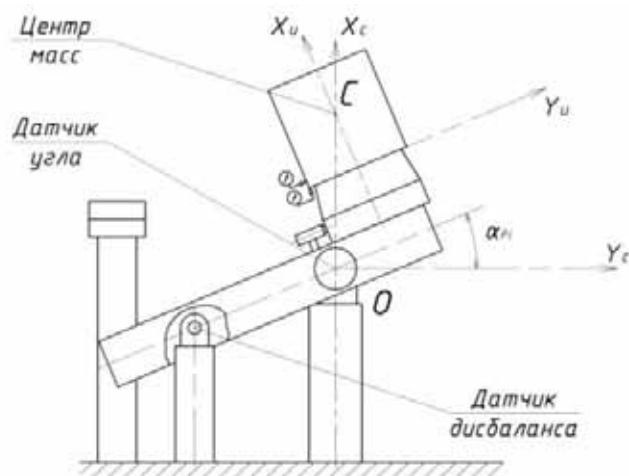


Рис. 2 – Принципиальная схема измерения КЦМ.
Рабочее положение

установлен концентрично оси наклона. Стенд в наклоненном положении изображен на рис. 2.

По серии показаний датчиков дисбаланса и угла наклона в четырех позициях планшайбы, известным параметрам адаптера и константам стенда рассчитывается КЦМ изделия. Далее приведём вывод алгебраических зависимостей выходных параметров контроля КЦМ от величин угла и дисбаланса, измеренных непосредственно. Данные зависимости составляют математическую модель описываемого стенда.

При расчетах КЦМ используются следующие системы координат:

- неподвижная декартова система координат стенда $O_c X_c Y_c Z_c$;
- подвижная декартова система координат платформы $O_n X_n Y_n Z_n$;
- подвижная декартова система координат адаптера $O_a X_a Y_a Z_a$;
- подвижная декартова система координат изделия $O_u X_u Y_u Z_u$.

На рис. 3 показана геометрическая схема стенда при измерении КЦМ в i -ом положении планшайбы. Пространственное расположение ЦМ системы изделия с адаптером (точка C_Σ) определено параметрами отрезка $O_c C_\Sigma$: его длиной и углом с вертикальной осью $O_c X_c$ (равновесный угол α_{pi}).

Параметры несбалансированности платформы определяются на этапе тарирования оснастки, поэтому условный ЦМ платформы расположен в точке опоры O_c . Таким образом, суммарный ЦМ подвижной части стенда (точка C_Σ) находится на отрезке $O_c C_\Sigma$, пространственное расположение которого определяется равновесным углом α_{pi} .

Уравнение прямой, проходящей через отрезок $O_c C_\Sigma$ (далее – линия равновесия), связывает КЦМ системы изделия с переходником и геометрические параметры подвижной части:

$$S + R_{\Sigma i} = tg \alpha_{pi} (H + x_{\Sigma}), \quad (1)$$

где: α_{pi} – угол равновесия в i -ом положении планшайбы;

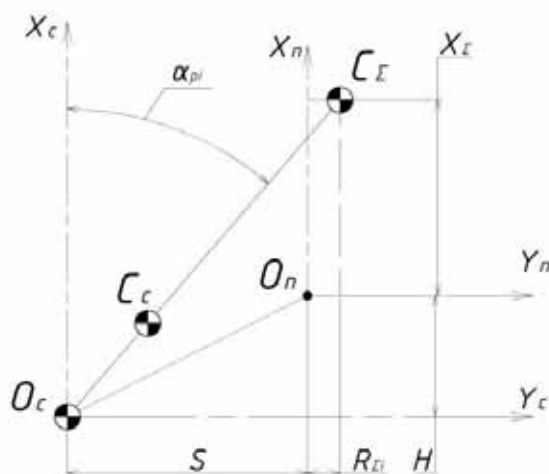


Рис. 3 – Геометрическая схема стенда при измерении КЦМ

x_{Σ} , $R_{\Sigma i}$ – координаты суммарного ЦМ изделия и адаптера в системе координат платформы в i -ом положении планшайбы; S , H – геометрические параметры стенда.

На рисунке 4 показано взаимное расположение систем координат адаптера и платформы в i -ом положении. Преобразование системы координат соответствует повороту планшайбы на заданный угол:

$$R_{\Sigma i} = y_{\Sigma} \cos \varphi_i + z_{\Sigma} \sin \varphi_i, \quad (2)$$

где: φ_i – угол поворота планшайбы в i -ом положении; y_{Σ} , z_{Σ} – горизонтальные координаты суммарного ЦМ изделия и переходника в системе координат адаптера.

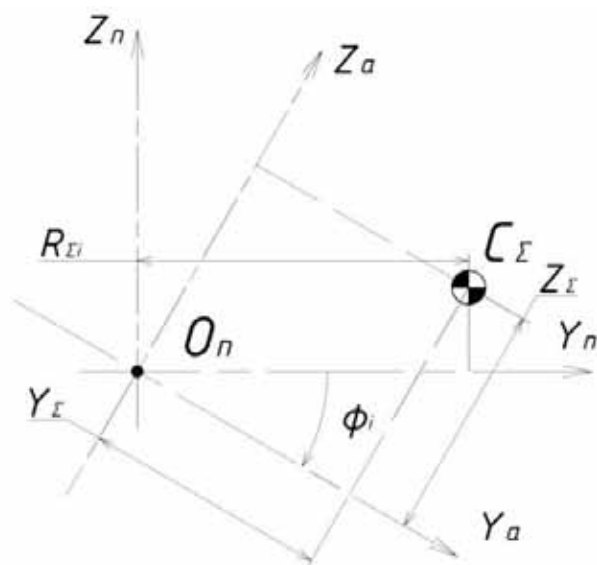


Рис. 4 – Взаимное расположение систем координат адаптера и платформы

Алгоритм расчета суммарных КЦМ

Измерения координат суммарного ЦМ изделия с адаптером представляют собой совокупные измерения. Значения искомых величин получаются путём решения системы уравнений при различных их сочетаниях, которые достигаются

поворотом планшайбы в k различных положений. При числе k , в общем случае, больше количества неизвестных, решение системы линейных уравнений целесообразно проводить методом наименьших квадратов согласно принципу Лежандра.

Преобразуем выражения (1) и (2) в уравнение линейной связи величин суммарных КЦМ в i -ом положении планшайбы:

$$x_{\Sigma} a_i + y_{\Sigma} b_i + z_{\Sigma} c_i - l_i = 0, \quad (3)$$

где параметры a_i , b_i , c_i и l_i :

$$\begin{aligned} a_i &= -\operatorname{tg} \alpha_{pi}, \\ b_i &= \cos \varphi_i, \\ c_i &= \sin \varphi_i, \\ l_i &= H \operatorname{tg} \alpha_{pi} - S. \end{aligned} \quad (4)$$

Составим систему условных уравнений, дополнив левую часть величинами невязок v_i – остаточными погрешностями уравнений:

$$x_{\Sigma} a_i + y_{\Sigma} b_i + z_{\Sigma} c_i - l_i + v_i = 0, \quad i = \overline{1, k}. \quad (5)$$

Из (5) составим систему нормальных уравнений из условия минимума суммы квадратов всех невязок. Получим наилучшие по критерию Лежандра значения искоемых КЦМ, решая систему линейных алгебраических уравнений методом Крамера:

$$\bar{x}_{\Sigma} = D_x / D, \bar{y}_{\Sigma} = D_y / D, \bar{z}_{\Sigma} = D_z / D. \quad (6)$$

где: D – определитель матрицы коэффициентов системы нормальных уравнений; D_x , D_y , D_z – определитель матрицы коэффициентов системы нормальных уравнений с заменёнными в соответствующем порядке столбцами.

Углы поворота планшайбы φ_i являются проектными величинами стенда, и принимаемые ими значения определяются на этапе выбора базовой схемы. Техническая реализация достигается путём установки в заданные положения с помощью привода фиксатора. Для существенного уменьшения систематической погрешности базирования и упрощения расчетной схемы за счет принципов симметрии выбраны следующие значения углов поворота планшайбы ($k=4$):

$$\varphi_1 = 0^\circ, \varphi_2 = 90^\circ, \varphi_3 = 180^\circ, \varphi_4 = 270^\circ.$$

Получив выражения для определителей D , D_x , D_y , D_z в матричном виде с учётом принятых значений углов поворота планшайбы и подставляя в (6), получим выражения для расчёта наилучших по критерию Лежандра величин суммарных КЦМ системы изделия с адаптером:

$$\begin{aligned} \bar{x}_{\Sigma} &= -2S \frac{(a_1 + a_2 + a_3 + a_4)}{(a_1 + a_3)^2 + (a_2 + a_4)^2} - H; \\ \bar{y}_{\Sigma} &= S \frac{(a_1 - a_3)(a_1 + a_2 + a_3 + a_4)}{(a_1 + a_3)^2 + (a_2 + a_4)^2}; \\ \bar{z}_{\Sigma} &= S \frac{(a_2 - a_4)(a_1 + a_2 + a_3 + a_4)}{(a_1 + a_3)^2 + (a_2 + a_4)^2}; \end{aligned} \quad (7)$$

Для расчета КЦМ изделия в собственной системе координат x_u , y_u , z_u необходимо заранее определить следующие величины:

m_u – масса изделия;

h_a – высота адаптера;

x_a , y_a , z_a , h_a – КЦМ адаптера с крепежными болтами в системе координат планшайбы и его масса.

Оценка случайных погрешностей

Оценка погрешностей выходных величин совокупных измерений суммарных координат ЦМ изделия с адаптером проводится по методике косвенных измерений согласно [4], так как расчётные алгебраические выражения представлены в явном виде.

Выражения для среднеквадратических отклонений искоемых величин $S(x_{\Sigma})$, $S(y_{\Sigma})$, $S(z_{\Sigma})$ определяются по формулам:

$$\begin{aligned} S(x_{\Sigma}) &= \sqrt{\sum_{i=1}^4 \left(\left(\frac{\partial x_{\Sigma}}{\partial \alpha_{pi}} \right)^2 S^2(\alpha_{pi}) \right)}; \\ S(y_{\Sigma}) &= \sqrt{\sum_{i=1}^4 \left(\left(\frac{\partial y_{\Sigma}}{\partial \alpha_{pi}} \right)^2 S^2(\alpha_{pi}) \right)}; \\ S(z_{\Sigma}) &= \sqrt{\sum_{i=1}^4 \left(\left(\frac{\partial z_{\Sigma}}{\partial \alpha_{pi}} \right)^2 S^2(\alpha_{pi}) \right)}, \end{aligned} \quad (8)$$

где: $\frac{\partial x_{\Sigma}}{\partial \alpha_{pi}}$, $\frac{\partial y_{\Sigma}}{\partial \alpha_{pi}}$, $\frac{\partial z_{\Sigma}}{\partial \alpha_{pi}}$ – частные производные суммарных координат ЦМ системы изделия с адаптером по величинам равновесных углов; $S^2(\alpha_{pi})$ – среднеквадратические отклонение значений равновесных углов.

Случайные погрешности косвенных измерений величин суммарных КЦМ изделия с адаптером:

$$\begin{aligned} \varepsilon(x_{\Sigma}) &= t_x S(x_{\Sigma}); \\ \varepsilon(y_{\Sigma}) &= t_y S(y_{\Sigma}); \\ \varepsilon(z_{\Sigma}) &= t_z S(z_{\Sigma}), \end{aligned} \quad (9)$$

где t_x , t_y , t_z – коэффициенты Стьюдента при доверительной вероятности $p=0,95$ и количестве степеней свободы $f_{\varepsilon\phi}$, рассчитываемом для каждой координаты.

Расчёт равновесных углов

Определение равновесных углов является ключевой операцией в измерительном цикле стенда. Значение действительного равновесного угла в i -ом положении планшайбы. Непосредственно измеренную на стенде методом принудительного уравновешивания величину равновесного угла обозначим α_{pi} .

На рис. 5 изображена схема непосредственного измерения равновесного угла α_{pi} . Подвижная система координат

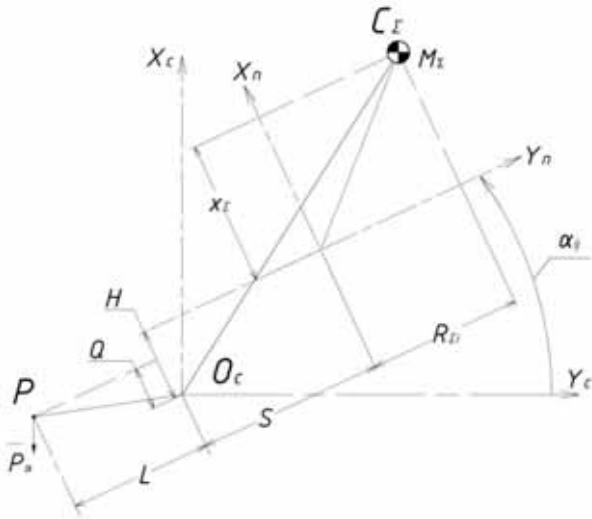


Рис. 5 – Схема измерения равновесного угла

нат планшайбы совершает поворот относительно точки опоры O_c путём наклона подвижной части стенда с помощью привода линейных перемещений (колонны). Текущий угол наклона α_{ij} измеряется из горизонтального положения платформы преобразователем угловых перемещений (датчик угла), установленным в точке опоры.

Функцию обратной связи при приближении к положению равновесия выполняет весоизмерительный элемент (датчик дисбаланса), установленный в опоре колонны. Передача усилия (P_{aj}) с подвижной части на датчик осуществляется через опорный ролик. Расположение центра опорного ролика (точка P) в системе координат стенда показано на рис. 2.

Измерение равновесного угла представляет собой количественную оценку функциональной зависимости между величинами угла наклона и силы реакции на опорном ролике, полученными соответствующими измерительными средствами – датчиками угла и дисбаланса, что классифицируется как совместное измерение.

Для качественной оценки функциональной связи между исследуемыми величинами угла и дисбаланса представим уравнение статического равновесия в i -ом положении планшайбы при j -ом единичном измерении в алгебраическом виде:

$$M_{\Sigma} ((R_{\Sigma i} + S) \cos \alpha_{ij} - (x_{\Sigma} + H) \sin \alpha_{ij}) - P_{aj} (L \cos \alpha_{ij} + Q \sin \alpha_{ij}) = 0, \quad (10)$$

где: α_{ij} – текущий угол наклона стенда, P_{pi} – текущая величина дисбаланса, M_{Σ} – суммарная масса изделия с переходником, L, Q – геометрические параметры расположения опорного ролика.

С учётом (2) преобразуем (10) в целях получения функциональной зависимости между исследуемыми величинами в явном виде:

$$\operatorname{tg} \alpha_{pi} - P_{aj} \frac{L}{(x_{\Sigma} + H) M_{\Sigma}} - \operatorname{tg} \alpha_{ij} \frac{P_{aj} Q}{(x_{\Sigma} + H) M_{\Sigma}} = \operatorname{tg} \alpha_{ij}, \quad (11)$$

С учётом предельной величины диапазона работы датчика дисбаланса, минимальных значений суммарных

массы и вертикальной КЦМ системы изделия с адаптером и геометрического параметра H выбирается такое значение вертикальной координаты центра опорного ролика Q , что:

$$P_{aj} Q \gg (x_{\Sigma} + H) M_{\Sigma}.$$

Таким образом, с учётом принятого допущения, характер взаимной функциональной зависимости величин тангенса текущего угла наклона $\operatorname{tg} \alpha_{pi}$, соответствующего дисбаланса P_{aj} и тангенса равновесного угла $\operatorname{tg} \alpha_{pi}$ является линейным, что позволяет провести дальнейшие расчёты методом наименьших квадратов.

Составим систему условных линейных алгебраических уравнений для величин тангенса угла и дисбаланса, дополнив (13) величинами невязок v_j – остаточными погрешностями уравнений:

$$t_i - P_{aj} k_i + v_j = \operatorname{tg} \alpha_{ij}, j = \overline{1, n}, \quad (12)$$

где параметры t_i и k_i :

$$t_i = \operatorname{tg} \alpha_{pi}, k_i = L / (x_{\Sigma ij} + H) / M_{\Sigma}.$$

Число уравнений $n=10$ равно числу однократных измерений величин угла наклона и дисбаланса.

Система нормальных уравнений составляется из условия минимума суммы квадратов всех невязок:

$$\begin{cases} [tk] \bar{t}_i + [kk] \bar{k}_i = [kw]; \\ [tt] \bar{t}_i + [tk] \bar{k}_i = [tw], \end{cases} \quad (13)$$

Коэффициенты Гаусса для решения системы нормальных уравнений:

$$\begin{aligned} [tt] &= n; [tk] = -\sum_{j=1}^n P_{aj}; [kk] = \sum_{j=1}^n P_{aj}^2; [tw] = \\ &= \sum_{j=1}^n \operatorname{tg} \alpha_{ij}; [kw] = -\sum_{j=1}^n P_{aj} \operatorname{tg} \alpha_{ij}. \end{aligned} \quad (14)$$

Определители матриц коэффициентов системы нормальных уравнений:

$$\begin{aligned} D' &= [tt][kk] - [tk]^2, \\ D'_i &= [tw][kk] - [tk][kw], \\ D'_k &= [tt][kw] - [tk][tw]. \end{aligned} \quad (15)$$

Наилучшие по критерию Лежандра решения нормальной системы линейных алгебраических уравнений по методу Крамера:

$$\bar{t}_i = D'_i / D', \bar{k}_i = D'_k / D', \quad (16)$$

Получим выражение для расчёта равновесного угла в явном виде:

$$\alpha_{pi} = \arctg \left[\frac{(\sum_{j=1}^n \operatorname{tg} \alpha_{ij})(\sum_{j=1}^n P_{aj}^2) - (\sum_{j=1}^n P_{aj})(\sum_{j=1}^n P_{aj} \operatorname{tg} \alpha_{ij})}{n(\sum_{j=1}^n P_{aj}^2) - (\sum_{j=1}^n P_{aj})^2} \right], \quad (17)$$

Измерение равновесных углов относится к типу совместных, расчёт производится методом наименьших квадратов. Из системы нормальных уравнений получим значения стандартных неопределённостей системы, подставив значения t_i , k_i в систему условных уравнений, и вычислим остаточные невязки v_j :

$$v_j = \text{tg } \alpha_{ij} - t_i + P_{\alpha_{ij}} k_i, j = \overline{1, n}, \quad (18)$$

Стандартная неопределённость типа А системы двух условных уравнений при n неизвестных величинах:

$$u(v_j) = \frac{1}{n-2} \sqrt{\sum_{j=1}^n v_j^2}. \quad (19)$$

Стандартная неопределённость типа А искомой величины $u_A(t_i)$, обусловленная случайной составляющей погрешности:

$$u_A(t_i) = u(v_j) \sqrt{[kk]/D'}; \quad (20)$$

С учётом (18) и (19) получим выражение для среднеквадратического отклонения измеренного равновесного угла α_{pi} с учётом функциональной связи с параметром t_i :

$$S(\alpha_{pi}) = \frac{1}{n-2} \frac{\sqrt{[kk]/D'}}{1 + \text{tg}^2 \alpha_{pi}} \sqrt{\sum_{j=1}^n v_j^2}; \quad (21)$$

Выводы

1. Описана математическая модель стенда измерения КЦМ, основанная на методе принудительного равновесия.
2. Приведены зависимости метрологических параметров выходных величин контроля от величин случайных погрешностей измерительных приборов, входящих в состав стенда.
3. Приведён способ оценки случайных погрешностей определения равновесных углов в ходе статических измерений, базирующийся на методе наименьших квадратов.

Список литературы

1. Виденкин, Н.А. Исследование источников и оценка значений погрешностей стенда контроля координат центра масс и массы космического аппарата / Н.А. Виденкин, Е.В. Матвеев, Е.В. Кочкин, К.Г. Полянский // Итоги диссертационных исследований. Том 1. – Материалы VI Всероссийского конкурса молодых учёных, посвящённого 90-летию со дня рождения академика В.П. Макеева. М.: РАН, 2014. С. 61-62.
2. ГОСТ Р 8.736-2011. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения. М., 2013. 40 с. (Государственная система обеспечения единства измерений).
3. Матвеев, Е.В. Новые автоматизированные стенды для контроля инерционных характеристик космических аппаратов / Е.В. Матвеев, Н.А. Виденкин, Е.В. Кочкин // Науки и технологии. Материалы XXXII Всероссийской конференции по проблемам науки и технологий. Миасс: МСНТ, 2012. С. 205.
4. МИ 2083-90. Измерения косвенные. Определение результатов измерений и оценивание их погрешностей. М.: Государственный комитет СССР по управлению качеством и стандартами. 15 с.
5. Фридман, А.Э. Основы метрологии. Современный курс. СПб.: НПО Профессионал, 2008.



УДК 621.791.37/03

Кулик В.И., Маркин К.Н., Зубачёв А.Н., Бещёков В.Г., Бочаров Ю.А., Синякова Т.И.

Универсальный узел для сверления наклонных отверстий в деталях сварочных головок

Существующий в настоящее время ассортимент устройств, применяемых на токарных станках для сверления наклонных отверстий в деталях сварочных головок не обеспечивает оперативных наладки и настройки устройства на деталь конкретной геометрической формы и выполнения операций сверления наклонного отверстия, что значительно повышает трудоёмкость выполняемых операций при одновременном повышении энергозатрат процесса получения детали в целом.

Во ФГУП «НПО «Техномаш» разработан универсальный узел для сверления наклонных отверстий в деталях сварочных головок, позволяющий снизить трудоёмкость и повысить качество сверления наклонных отверстий

в деталях сварочных головок путём сокращения количества операций переналадки и замены инструмента, что в целом, снижает рабочий цикл получения готовой детали, и тем самым уменьшая энергозатраты на её изготовление.

Универсальный узел для сверления наклонных отверстий в деталях сварочных головок состоит из составной державки 1 с цилиндрическим отверстием и фиксирующим винтом 2, устанавливаемой в резцедержателе 3 (рис. 1, 2, 3).

Устройство работает следующим образом. Заготовку 4 устанавливают в патрон шпинделя 5 и протачивают резцом (на чертеже не показан), закреплённым в резцедержателе 3 на заданный размер. Резец вынимают из резцедержателя 3 и устанавливают в нём державку 1 с дрелью 7 и установленным в ней сверлом 8. Градусное кольцо 6, размещённое на шпинделе 5 станка, выставляют на отметке «0°». Включают дрель 7 со сверлом 8, подачей S и производят сверление заданного отверстия. Затем заготовку 4 поворачивают на заданное чертежом количество градусов и производят сверление следующего по чертежу отверстия, после чего процесс повторяют.

Таким образом, универсальный узел для сверления наклонных отверстий в деталях сварочных головок позволяет значительно сократить трудоёмкость наладки станка перед сверлением и повысить качество выполняемых отверстий.

На рис. 4, 5 представлен внешний вид универсального узла для сверления наклонных отверстий в деталях сварочных головок под разными ракурсами, показывающими особенности его выполнения.

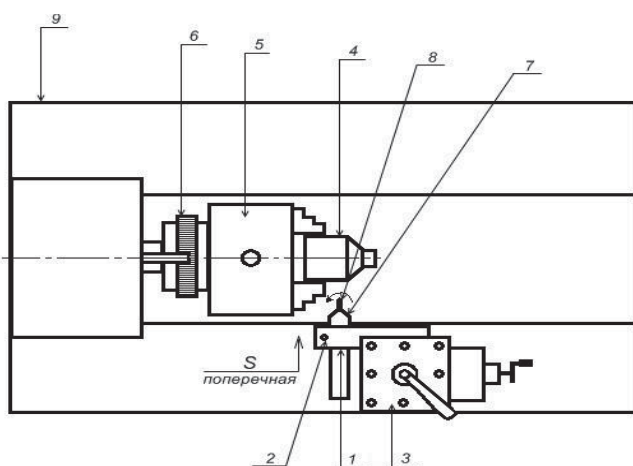


Рис. 1 – Схема универсального узла для обработки отверстий и пазов на диаметре детали

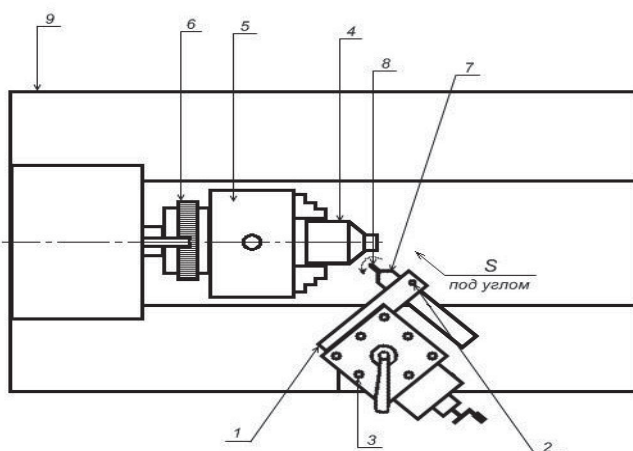


Рис. 2 – Схема универсального узла для обработки отверстий и пазов на конической поверхности детали

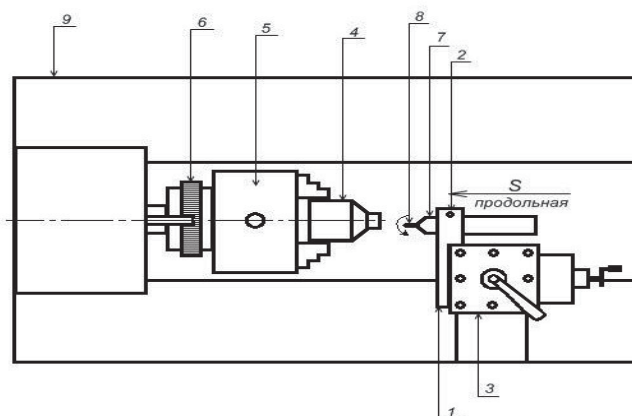


Рис. 3 – Схема универсального узла для обработки отверстий и пазов на торце детали



Рис. 4 – Внешний вид универсального узла для сверления наклонных отверстий в деталях сварочной головки, размещённой на токарном станке модели SV18PA



Рис. 5 – Внешний вид делительного кольца шпинделе станка

На рис. 6, 7 представлены типовые детали сварочных головок, обработанные с использованием универсального узла.



Рис. 6 – Внешний вид детали «штуцер» с наклонными отверстиями

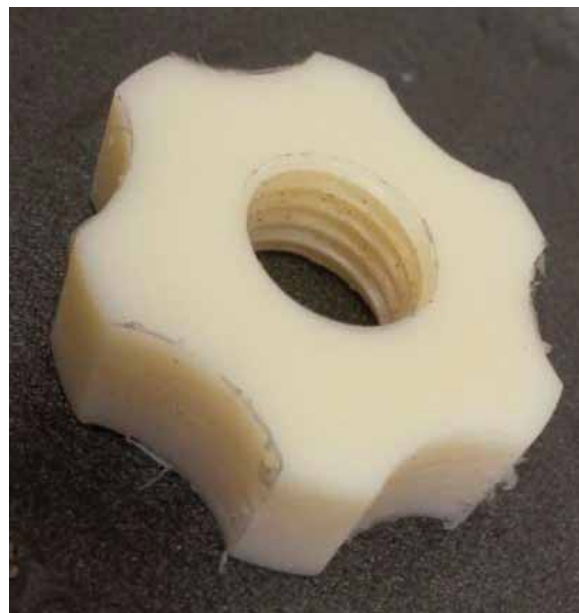


Рис. 7 – Внешний вид детали «звёздочка», изготовленной на токарном станке с использованием универсального узла

Проведённые испытания универсального узла определили спектр его применения при обработке деталей агрегатов РКТ, что позволило подать заявку на получение патента Российской Федерации на полезную модель «Универсальный узел для сверления наклонных отверстий в деталях сварочных головок».



♦ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

УДК: 629.78:658.310.33.01

*Галкин Н.А., Гаврин Д.С., Фомин Е.Ю., Пожидаев С.С., Утешев С.И., Семёнов И.А.,
Серов Е.В., Дергачева Е.С.*

Укрупнённый расчёт трудоёмкости изготовления ракет-носителей с последовательным и смешанным расположением ступеней

Как известно, ракетно-космическая промышленность (РКП) – одна из наиболее сложных отраслей машиностроения. В ней широко используются поставки, в которых участвуют почти все отрасли народного хозяйства [1].

Разработка ракетно-космической техники (РКТ) характеризуется высокой наукоёмкостью, значительной трудоёмкостью, длительными сроками разработки и проведения испытаний. Кроме того, требуется постоянное поддержание функционирования и развития дорогостоящих уникальных стендов, специальных комплексов и сложнейшего оборудования.

Ракетно-космический комплекс (РКК) состоит из двух основных элементов: ракеты-носителя (РН) и космической головной части (КГЧ).

РН, в свою очередь, состоит из ступеней, а каждая ступень включает в себя один или несколько ракетных блоков (РБ). Таким образом, получается, что РБ является базовым элементом РН.

В состав РБ могут входить: баки окислителя, баки горючего, двигательная установка, межбачковый отсек, хвостовой отсек, приборный отсек, бортовая система управления, бортовая телеметрическая система, бортовая кабельная сеть, пневмогидравлическая система, трубопроводы и агрегаты автоматики.

Космическая головная часть содержит головной обтекатель (ГО), разгонный блок и космический аппарат (КА).

КА состоит из следующих компонентов: бортовой аппаратуры системы управления, бортовой кабельной системы управления, радиационной защиты, телекоммуникационной системы, солнечных батарей, бортовой кабельной системы солнечных батарей, двигательной установки, тяговых модулей, системы исполнительных органов системы ориентации и стабилизации, системы обеспечения теплового режима, корпуса КА, блока служебного борта, системы регуляции блока служебного блока, блока целевой аппаратуры, переходной системы РБ/КА (адаптера) [2].

Для расчёта трудоёмкости РН на предприятиях РКП разработаны математические модели. Данные модели являются элементом создаваемой единой методической системы анализа и оценки технико-экономических показателей создания изделий РКТ и предназначены для специалистов планово-экономических, технологических служб и служб, занимающихся организацией и управлением труда предприятий РКП, для расчётов трудоёмкости изготовления средств выведения при проведении проектно-поисковых работ и разработки проектно-конструкторской доку-

ментации на ранних стадиях опытно-конструкторских работ новых и модернизируемых РН на головных предприятиях-изготовителях по собственным объемам работ (без учета кооперированных поставок жидкостных ракетных двигателей (ЖРД), бортовой аппаратуры и пр.). Расчетные оценки трудозатрат рекомендуются для использования в качестве основы при проведении технико-экономического анализа и сопоставления альтернативных вариантов проектов, разработки перспективных планов и программ, подготовки проектных обоснований на стадиях разработки и согласования технических заданий и тактико-технических требований к средствам выведения, при разработке технических предложений и эскизного проектирования, а также для технологического планирования производства [3].

Выбор показателей трудозатрат в качестве основы расчета затрат на производство средств выведения (СВ) обеспечивает устойчивость получаемых оценок к изменениям уровня цен, связанных с инфляцией. Расчёты базируются на разработанных математических моделях зависимости трудозатрат производства СВ от технических, конструктивно-технологических и организационно-экономических факторов.

В качестве расчётной принимается трудоёмкость изготовления первого изделия для лётно-конструкторских испытаний. Расчётная трудоёмкость не учитывает трудозатраты на изготовление материальной части и проведение контрольно-выборочных испытаний, периодических испытаний, типовых испытаний, которые зависят от партии запуска и годовой программы производства.

Расчет трудоёмкости проводится в нормированных человеко-часах (н. час). При необходимости представления трудозатрат в человеко-месяцах или человеко-годах полученные оценки рекомендуется делить на плановый фонд времени (месячный или годовой), соответственно принятому на конкретном предприятии.

Модели разработаны на базе статистических данных по законченным темам в период 1960-2004 гг. и обеспечивают достаточную точность расчётов трудоёмкости изготовления изделий.

Расчёты основаны на принципах расчёта трудоёмкости отдельных РБ, ступеней и РН в целом по нарастающей схеме.

Исходными данными послужили конструкции РН как находящиеся в производстве на предприятиях-изготовителях России и СНГ, так и на различных стадиях разработки, а также данные предприятий-изготовителей по затратам труда на их производство.

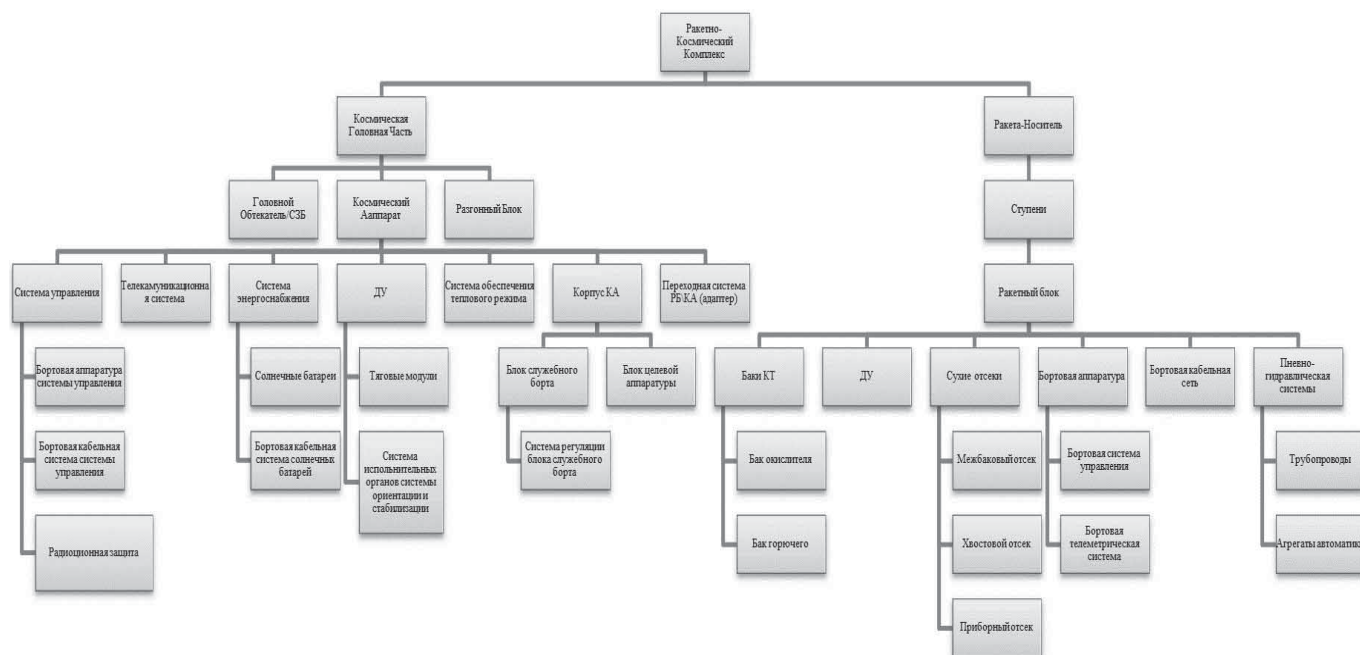


Рис. 1 – Структура ракетно-космического комплекса

Таблица 1 – Классификатор

Группа /подгруппа	Типовой представитель	
1 	С последовательным (тандемным) расположением ступеней из автономных ракетных блоков с ЖРД. Ступени РН, РБ, моноблочные конструкции с последовательным расположением баков компонентов топлива, сухих отсеков и ЖРД	Зенит Ангара 1.1 Ангара 1.2
2	Со смешанным расположением ступеней из автономных РБ с ЖРД	
2.1 	Первая ступень из автономных РБ, расположенных по схеме «пакет» относительно второй ступени центрального РБ. Все РБ моноблочной конструкции с последовательным расположением баков компонентов топлива, сухих отсеков и ЖРД. Последующие ступени последовательно расположены относительно центрального блока второй ступени	Союз Союз 2 Ангара А5
2.2 	Первая ступень с боковым расположением баков одного компонента топлива, расположенных по схеме «пакет» относительно центрального бака другого компонента топлива с расположением ЖРД на боковых блоках. Последующие ступени последовательно расположены относительно центрального бака первой ступени	Протон Протон М
2.3 	Со смешанным расположением ступеней из автономных блоков: первая ступень, твердотопливные ускорители, расположенные по схеме «пакет» относительно центрального РБ с ЖРД первой и второй ступеней. Последующие ступени расположены последовательно и состоят из РБ с ЖРД	Типа: Титан Атлас



Трудоёмкость изготовления РН в общем виде для всех типов компоновок определяется по формуле:

$$T_{PH} = \sum_1^{n_{cm}} T_{cm} * n_{cm}^{\frac{0,1}{n_{cm}}} \text{ (н. час.)} \quad (1)$$

где: T_{cm} — трудоёмкость изготовления ступени;
 n_{cm} — количество ступеней.

В случае нетранспортабельности изделия в сборке (проведение предварительной сборки, испытаний на заводе-изготовителе и окончательной сборки, испытаний на позиции) формула расчёта примет вид:

$$T_{PH} = \sum_1^{n_{cm}} T_{cm} * 2n_{cm}^{\frac{0,1}{n_{cm}}} \text{ (н. час.)} \quad (2)$$

Трудоёмкость изготовления пакета первой-второй ступеней для компоновок подгруппы 2.1. определяется по формуле:

$$T_{cm1-2} = (\sum T_{pбcm1} + T_{цpбcm2}) * n_{pб}^{\frac{0,1}{n_{pб}}} \text{ (н. час.)} \quad (3)$$

для варианта компоновки пакета первой-второй ступеней из модульных ракетных блоков:

$$T_{cm1-2} = (\sum T_{pбcm1} + T_{цpбcm2}) * n_{pб}^{\frac{0,1}{n_{pб}}} \text{ (н. час.)} \quad (4)$$

где: $T_{pбcm1}$ — трудоёмкость изготовления единичного бокового РБ первой ступени РН;

$T_{pбcm2}$ — трудоёмкость изготовления центрального РБ первой-второй ступеней РН;

$n_{pб}$ — количество РБ пакета i -й ступени РН.

Результаты расчётов апробированы при создании автоматизированной системы моделирования технологической трудоёмкости производства изделий РКТ и загрузки головных предприятий отрасли [4,5,6].

Автоматизированная информационно-аналитическая система обеспечит достоверность, полноту и эффективность работ по оценке производственного потенциала предприятий РКП, оценке реализуемости федеральных космических и коммерческих программ России по трудовым ресурсам, а также может служить основой для разработки предложений по оптимальным кооперационным связям, обеспечению технологической устойчивости и стабильности производства.

Список литературы

1. Галкин Н.А. Централизованная система нормирования труда на предприятиях ракетно-космической отрасли // Экономика и менеджмент систем управления. 2014. №3 (13). С. 9–14, 3.
2. Галкин Н.А. Разработка модуля для расчёта технологической трудоёмкости ракет-носителей // Экономика и менеджмент систем управления. 2014. №2.1(12). С. 127–131.
3. Галкин Н.А. Расчёт трудоёмкости на предприятиях ракетно-космической отрасли. // Экономика и менеджмент систем управления. 2016. №1,2. С. 222–227.
4. Галкин Н.А., Шайтура С.В. Аналитическая система автоматизированного расчёта трудоёмкости изготовления ракет-носителей. // Транспортное дело России. 2016. №1. С. 84–86.
5. Галкин Н. А., Пожидаев С. С., Фомин Е. Ю. Разработка концепции информационно-аналитической системы моделирования производственных возможностей на предприятиях ракетно-технического профиля // Технология машиностроения. 2016. №8. С. 55–58.
6. Shaitura S.V., Stepanova M.G., Shaitura A.S., Ordov K.V., Galkin N.A. Application of information-analytical systems in management // Journal of Theoretical and Applied Information Technology. 2016. Т. 90. № 2. p. 10–22.

УДК 621.73.01

Поморцев П.М., Киреев Д.Г., Смык С.В., Портнов Е.Д.

Результаты мониторинга состояния изменений в организациях РКП в 2016 году

При управлении системой метрологического обеспечения ракетно-космической техники (РКТ) одной из трудоёмких и масштабных задач является проведение мониторинга состояния измерений в организациях ракетно-космической промышленности (РКП).

В целях оценки состояния метрологического обеспечения ФГУП «НПО «Техномаш» с 2012 года на постоянной основе проводит мониторинг состояния метрологического обеспечения организаций и предприятий РКП.

Целью мониторинга состояния измерений является определение текущего состояния системы метрологического обеспечения РКТ по основным направлениям,

важнейшим из которых является оценка состояния технических средств метрологического обеспечения разработки, производства, испытаний и эксплуатации изделий.

Анализ результатов мониторинга, проведённого в 2016 году Центром метрологического обеспечения РКТ, позволил оценить параметры системы метрологического обеспечения производственно-технологической базы создания изделий РКТ.

В настоящее время в организациях и предприятиях РКП эксплуатируются более 1,07 млн средств измерений (СИ). Их распределение по видам измерений представлено на рис. 1.

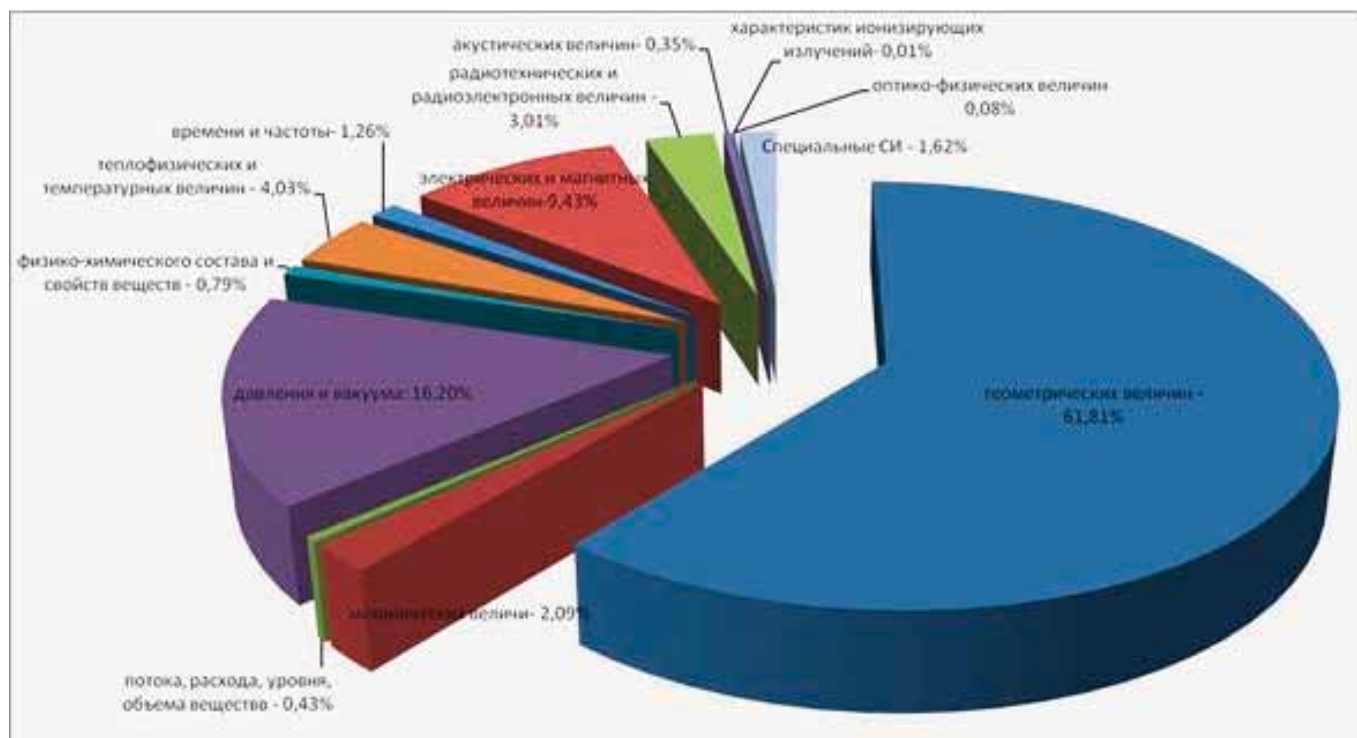


Рис. 1 – Распределение средств измерений организаций РКП по видам измеряемых величин

Необходимо отметить, что в рассматриваемом массиве средств измерений, исходя из занимаемого места в государственных поверочных схемах единиц величин и области применения, можно выделить следующие отдельные группы:

- эталоны единиц величин – более 12 600 ед. (аттестованных в соответствии с требованиями Постановления Правительства РФ от 23.09.2010 № 734 – более 2 000 ед.);
- стандартные образцы состава свойств веществ и материалов – более 2 500 ед. (из них государственные – около 1700 ед.);
- средства измерений, переведённые в состав индикаторов (контрольного оборудования) – более 39 400 ед.

На предприятиях РКП при создании изделий РКТ также применяются:

- испытательное оборудование – более 4700 ед. (из них аттестованы в соответствии с требованиями ГОСТ более 2 350 ед.);
- технические устройства и системы с измерительными функциями – около 2000 ед.

Возможности метрологического обслуживания средств измерений характеризуются следующими показателями:

- СИ, поверяемых метрологическими подразделениями организаций РКП – более 64% от общего числа СИ;
- СИ, поверяемых в сторонних организациях – около 10% от общего числа СИ;
- СИ, калибруемых МС организаций РКП – около 20% от общего числа СИ;
- СИ, калибруемых в сторонних организациях – 0,7% от общего числа СИ.

В ходе мониторинга также выявляются измерительные задачи контроля параметров изделий РКТ при разработке, изготовлении и проведении наземной экспериментальной отработки и лётных испытаний, для решения которых необходима разработка новых средств и методов метрологического обеспечения (средств измерений, испытательного оборудования, измерительных систем, методик (методов) измерений).

Результаты анализа подобных измерительных задач являются основой для разработки предложений в Программу развития системы метрологического обеспечения РКТ на период до 2020 года (утверждена 20.01.2015), предусматривающую, в том числе разработку новых методов и средств измерений.

Представленные данные позволяют судить о соответствии системы измерений в организациях РКП решаемым задачам по метрологическому обеспечению РКТ и могут быть использованы при определении приоритетов развития отраслевой системы метрологического обеспечения РКТ.

Современные требования, предъявляемые к перспективным образцам РКТ, должны учитывать необходимость опережающего развития методов и средств измерений, контроля и испытаний, необходимых для создания и внедрения новых видов техники и технологий, улучшения качества продукции, рационального использования ресурсов при осуществлении деятельности в космической сфере.



УДК 69.003

Сафоник И.В., Ковков Д.В., Саватюгин Б.Г., Петров В.Р., Александров И.В.

Пути инновационного развития системы управления инвестиционными проектами, направленными на создание, совершенствование и восстановление наземной инфраструктуры космической отрасли

Повышение значимости космических систем в современном обществе, науке и промышленности, повышение динамики развития науки и техники, усиление международной конкуренции, изменения политической обстановки диктуют необходимость усиления внимания государства к космической отрасли.

Основами государственной политики России в части космической деятельности, утверждёнными главой государства в 2013 году, заложены основные цели развития отрасли. В их число входят:

- обеспечение гарантированного доступа России в космос со своей территории, исключающего потенциальные риски при использовании наземной космической инфраструктуры за рубежом;
- защита государственных интересов Российской Федерации в области космической деятельности, включая признание Уставом ООН право на самооборону;
- создание информационных полей, обеспечивающих на всей территории страны непрерывную связь, телерадиовещание, навигацию, оперативное получение данных наблюдения Земли и атмосферы из космоса, равноправный доступ граждан Российской Федерации к информационным ресурсам;
- получение научных данных о космосе, Земле и других небесных телах для развития фундаментальной науки, достижения и поддержания лидирующих позиций на наиболее значимых её направлениях, в том числе в исследовании Луны, Марса, других тел Солнечной системы, использования внеземных ресурсов, познания механизмов образования, развития Земли и эволюции её климата для выявления опасных для земной цивилизации угроз из космоса и подготовки мер по их парированию;
- наращивание и использование конкурентных возможностей и преимуществ России в сфере космической деятельности, выход России в число ведущих участников мирового рынка космических товаров (работ и услуг) и развитие внутреннего рынка таких товаров (работ и услуг);
- развитие научно-технического, производственно-технологического потенциалов и уникальной экспериментальной базы отечественной ракетно-космической промышленности (РКП) в целях разработки и производства конкурентоспособной космической техники в соответствии с потребностями социально-экономической сферы и науки;
- другие цели, перечисленные в «Основных положениях государственной политики Российской Федерации в области космической деятельности на период до 2030 года и дальнейшую перспективу», утверждённых Президентом

Российской Федерации 19.04.2013 №Пр-906.

Федеральным законом от 18.12.2006 №232-ФЗ в Градостроительный кодекс добавлена статья 48.1 «Особо опасные технически сложные и уникальные объекты», в соответствии с которой «Объекты космической инфраструктуры» отнесены к категории особо опасных и технически сложных. Также законом добавлены следующие критерии отнесения объектов к категории уникальных:

- высота более чем 100 метров;
- пролёты более чем 100 метров;
- наличие консоли более чем 20 метров;
- заглубление подземной части (полностью или частично) ниже планировочной отметки земли более чем на 15 метров.

Сложность строительного производства объектов реконструкции и технического перевооружения предприятий ракетно-космической отрасли определяется следующим:

- спецификой технологических решений, применяемых при механообработке высоколегированных сталей, алюминиевых и титановых сплавов;
- использованием новейших конструкционных материалов, включая композитные и наноматериалы;
- габаритами ракет-носителей и космических аппаратов, требующими применения специального оборудования и технологической оснастки в процессе сборки;
- уникальностью испытаний ракетно-космической техники (РКТ), включая вакуумные испытания, температурные и огневые испытания, испытания на вибростендах и др.;
- производством сложной прецизионной приборостроительной продукции;
- требованиями чистоты производства (классы чистоты Р8 и выше).

Указанные обстоятельства накладываются на текущее состояние основных фондов промышленности Российской Федерации. По данным Федеральной службы государственной статистики (Росстата) в последние годы наблюдается существенный рост износа основных фондов. Анализ графика (рис. 1), построенного на данных Росстата, показывает, что среднее значение физического износа зданий, сооружений и оборудования в целом по промышленности Российской Федерации колеблется в границах нормативных значений, показывающих ограниченно-работоспособное состояние. Прогноз показывает, что при текущем состоянии обновления производственных фондов к 2020 году износ перешагнёт 50%, и Россия вплотную подойдет к потребности полной их замены.

Таким образом, достижение поставленных целей государственной политики в области космической деятельно-



Рис. 1 – Уровень физического износа основных фондов в Российской Федерации

сти в современных условиях, характеризующихся ускорением научно-технического прогресса в области создания РКТ нового поколения, усложнением технологических процессов её создания, увеличением стоимости отработки и серийного производства, ростом кооперации, а также возникновением ряда дестабилизирующих факторов технологического, технического и производственного характера, определяет необходимость совершенствования методов организации капитального строительства и управления инвестиционной деятельностью Госкорпорации «Роскосмос».

Решение задач, обеспечивающих достижение указанных целей, возлагается в том числе и на предприятия РКП. Уровень, сложность и уникальность решаемых задач определяют повышенные требования к объектам капитального строительства наземной инфраструктуры космической отрасли. Таким образом, указанные обстоятельства диктуют и существенное повышение требований к системам управления инвестиционными проектами, направленными на создание, совершенствование и восстановление указанных объектов.

Усиление внимания государства к результатам космической деятельности и ракетного вооружения, ускорение научно-технического прогресса в этой отрасли, усиление конкуренции (выливающееся в том числе и в прямое политическое противодействие действиям России, направленным на освоение космического пространства), а также устаревание промышленной базы обусловили необходимость проведения масштабной модернизации, затрагиваю-

щей преобладающее количество капитальных объектов. Соответственно, начиная с 2011 года, объёмы инвестиций, направляемых в капитальное строительство, реконструкцию и техническое перевооружение отрасли существенно возросли.

Скажем прямо – отрасль оказалась не готова к освоению таких объёмов бюджетных средств, направляемых в капитальные вложения. Это обуславливалось тем, что в период 1990–2010 годов уделялось мало внимания совершенствованию и развитию систем управления инвестициями. За указанный период оказались полностью утеряны не только отраслевая экспертиза проектной документации, система управления капитальным строительством, но и значительно устарели и потеряли свою актуальность нормативная и правовая базы. Учитывая указанные обстоятельства, в отрасли с начала второго десятилетия XXI века ведётся планомерная подготовка капитального строительства к обеспечению надёжного и своевременного выполнения государственных программ Российской Федерации и собственных программ развития Госкорпорации «Роскосмос».

В настоящее время управление инвестиционными программами с участием средств федерального бюджета Российской Федерации осуществляется Правительством Российской Федерации на основании Бюджетного кодекса Российской Федерации от 31.08.1997 №35-ФЗ, Федеральных законов «О бюджете Российской Федерации на плановый период», «Об исполнении Федерального бюджета на плановый период», от 29.12.2012 №275-ФЗ «О госу-



дарственном оборонном заказе», других федеральных законов, а также с использованием нормативно-правовых актов Правительства Российской Федерации, в том числе постановлений Правительства Российской Федерации от 13.09.2010 №716 «Об утверждении Правил формирования и реализации федеральной адресной инвестиционной программы», от 26.06.1995 №594 «О реализации Федерального закона «О поставках продукции для федеральных государственных нужд», других нормативно-правовых актов Правительства Российской Федерации и федеральных органов исполнительной власти.

В рамках создания правового поля для учёта особенностей планирования Госкорпорации «Роскосмос», уточнения отдельных положений нормативно-правовых актов, а также для обеспечения реализации инвестиционных проектов и введения отраслевого института обоснований инвестиций, направленных в капитальные вложения, издан приказ Федерального космического агентства от 17.07.2012 №151, утвердивший «Положение о порядке реализации федеральной адресной инвестиционной программы при проведении мероприятий по строительству (реконструкции, техническому перевооружению) предприятий, государственным заказчиком которых является Федеральное космическое агентство».

В данном Положении содержатся нормы, определяющие основные требования к предпроектной подготовке и замыслу инвестиционных проектов, планируемых к реализации в рамках как государственных, так и отраслевых программ развития и совершенствования объектов наземной космической инфраструктуры и промышленного производства. Так, при подготовке к реализации инвестиций, направленных на капитальные вложения в части предпроектной подготовки и для принятия инженерных, конструкторских и организационных решений, разрабатываются обоснования экономической целесообразности (ОЭЦ). Указанные предпроектные материалы направляются на экспертизу в головные научно-исследовательские организации (ГНИО) Госкорпорации «Роскосмос» для оценки обоснованности принятых решений и достоверности предельной стоимости инвестиций.

29 мая 2015 года распоряжением Федерального космического агентства №ИК-130-рсп для координации инвестиционной деятельности в форме капитальных вложений по мероприятиям адресной программы, в том числе информационно-аналитического, нормативно-правового, организационно-технического и иного обеспечения формирования и реализации инвестиционных программ, во ФГУП «НПО «Техномаш» создан центр инвестиционных программ (Центр). Соответственно, функции ГНИО в части проведения экспертизы предпроектных проработок переданы в Центр. Проведённый в 2016 году анализ результатов экспертизы ОЭЦ показал, что организациями РКП недостаточно внимания уделяется предпроектной подготовке строительного производства. Представляемая на экспертизу документация содержит недостаточно обосновывающие материалы и состав принятых инженерных решений, а также с низким

уровнем детализации приводятся мероприятия, направленные на реализацию инвестиций. В ОЭЦ не содержатся варианты проработки проектных решений с оценкой их эффективности на различных стадиях реализации инвестиционных проектов. Необходимо отметить и крайне низкое качество проработки технологических решений и сопутствующих инженерно-технических мероприятий. К примеру, среднестатистическое ОЭЦ не содержит схем технологических процессов с соответствующими разъяснениями, позволяющими оценить потребность в производственных, складских и административно-бытовых площадях, грузоподъёмном и инженерном оборудовании, энергообеспеченности производства, а также экономические показатели инвестиционного проекта для оценки его эффективности.

Опыт проектирования и строительства свидетельствует о том, что ошибки, допущенные на начальном этапе, обуславливают многократное увеличение затрат на их устранение в последующих этапах жизненного цикла любого объекта. Именно поэтому точности и обоснованности принимаемых решений, отражённых в предпроектной и проектной документации, отводится ключевая роль.

В целях достижения унифицированного подхода к разработке предпроектной документации и её соответствию требованиям нормативных документов в течение второго полугодия 2016 года специалистами Центра велась разъяснительно-методическая работа с представителями организаций РКП. Учитывая специфику и уникальность предприятий, разработан методологический аппарат, который позволил обеспечить индивидуальный подход к каждому предприятию. Таким образом, к концу 2016 года уровень качества поступающей в Центр документации заметно повысился. Об этом свидетельствует снижение количества замечаний и увеличение числа положительных экспертных заключений. Дальнейшее повышение качества подготовки предпроектной документации возможно путём введения квалификационных норм для специалистов организаций РКП, привлекаемых к выполнению данных работ, проведения на базе ФГУП «НПО «Техномаш» обучающих курсов, а также совершенствованием отраслевой нормативной базы.

Для разработки механизмов повышения строительного потенциала отрасли и эффективности капитальных вложений в среднесрочной перспективе планируется осуществить ряд научно-исследовательских работ, связанных с разработкой и совершенствованием системы управления инвестиционной деятельностью. Основные направления исследований приведены ниже:

Совершенствование методов управления инвестиционной деятельностью, направленной на капитальные вложения, в том числе:

Разработка и совершенствование методов оперативного, среднесрочного и долгосрочного планирования, мониторинга и осуществления инвестиционной деятельности и ее координации.

Разработка и совершенствование методов определения качественной и количественной оценки рисков, возникаю-

щих при реализации инвестиционных проектов, а также механизмов управления указанными рисками.

Совершенствование методов обоснования инвестиций, в том числе:

Разработка и совершенствование методов обоснования потребности в инвестициях при включении инвестиционных проектов в федеральную адресную инвестиционную программу, в том числе разработка методов определения возможностей предприятий отрасли по софинансированию указанных инвестиционных проектов.

Исследование методов определения стоимости уникального, специализированного производственно-технологического и испытательного оборудования.

Разработка и совершенствование методов оценки эффективности применения в составе технологических линий отечественных и зарубежных образцов технологического оборудования.

Разработка и совершенствование методов определения стоимости капитального строительства, учитывающих отраслевые особенности производства работ, с учётом планируемого государством перехода от базисно-индексного метода ценообразования к ресурсным и ресурсно-индексным методам.

Разработка и совершенствование методов организации инвестиционной деятельности, направленной на капитальные вложения.

Разработка и совершенствование технологии производства строительных и монтажных работ.

Разработка и совершенствование отраслевой сметно-нормативной базы.

Результаты научных исследований планируется использовать при формировании и развитии системы отрас-

левых нормативно-методических документов, государственных, отраслевых сметных норм и нормативов.

Внедрение передовых технологий управления инвестиционными проектами в организациях РКП должно способствовать росту потенциала отрасли в части реализации инвестиционных программ.

Повышения эффективности капитальных вложений, обоснованности экономических расчётов и принимаемых управленческих решений, роста производительности труда персонала, занятого в управлении инвестиционными проектами, планируется достигнуть путём автоматизации процессов подготовки и реализации инвестиций. Для этого предусмотрено создание распределённой автоматизированной системы управления, охватывающей все информационные потоки, этапы подготовки и реализации инвестиционных проектов. Данная система должна связать воедино все организации ракетно-космической отрасли, участвующие в инвестиционном процессе.

На первых этапах разработки системы планируется выйти на практически полную автоматизацию всех функций управления инвестиционными проектами. Дальнейшее развитие системы должно включить в схему и проектирование объекта (в формате Multi-D проектирование), и непосредственно стройку, и всех поставщиков как оборудования, так и строительных конструкций, материалов и изделий.

Таким образом, в среднесрочной перспективе планируется перевести инвестиционную деятельность, направленную на капитальные вложения в отрасли, полностью на передовые технологии управления проектами с возможностью декомпозиции стратегических и тактических задач верхнего уровня вплоть до отдельных операций, выполняемых при реализации проектов.

УДК 629.7:658

Николаев В.Д., Лукьянчик В.В., Кондратенко А.Н., Гапоненко О.В., Кузин А.И., Олексенко И.А.

Инвентаризация НИОКР и инвестиционных проектов, реализуемых в рамках ФЦП, как инструмент приоритизации программных мероприятий

Инновационная стратегия развития Госкорпорации «Роскосмос» должна обеспечить выполнение ключевых задач, таких как создание новых типов ракетной техники, способных гарантировать национальную безопасность России в космическом пространстве.

Инвестиционная стратегия развития Госкорпорации «Роскосмос» должна создать условия для повышения конкурентоспособности холдинговых компаний (интегрированных структур) в действующих сегментах экономики и новых условиях развития оборонно-промышленного комплекса Российской Федерации.

В целях реализации государственной политики по совершенствованию оборонно-промышленного комплекса

Российской Федерации [1, 2] действует федеральная целевая программа «Развитие оборонно-промышленного комплекса Российской Федерации на 2011–2020 годы» (далее – ФЦП-2020). Для безусловного выполнения стратегических задач в сфере космической деятельности [3] действует Федеральная космическая программа России на 2016–2025 годы (далее – ФКП-2025).

Решение задач ФЦП-2020 и ФКП-2025 включает обеспечение производственно-технологической готовности Госкорпорации «Роскосмос» и предусматривает:

– разработку и внедрение результатов промышленных базовых и критических технологий для формирования опережающего научно-технологического задела (НТЗ) в целях



создания конкурентоспособной космической техники военного и двойного назначения;

- реконструкцию и техническое перевооружение производственных мощностей организаций ракетно-космической промышленности (РКП), в том числе наземно-экспериментальной базы.

Согласно общепринятой методологии создания технологических заделов пятый технологический уклад опирается на достижения в области микроэлектроники, информатики, биотехнологии, генной инженерии, новых видов энергии, материалов, освоения космического пространства, спутниковой связи и т. п. Преимущество пятого технологического уклада, по сравнению с четвёртым, заключается в индивидуализации производства и потребления, в повышении гибкости производства продукции.

Космические технологии относятся к пятому технологическому укладу. При этом часть промышленных базовых технологий, применяющихся при производстве военных космических аппаратов, относится к новому шестому технологическому укладу.

В настоящее время в развитых странах происходит процесс перехода к шестому технологическому укладу. Его преимущество – в резком снижении энергоёмкости и материалоёмкости производства, в конструировании материалов и организмов с заранее заданными свойствами. Выборочное обследование производственно-технологического потенциала организаций РКП показало, что в целом по РКП технологический уровень по некоторым технологическим переделам можно оценить как «отставание от мирового уровня», хотя есть ряд технологий, в которых отечественная РКП является мировым лидером [4, 5].

Одной из причин увеличения стоимости и сроков создания новых изделий боевой ракетной техники (БРТ) и ракетно-космической техники (РКТ), наряду с негативными последствиями развала оборонно-промышленного комплекса (ОПК) в 1990-х годах, является исчерпание научно-технического задела (НТЗ), созданного в конце прошлого века, а также недофинансирование (вплоть до полного прекращения в отдельные периоды) исследований фундаментального и поискового характера, а также прорывных «пионерских» разработок по созданию прогрессивных технологий.

Проблемой также является дефицит современного парка оборудования для изготовления электрорадиоизделий по современным технологиям. Такое положение вынуждает приборостроительные организации РКП закупать данное оборудование за рубежом. К сожалению, приобрести его сложно из-за закона США об экспортном контроле, а также из-за санкций, а то оборудование, которое доступно на мировом рынке является, как правило, устаревшим. Необходимость закупки зарубежных станков обусловлена серьёзным отставанием в развитии отечественного станкостроения [6].

Ещё одной негативной тенденцией является недостаточный уровень реализации ввода объектов реконструкции и технического перевооружения организаций РКП по ФЦП-2020 в 2015–2016 годах. Причиной такого неудовлетворительного положения является ряд объективных факторов, а также вина самих организаций:

- затягивание сроков из-за отсутствия у организаций заявленных собственных средств для софинансирования проектов реконструкции и технического перевооружения, в том числе направленных на внедрение результатов завершённых опытно-конструкторских работ (ОКР) по разработке промышленных базовых и критических технологий;
- затягивание сроков выполнения строительно-монтажных работ со стороны подрядчиков;
- затягивание сроков вследствие недостатка финансовых средств на закупку импортного оборудования из-за несоответствия сметных и фактических цен в связи с резким ростом курса доллара в 2014–2015 годах;
- затягивание сроков в связи с санкционным запретом США и ЕС на поставки в Российскую Федерацию отдельных видов оборудования, что вызывает необходимость поиска его незапрещённых аналогов у других поставщиков;
- задержка с выделением лимитов бюджетных обязательств по ФЦП-2020, вызванная корректировкой из-за секвестирования программных мероприятий в 2015 и 2016 годах.

В рамках решения комплексной задачи повышения достоверности планирования мероприятий по реконструкции и техническому переоснащению производственных мощностей организаций РКП на среднесрочную перспективу проведена инвентаризация инвестиционных проектов и ОКР, реализуемых в рамках федеральных целевых программ (ФЦП), заказчиком которых является Госкорпорация «Роскосмос».

Порядок проведения инвентаризации инвестиционных проектов и «технологических» ОКР регламентировался основными организационно-методическими документами:

- поручением заместителя Председателя Правительства Российской Федерации (протокол совещания «О расходах федерального бюджета инвестиционного характера на 2017 год и плановый период 2018 и 2019 годов в сфере ОПК» от 5 июля 2016 г. № РД-П7-43пр) о проведении работы по приоритизации мероприятий государственных программ (подпрограмм), выполнение которых в 2017–2019 годах имеет первостепенное значение, в т. ч. по которым заключены долгосрочные договоры, а также по вновь начинаемым проектам, имеющим особое значение для повышения обороноспособности страны, и не определению приоритетных мероприятий, обеспеченных финансированием в 2017–2019 годах в полном объёме в рамках утверждаемых предельных объёмов бюджетных ассигнований, и приоритетных мероприятий, не обеспеченных (частично не обеспеченных) финансированием, подтверждённых обоснованиями и расчётами по дополнительной потребности в финансировании:

- поручением генерального директора Госкорпорации «Роскосмос» (протокол совещания «По вопросам оптимизации ракетно-космической отрасли» от 16 мая 2016 г. № КИ-91-пр и распоряжение от 23 ноября 2016 г. № КИ-225-рсп) по организации работ по проведению инвентаризации выполняемых ОКР и инвестиционных проектов, реализуемых в рамках ФЦП, заказчиком которых является Госкорпорация «Роскосмос».

Целью проведения инвентаризации являлось: в части ОКР – оценка актуальности, эффективности и состояния их выполнения; в части инвестиционных проектов – опре-



Рис. 1 – Распределение «технологических» ОКР по тематической направленности

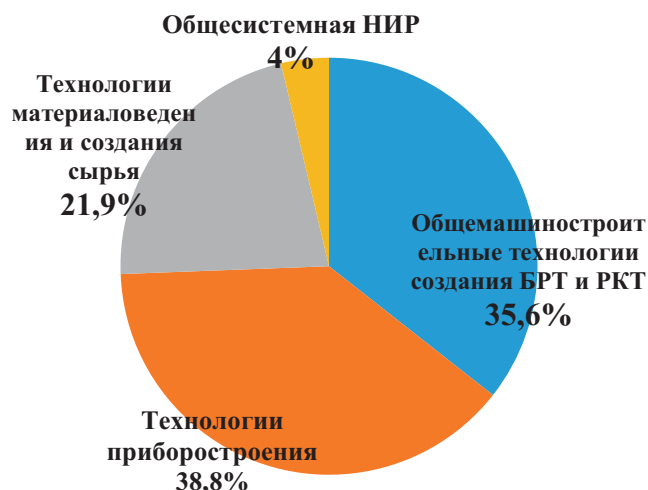


Рис. 2 – Доля запланированного финансового обеспечения на реализацию технологических ОКР и общесистемной НИР по тематической направленности

деление текущего состояния реализации проектов, оценка актуальности запланированных целей и задач инвестиционных проектов, в том числе соответствие планируемых результатов их выполнения критериям целесообразности и экономической эффективности, оценка реализуемости инвестиционных проектов в установленные сроки и в пределах запланированных ассигнований.

Рассматриваемые 30 ОКР и одна системообразующая научно-исследовательская работа (НИР) реализуются на 16 предприятиях, в том числе десяти предприятиях Госкорпорации «Роскосмос» и шести предприятиях смежных отраслей ОПК. На ОАО «Композит» реализуются восемь ОКР, составляющих 20,0% от общего объема финансирования рассматриваемых работ.

Во ФГУП «НПО «Техномаш» реализуются три ОКР и одна НИР, составляющие 13,9% от общего объема финансирования рассматриваемых работ.

На ОАО «Корпорация «Комета» реализуются три ресурсоёмкие ОКР, составляющие 25,1% от общего объема финансирования рассматриваемых работ.

На трёх предприятиях – АО «ЦНИИСМ», ФГУП «Центр Келдыша» и АО «УНИИКС» – реализуются по две ОКР, составляющих, соответственно, 3,3%, 5,9% и 10,5% от общего объема финансирования рассматриваемых НИОКР.

Распределение технологических работ по тематической направленности и соответствующая доля запланированного финансового обеспечения на их реализацию представлены на рис. 1 и 2.

На двенадцать ОКР по общемашиностроительным технологиям направлено 35,6% общего объема финансирования рассматриваемых НИОКР (далее – общий объем), на десять ОКР по технологиям приборостроения – 38,8% общего объема, на восемь ОКР по технологиям материаловедения и создания сырья – 21,9% общего объема, на одну общесистемную НИР – 3,7% общего объема.

Распределение технологических ОКР по видам вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ) и соответ-

ствующая доля запланированного финансового обеспечения на их реализацию представлены на рис. 3 и 4.

Инвентаризация НИОКР проводилась в соответствии с методикой проведения инвентаризации НИОКР, утвержденной 25 ноября 2016 г. генеральным директором ФГУП «НПО «Техномаш» и одобренной Департаментом РКП Госкорпорации «Роскосмос». Для оценки актуальности и эффективности выполнения НИОКР использовались следующие показатели: привязка НИОКР к образцам РКТ (БРТ), «критичность» разрабатываемых технологий для обеспечения подготовки и производства образцов РКТ (уникальность, разработка технологий для новых, ранее не реализуемых ТТХ образцов РКТ), привязка НИОКР к срокам создания (производства) перспективных изделий РКТ (влияние разрабатываемой технологии на формирование опережающего научно-технического и технологического заделов), необходимость внедрения полученных результатов ОКР и экономическая эффективность внедрения разрабатываемых в ходе ОКР технологий (обеспечение снижения цены будущей продукции, трудоёмкости, ресурсоёмкости).

В ходе проведения инвентаризации рабочей группой (специалистами головных и специализированных институтов) выполнены следующие работы:

- проведён анализ текущего состояния выполнения ОКР;
- проведён анализ актуальности НИОКР, в том числе соответствия их направленности перечню критических и базовых промышленных технологий, «привязки» к конкретным образцам РКТ, а также целесообразности и экономической эффективности их выполнения;
- выявлены ОКР, утратившие актуальность или имеющие низкую экономическую эффективность;
- выявлены ОКР, результаты которых не будут внедрены в РКП или будут внедрены с существенным сдвигом «вправо» (на более поздние сроки);
- подготовлены рекомендации по порядку дальнейшего выполнения ОКР.



Рис. 3 – Распределение «технологических» ОКР по видам ВВСТ

К числу выявленных наиболее важных проблем, определяющих невозможность и нецелесообразность продолжения выполнения ОКР, следует отнести:

1. Утрату актуальности выполняемой ОКР в связи с изменившейся целевой задачей (изменившиеся параметры планируемой на этапе обоснования производственной программы) и потерю важности внедрения результатов ОКР в технологические процессы создания перспективных изделий РКТ (оптимизация программ создания объектов РКТ в связи с изменившимся финансово-экономическим обеспечением).

2. Отсутствие в требованиях государственных контрактов отчётной документации по внедрению результатов ОКР.

3. Отсутствие разрабатываемых ОКР в Перечне промышленных базовых и критических технологий ОПК.

Сложность разрабатываемых критических и базовых производственных технологий не всегда позволяет точно прогнозировать параметры их внедрения с учётом финансово-экономического состояния организации, а также рассчитать прогнозные возможности организации по привлечению внебюджетных средств для внедрения значимых результатов ОКР.

На основе системы программно-целевого планирования и комплексного научно-методического подхода по обоснованию системы мероприятий по капитальному строительству для создания высокотехнологичных изделий РКТ в ходе инвентаризации решены следующие задачи:

- проведён анализ актуальной информации о ходе реализации инвестиционных проектов реконструкции и технического перевооружения организаций РКП;
- выявлены проблемные инвестиционные проекты;
- сформированы предложения по разрешению проблемных вопросов и дальнейшей реализации инвестиционных проектов;
- определены инвестиционные проекты, направленные на защиту ключевых компетенций ведущих организаций отрасли.

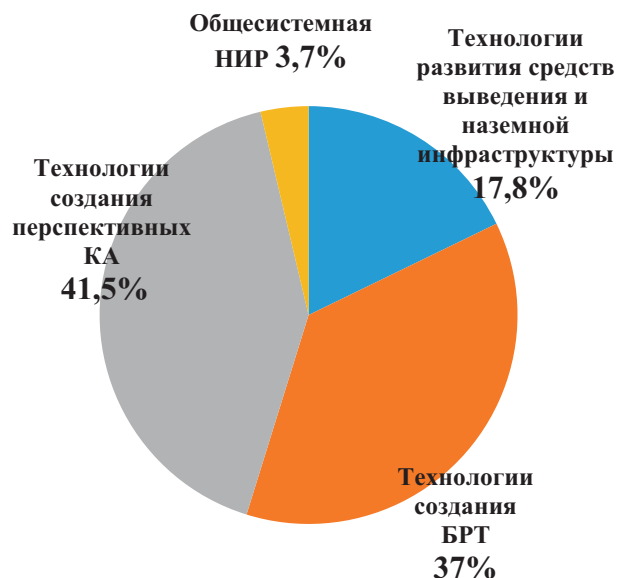


Рис.4 – Доля запланированного финансового обеспечения на реализацию «технологических» ОКР и общесистемной НИР по видам ВВСТ

Анализ целевой направленности и фактического состояния исполнения инвестиционных проектов проводился по 118 инвестиционным проектам, входящим в ФЦП-2020 (109 проектов) и ФЦП «ГЛОНАСС» (девять проектов). Распределение количества рассмотренных инвестиционных проектов по тематическим подгруппам приведено на рис. 5.

К числу выявленных проблем, определяющих возможность и целесообразность продолжения выполнения инвестиционных проектов, следует отнести:

1. Проблемы финансово-экономического характера, которые принципиально не могут быть решены в программные сроки (обеспечение необходимого объёма финансирования за счёт собственных средств предприятия, резкое увеличение стоимости инвестиционного проекта при отсутствии дополнительных источников финансирования, систематическое неиспользование выделяемых бюджетных ассигнований).

2. Неготовность проектной и другой документации, несвоевременное прохождение необходимой экспертизы, нарушение (невыполнение) обязательств по эмиссии акций (для акционерных обществ), отсутствие утверждённого договора об участии Российской Федерации в собственности субъекта инвестиций и др.

3. Утрата актуальности выполняемого инвестиционного проекта в связи с изменившейся целевой задачей (изменившиеся параметры планируемой на этапе обоснования производственной программы, оптимизация программ создания объектов капитального строительства в связи с изменившимся (секвестрированным) финансово-экономическим обеспечением и др.).

4. Наличие юридически нерешённых проблем, ставящих под угрозу выполнение инвестиционного проекта в программные сроки (выделение/оформление прав собственности земельных участков для застройки, урегулирование вопросов реализации инвестиционного проекта при нали-

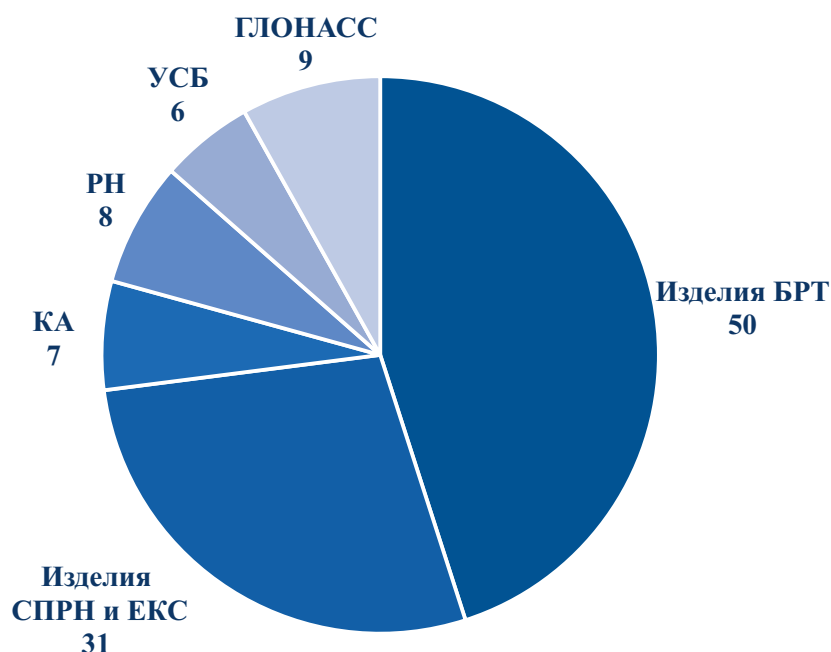


Рис.5 – Распределение инвестиционных проектов по тематическим подгруппам

чии нескольких собственников на производственной площадке и др.).

5. Отказ организации от реализации инвестиционного проекта.

Рекомендуемые меры по решению выявленных проблем сводятся к следующим мероприятиям:

- перенос в установленном порядке сроков выполнения инвестиционного проекта с подтверждением головной организацией сохранения актуальности проекта с учётом уточнённых сроков и планов их реализации;
- изыскание дополнительных внебюджетных средств для покрытия дефицита бюджетного финансирования с документальным подтверждением финансовых обязательств;
- отказ (прекращение и пересмотр) выполнения инвестиционного проекта в связи с потерей актуальности либо в связи с невозможностью его реализации по возникшим форс-мажорным обстоятельствам;
- внесение проекта в группу приоритетного восстановления бюджетного финансирования (в том числе для проектов, по которым проведена оптимизация бюджетных средств в сентябре 2016 года или Минфином России не доведены бюджетные обязательства в ноябре 2016 года). Снижение объёмов бюджетного финансирования по капитальному строительству до установленных лимитов не позволит ведущим организациям отрасли внедрить полученные результаты ОКР в технологические процессы изготовления космических аппаратов негерметичного исполнения, создать опережающий НТЗ и осуществить технологическую модернизацию производственной и наземно-экспериментальной баз предприятий в целях повышения качества и конкурентоспособности средств выведения, обеспечить гарантированную реализацию государственного оборонного заказа в условиях действия внешних дестабилизирующих факторов.

В настоящее время ключевые риски реализации инвестиционной стратегии развития Госкорпорации «Роскосмос» характеризуются:

- снижением объёмов государственного оборонного заказа, обеспечивающего значительную долю загрузки производственных мощностей организаций Госкорпорации «Роскосмос» по производству БРТ и РКТ;
- недостижением целевых значений операционной эффективности отдельных организаций РКП из-за высокого уровня вертикальной интеграции или зависимости предприятий второго, третьего уровня кооперации от головной организации-поставщика финишных изделий (предприятия-разработчика или изготовителя ракетно-космического комплекса военного, двойного, научного и социально-экономического назначения);
- снижением позиций холдинговых компаний в традиционных сегментах, в том числе потерей монопольного преимущества при создании средств выведения или оказании услуг по запускам космических аппаратов.

Список литературы

1. Основы государственной политики в области развития оборонно-промышленного комплекса Российской Федерации на период до 2020 года и дальнейшую перспективу (утверждены Президентом Российской Федерации 1 марта 2010 года № Пр-528).
2. Основы военно-технической политики Российской Федерации на период до 2020 года и дальнейшую перспективу (утверждены Президентом Российской Федерации 26 января 2011 года №12841).
3. Основы государственной политики Российской Федерации в области космической деятельности на период до 2030 года и дальнейшую перспективу (утверждены Президентом Российской Федерации от 19.04.2013 №Пр-906).
4. Указ Президента Российской Федерации от 7 июля 2011 г. № 899 Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации.
5. Гапоненко О.В., Кондратенко А.Н., Лукьянчик В.В. Основные аспекты инновационной деятельности на предприятиях двигателестроения в условиях структурной перестройки ракетно-космической промышленности // Двойные технологии. 2015. № 2. С. 52-57.
6. Гапоненко О.В., Лукьянчик В.В., Николаев В.Д., Яныгин В.Ю. Оценка возможностей станкостроительной отрасли России в поставке технологического оборудования предприятиям ракетно-космической промышленности // Технология машиностроения. 2016. № 4. С. 64-69.
7. Кондратенко А.Н., Лукьянчик В.В., Мальченко А.Н. Основные аспекты обоснования системы мероприятий по капитальному строительству для производства новых изделий ракетно-космической техники // Космонавтика и ракетостроение. 2016. № 2. С.101-109.



✦ ЭЛЕКТРОННАЯ ПАСПОРТИЗАЦИЯ

УДК 629.7:004

*Бараев А.В., Должанский Ю.М., Камалдинов А.М., Кологов А.В.,
Коротков А.Н., Кривенко Г.Г., Кулик В.И.*

Информационные электронные паспорта на технологии и специальное оборудование, разработанные ФГУП «НПО «Техномаш» в 2016 году

В продолжение оперативного информирования предприятий отрасли сведениями о новых разработках ФГУП «НПО «Техномаш» в части новых технологий и специального оборудования для машиностроительного и двигательного производств ракетно-космической промышленности (РКП) [1] приведена сводная таблица о технологиях

и оборудовании, на которые оформлены информационные электронные паспорта в 2016 году.

В табл.1 приведён перечень соответствующих технологий и оборудования, где знаком «+» отмечены паспорта, разработанные ранее и дополненные в 2016 году новой информацией по состоянию соответствующих разработок на 2016 год.

Таблица 1 – Технологии и оборудование, паспортизированные в 2016 году

№ паспорта	Наименование технологии (оборудования)
Заготовительное производство	
<i>П194/16</i>	Штамповая оснастка для изготовления заготовок турбин ТНА ЖРД (предварительные переходы и окончательная штамповка)
<i>П200/16</i>	Вакуумная индукционная плавильно-заливочная установка с управляемым вводом лигатур и модифицирующих наноразмерных частиц непосредственно в струю разливаемого в формы металла
Сварочное производство, пайка	
<i>П209/16</i>	Установка УПТТ-8 для пайки тонкостенных трубопроводов
<i>П210/16</i>	Установка для автоматизированной лазерной, комбинированной лазерно-дуговой сварки жаропрочных сталей и сплавов, химически активных металлов
<i>П211/16</i>	Технология комбинированной лазерно-дуговой сварки жаропрочных сталей и сплавов и химически активных металлов толщиной до 15 мм
<i>П212/16</i>	Установка для пайки в глубоком вакууме
<i>П216/16</i>	Головки для автоматической сварки неповоротных стыков трубопроводов из алюминиевых сплавов
Технологии и оборудование нанесения специальных покрытий	
<i>П214/16</i>	Технология гальванического нанесения толстослойных никель-хромовых покрытий на ДСЕ ЖРД сложного профиля
<i>П215/16</i>	Технология гальванического нанесения теплозащитных покрытий на ДСЕ ЖРД со вскрытой щелью завесы
Производственный контроль и испытания	
<i>П195/16</i>	Специализированный магнитный толщиномер функциональных покрытий КС ЖРД «никель на бронзе» (мод. МТНП-1М)
<i>П196/16</i>	Специализированный магнитный толщиномер функциональных покрытий КС ЖРД «хром на никеле» (мод. МТП-ХН1)
<i>П197/16</i>	Специализированная установка для автоматизированного рентгенофлуоресцентного контроля толщин серебряных покрытий на оребренных поверхностях бронзовых цилиндрических деталей ЖРД (мод. РБВК-1КР)
<i>П198/16</i>	Комплекс оборудования для автоматизированного ультразвукового контроля качества материала стенок сопел после ротационной вытяжки и качества пайки сопел ЖРД типа 14Д23
<i>П202/16</i>	Бароакваприум для контроля герметичности с использованием в качестве индикаторной среды растворителей: хладон 122, хладон 141b
Специальное технологическое оборудование	
<i>П148/14+</i>	Автоматизированный комплекс для измерения толщины и контроля контура крупногабаритных сопел КС ЖРД
<i>П162/16</i>	Автоматизированная установка для очистки ДСЕ арматуры и автоматики ДСЕ изделий РКТ растворителями: хладон 141b, Forane 141b, хладон 122, хладис ДВХ

П173/16	Инструментальный комплекс автоматизированного мониторинга средств управления, контроля и диагностики станков
П203/16	Автоматизированный выкладочный комплекс (АВК) с выкладочными головками типоряда 6-50, 6-100 и 6-150 мм
П204/16	Автоматизированный комплекс измерения толщины остаточного полотна вафельного фона на крупногабаритных обечайках и плоских панелях из алюминиевых сплавов
П223/16	Станок для совмещенной (электрохимической и электроэрозионной) обработки деталей изделий РКТ
Производство гиросприборов	
П145/14+	Стенд статической балансировки гиросплатформ
П180/16	Стенд контроля шарикоподшипниковых опор гиросприборов массой до 1 кг
П191/16	Стенд контроля шарикоподшипниковых опор двигателей-маховиков массой до 10 кг
П192/16	Установка контроля виброактивности опор двигателей-маховиков массой до 10 кг
П193/16	Универсальный малогабаритный электродинамический вибратор ВЭДМ-2ТМ1

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПАСПОРТ 204/16

**Автоматизированный комплекс
измерения толщины остаточного полотна вафельного фона на крупногабаритных обечайках
и плоских панелях из алюминиевых сплавов**

Вид продукции: оборудование.

Вид производства: механическая размерная обработка.

Технологический процесс: контроль точности обработки.

Область применения: изготовление ДСЕ с вафельным фоном

Целевая программа, в обеспечение целей и задач которой создано оборудование: «Федеральная космическая программа России на 2006–2015 гг.»

Отраслевая значимость оборудования: базовое

Класс оборудования: отраслевое

Заказчик: Госкорпорация «Роскосмос»

Щепкина ул., д. 42, ГСП-6, Москва, 107996, Россия

Дата заключения и № госконтракта

№ гос. регистрации контракта

шифр ОКР

сроки выполнения работ

Разработчик:

ФГУП «НПО «Техномаш»

3-й проезд Марьиной Рощи, д. 40, а/я 131, Москва 127018, Россия

Соисполнитель:

ООО «НПП ВИУС»

Красноармейская ул., д.55, кв. 2, Новочеркасск Ростовской области, 346000, Россия

(изготовление основных элементов, сборка и наладка комплекта)

Поставщик (оборудования):

ФГУП «НПО «Техномаш»

3-й проезд Марьиной Рощи, д. 40, а/я 131, Москва 127018, Россия

Стадия разработки: опытный образец

Фактическое нахождение: ФГУП «НПО «Техномаш»	
сохранная записка	письмо (акт) передачи
(не требуется)	—

Общие сведения (описание, характерные особенности и новации, фото и т.д.):

комплекс (рис. 1) предназначен для автоматизированного измерения (контроля):

толщины остаточного полотна «вафельных ячеек»,

линейных и инструментальных размеров ячеек,

ширины и высоты кольцевых (поперечных и продольных) ребер вафельного фона деталей в составе

оборудования для фрезерования ячеек «вафельного фона» на плоских заготовках и цилиндрических

поверхностях корпусных конструкций изделий РКТ из алюминиевых сплавов

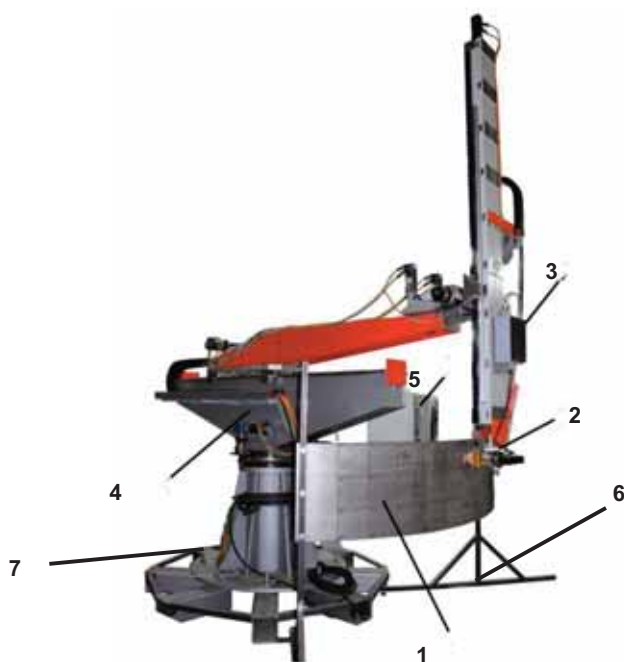


Рис. 1 – Опытный образец измерительного комплекса:

- 1) объект контроля (технологический макет обечайки;
- 2) инструментальная головка;
- 3) электронный блок толщиномера;
- 4) манипулятор перемещения измерительных модулей относительно объекта контроля;
- 5) шкаф управления (цифровая система управления);
- 6) опора обечайки;
- 7) основание манипулятора (тумба)

Инновационной особенностью комплекса является бесконтактный способ измерений с использованием лазерного сканера серии РФ625 фирмы RIFTEK.

Основные технологические переходы работы комплекса:

- измерение гладкой поверхности обечайки (лазерный сканер) и определение ее положения в рабочей системе координат;
- измерение линейных и инструментальных размеров ячеек обечайки (лазерный сканер);
- измерение толщины остаточного полотна обечайки (ультразвуковой толщиномер);
- анализ результатов измерения линейных и инструментальных размеров ячеек обечайки;
- подготовка отчета о результатах измерений;

- подготовка программы обхода ячеек;
- определение положения обечайки в системе координат манипулятора;
- измерение и архивирование данных о линейных и инструментальных размерах ячеек обечайки (лазерный сканер);
- измерение и архивирование толщины остаточного полотна обечайки (ультразвуковой толщиномер);
- обход ячеек и идентификация их характеристик.

Сведения об аналогах:

- отечественных: установка КИМ-ТВ500, ООО «КИМ-ПРЕЦИЗИОН» (не имеет поворотного стола и возможности проводить замеры на плоских панелях);
- зарубежных: установка LH 1040 фирмы WENZEL (Германия).

Сравнительные технические характеристики:

Основные сравнительные характеристики	Разрабатываемая продукция	Аналоги	
		КИМ-ТВ500	LH 1040
габариты обрабатываемых изделий, мм:			
– плоских панелей	2000 x 6000	-	2500 x 2500
обечаек:			
– диаметр	1200-5600	1000-3000	1000-2500
– высота	2000	900	1000
– размеры ячеек вафельного фона, не менее	30 x 30	30 x 30	30 x 30
– область сканирования за один проход, м ² , не менее	1	1	1
– точность обработки, мм	± 0,05	± 0,10	± 0,10
– погрешность измерения, мм, не более			
– толщины	± 0,03	± 0,05	± 0,5
– размеров ячеек вафельного фона	± 0,10	± 0,05	± 0,5
– время переналадки системы на требуемые типоразмеры, мин, не более	30	15	10
– время готовности системы к работе (с момента включения станка), мин, не более	15	10	10
– питание, В x Гц	220 x 50	-	-

– питание, В x Гц	220 x 50	-	-
– габариты, мм	3700 x 1400 x 2880	-	-
– потребляемая мощность, кВт	10	-	-
– масса, кг	3000	-	-
– площадь размещения комплекта оборудования, м ²	6 x 7	-	-

Документы, характеризующие технический уровень разработки:

патенты:

- на изобретение – нет;
- на промышленный образец – нет;

на полезную модель:

- патент РФ от 20.06.2014 № 141909 «Устройство для слежения за формой нежесткой обрабатываемой детали» (заявка от 10.12.2013);

– «ноу-хау» Российской Федерации – нет;

– лицензии – нет.

– другие документы (технологические процессы, технические условия и т.п.):

Комплект КД (ТМКБ.5.51.002.00.00.000).

Типовой технологический процесс (ВМПА.425850.001 ТТП)

– научные публикации – нет.

Рынок конкурентоспособности вновь разрабатываемой продукции – рынок России.

Предприятия, на которых планируется внедрение технологии (оборудования)

Название предприятия	Год начала использования	Изделия, для изготовления которого используется технология
АО РКЦ «Прогресс»	2017	корпусные конструкции из алюминиевых сплавов РН семейства «Союз»
ФГУП «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева»	2017	корпусные конструкции из алюминиевых сплавов РН семейства «Ангара»
АО «Красмаш»	2017	корпусные конструкции из алюминиевых сплавов БРК типа «15Д28» и др.

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПАСПОРТ 200/16

Вакуумная индукционная плавильно-заливочная установка с управляемым вводом лигатур и модифицирующих наноразмерных частиц непосредственно в струю разливаемого в формы металла

Вид продукции: оборудование.

Вид производства: металлургическое.

Технологический процесс: выплавка сталей и сплавов.

Область применения: изготовление литых заготовок ДСЕ изделий РКТ.

Целевая программа, в обеспечение целей и задач которой создано оборудование: ФЦП «Развитие ОПК РФ на 2011–2020 гг.».

Отраслевая значимость оборудования: базовое

Класс оборудования: межотраслевое (универсальное).

Заказчик: Госкорпорация «Роскосмос»

Щепкина ул., д. 42, ГСП-6, Москва, 107996, Россия.

Дата заключения и № госконтракта

№ гос. регистрации контракта

шифр ОКР

сроки выполнения работ

Разработчик:

ФГУП «НПО «Техномаш»

3-й проезд Марьиной Рощи, д. 40, а/я 131, Москва 127018, Россия

Соисполнитель:

«ВМЗ» – филиал «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева»,

Новозаводская ул., д.18, Воронеж, 121087, Россия

(участие в разработке ТЗ на установку, составление программы и разработка методики предварительных и приемочных испытаний).

Изготовитель оборудования: ПАО «Электромеханика», Заводское шоссе, 2, Ржев 172386, Тверская область, Россия.

от 11.06.2014 № 922-K731/14
010173100007014000075
ОКР «УДМ-Н»
2014-2016

Поставщик оборудования:

ФГУП «НПО «Техномаш»

3-й проезд Марьиной Рощи, д. 40, а/я 131, Москва 127018, Россия

Стадия разработки: опытный образец

фактическое нахождение: ПАО «Электромеханика»	
сохранная записка	письмо (акт) передачи
от 24.10.2016 № 553-2014/3-1	-

Общие сведения (описание, характерные особенности и новации, фото и т. д.):

Установка УДМ-Н (рис. 2) предназначена для выплавки высоколегированных сталей (ВНЛ-1, ВНЛ-1М, ВНЛ-6 и др.) и жаропрочных сплавов (ЖСЗ-ДК, ВЖЛ-14 и др.), дополнительно модифицированных наноразмерными частицами для последующего изготовления высоконагруженных ответственных деталей перспективных ЖРД.

Инновационной особенностью установки является ввод наномодификаторов и специальных дополнительных лигатур непосредственно в струю разливаемого металла, что обеспечивает равномерное распределение наночастиц, являющихся центрами кристаллизации, по объёму отливки, а также получать в конечном итоге отливки с повышенными механическими свойствами.

Установка полностью автоматизирована и может работать в режимах:

- наладки, при котором управление управляющими механизмами установки и переключателями производится оператором вручную непосредственно с его рабочего пульта;
- автоматическом, при котором рабочий цикл плавки реализуется по соответствующей программе, исходные данные в которую для конкретной выплавляемой стали или сплава вводятся оператором в управляющую программу до начала процесса;
- самообучающемся, для проведения «тренировочных» плавов.

Основные параметры технологического процесса плавки и заливки отражаются на мониторе оператора и могут автоматически архивироваться в электронных форматах.



Рис. 2 – Технологическая площадка с установкой УДМ-Н

Сведения об аналогах
отечественных: *нет*
зарубежных: *нет*

Сравнительные технические характеристики:

Основные сравнительные характеристики	Разрабатываемая продукция	Аналоги	
		отечественный	зарубежный
– ёмкость плавильного тигля, кг	120	аналогов нет	аналогов нет
– температура расплава, °С, не более	1750		
– рабочая среда в установке	аргон		
– вакуум в камере плавления, Па	5 · 10 ⁻³		
– расход охлаждающей воды, м ³ /ч	12-14		
– питание В x Гц	380 x 50		
– потребляемая мощность, кВт	380		
– габаритные размеры, мм	12000 x 10000 x 5730		
– масса, кг, не более	18700		
– площадь размещения установки (технологической площадки), м	15 x 15		
– размеры платформы для загрузки опок с формами под заливку, мм	1800 x 500		
– максимальный размер опок, мм	Ø 500 x 600		
– температура предварительного нагрева форм в шлюзовой камере, °С	600		

Документы, характеризующие технический уровень разработки: патенты:

- на изобретение - нет
- на промышленный образец – нет на полезную модель:
- патент РФ от 13.05.2016 № 162283 на «Устройство для прессования порошков»;
- патент РФ от 09.09.2016 № 165026 на «Устройство для загрузки дозированных порошковых материалов»
- «ноу-хау» Российской Федерации – нет;
- лицензии – нет
- сертификаты – нет
- другие документы (технологические процессы, технические условия и т.п.).

Комплект КД 963457.00.00.000 УДМ-Н

Паспорт 1/16

Руководство по эксплуатации 63557.00 00.000 РЭ

Технологический процесс 117-01-15

– научные публикации:

Комаров М.А. «Инновационное технологическое оборудование вакуумной индукционной плавки для получения крупногабаритных изделий с введением наномодификаторов и лигатур в струю расплава на примере установки «УДМ-Н», «Электромеханик», № 9, 2016, с. 9-11.

Рынок конкурентоспособности вновь разрабатываемой продукции – рынок России

Всего в интерактивной базе данных ФГУП «НПО «Техномаш» [2] аккумулирована информация (в объёме рубрик электронных информационных паспортов) о 225 разработках предприятия.

Предприятия, на которых планируется внедрение технологии (оборудования)

Название предприятия	Год начала использования	Изделия, для изготовления которого используется технология
«ВМЗ» – филиал «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева»	2017	(универсальное оборудование)

Список литературы

1. Бараев А.В., Должанский Ю.М., Кулик В.И., Кочергин С.А., Моклученко И.С., Коротков А.Н., Пушкарев А.С., Писаренко А.А. Информационные паспорта на технологии и специальное технологическое оборудование машиностроительного производства РКП // Вестник «НПО «Техномаш», 2016, № 2.

2. Бараев А.В., Должанский Ю.М. Интерактивная база данных по технологиям и оборудованию машиностроительного производства РКП как информационный ресурс формирования отраслевой технологической платформы и разработки технологических дорожных карт // Прогрессивные разработки учёных – новым изделиям ракетно-космической техники: сб. научных трудов ФГУП «НПО «Техномаш». М: Фолиум, 2013. с. 18-23.

УДК 629.7:004

Бараев А.В., Должанский Ю.М.

Электронная паспортизация специального оборудования и производственных технологий, разработанных ФГУП «НПО «Техномаш» в 2010–2015 гг.

В настоящей статье приведены перечни специального технологического оборудования и технологий, разработанных ФГУП «НПО «Техномаш» для машиностроительного

и двигательного производств РКП в 2010–2015 гг., и указаны учётные номера их информационных электронных паспортов.

Таблица 1 – Паспортизированные технологии и оборудование специального станкостроения

1. Станок специальный фрезерный модели 1250Н для обработки продольных пазов на наружных поверхностях тонкостенных деталей сложного профиля	П41/11
2. Станок специальный фрезерный с ЧПУ для обработки вафельного фона на внутренней и внешней поверхностях тонкостенных крупногабаритных деталей из алюминиевых сплавов (модель СВДО-14)	П75/11
3. Станок специальный намоточно-выкладочный с ЧПУ для изготовления пространственных криволинейных труб из ПКМ (модель СНП 33)	П76/10
4. Трубогибочный станок модели СГИН-120 с узкозональным индукционным нагревом для изготовления трубопроводов многоколенной пространственной конфигурации	П108/14
5. Специальный намоточный станок мод. СНП 35 для изготовления из ПКМ элементов крупногабаритных трансформируемых механических систем космических аппаратов	П124/14
6. Специальный намоточный станок мод. СНП-36 для изготовления из ПКМ сопловых раструбов РДТТ диаметром до 2500 мм	П125/14
7. Адаптивная система с пневмодатчиком для оперативного контроля геометрии остаточного полотна при фрезеровании вафельного фона на крупногабаритных обечайках изделий РКТ	П136/14
8. Автоматизированный комплекс для измерения толщины стенок и контура крупногабаритных сопел камер сгорания ЖРД	П148/14
9. Специальный станок (многокоординатный порталный обрабатывающий центр) для обработки сложных пластиков и алюминиевых сплавов (модель ОЦП 3000)	П157/14
10. Специальный намоточный станок модели СНП 34 для изготовления из ПКМ трубопроводов высокого давления диаметром 20–45 мм для топливных систем РН	П164/15
11. Специальная электротермическая компрессионная установка с системой автоматизированного управления для высокотемпературной пайки и термообработки КС ЖРД (модели ЭКУ-1П)	П182/15
12. Специальная электротермическая компрессионная установка с системой автоматизированного управления для высокотемпературной пайки и термообработки КС ЖРД (модели ЭКУ-2П)	П183/15
13. АСКРТП (автоматическая система контроля и регулирования технологических параметров намотки) для изготовления из ПКМ конструкций сложной геометрической формы	П184/15
14. Технология изготовления конструкций из ПКМ методом анизотропной «мокрой» намотки на специальном оборудовании с автоматической системой контроля и регулирования технологических параметров процесса	П185/15

Таблица 2 – Паспортизированные технологии и оборудование заготовительного производства

1. Универсальный трубогибочный станок модели СТОПН-80 для пространственной гибки трубопроводов пневмогидравлических систем изделий РКТ	П68/10
2. Технология точной гибки пространственных трубопроводов пневмогидравлических систем изделий РКТ	П69/10
3. Технология ротационной вытяжки бесшовных крупногабаритных деталей камер сгорания и корпусных деталей ЖРД	П70/10
4. Технология формообразования осесимметричных бесшовных герметизирующих оболочек (лейнеров) из высокопрочных сталей для металлокомпозитных баллонов высокого давления	П71/10
5. Технология электроимпульсного наномодифицирования расплавов алюминиевых сплавов	П82/11
6. Технология приготовления суспензий с добавлением ультрадисперсных и нанопорошков циркона ...	П105/13
7. Технология изготовления биметаллических переходников малого диаметра многопереходной штамповкой	П97/13
8. Опытная технология магнитно-импульсного воздействия на кристаллизующиеся алюминиевые сплавы	П112/13

9. Технология и оборудование для акустической обработки («озвучивания») расплавов высоколегированных и жаропрочных сталей	<i>П149/14</i>
10. Технология высокочастотного акустического воздействия на кристаллизующиеся расплавы металлов	<i>П166/15</i>
11. Технология низкочастотного акустического воздействия на кристаллизующиеся расплавы металлов	<i>П167/15</i>

Таблица 3 – Паспортизированные технологии и оборудование сварочного производства и пайки

1. Машина для сварки трением биметаллических переходников конструкций изделий РКТ	<i>П42/13</i>
2. Технология электронно-лучевой сварки трехслойных панелей из титановых сплавов для изготовления герметичных корпусов изделий РКТ	<i>П66/10</i>
3. Сварочная головка с аппаратурой управления для аргонно-дуговой сварки неплавящимся электродом продольных и кольцевых швов и швов врезных элементов конструкций РН	<i>П72/10</i>
4. Технология и оборудование для автоматической и полуавтоматической импульсно-дуговой сварки плавящимся электродом конструкций из алюминиевых сплавов и сталей	<i>П78/11</i>
5. Технология изготовления паяных конструкций из высокопрочных и жаропрочных сплавов с соот- вым наполнителем	<i>П79/10</i>
6. Унифицированный модуль для электронно-лучевой сварки в локальном вакууме	<i>П80/11</i>
7. Технология и оборудование для сварки термоэмиссионным полым катодом (СТПК) в вакууме	<i>П101/13</i>
8. Установка для лазерной и лазерно-дуговой сварки ДСЕ изделий РКТ	<i>П107/14</i>
9. Оборудование для автоматической плазменно-дуговой сварки крупногабаритных корпусных конструкций изделий РКТ	<i>П113/13</i>
10. Навесные головки для автоматической орбитальной сварки алюминиевых трубопроводов Ø6-140 мм ..	<i>П114/14</i>
12. Установка «Волна-М» для дуговой сварки узлов автоматики и сильфонов	<i>П115/13</i>
13. Автоматизированный лазерный комплекс на базе иттербиевого волоконного лазера «ЛС-3» для пре- цизионной сварки тонкостенных деталей из высоколегированных сталей и титановых сплавов	<i>П117/13</i>
14. Головки для автоматической сварки неповоротных стыков трубопроводов из высокопрочных сталей и никелевых сплавов с повышенной зоной защиты металла швов от окисления	<i>П120/13</i>
15. Оборудование и технология для сварки кольцевых и продольных швов корпусов из алюминиевых сплавов типа АМг6НПП, 01570 толщиной более 22 мм	<i>П142/14</i>
16. Оборудование для дуговой сварки в защитной среде в автоматическом, полуавтоматическом и руч- ном режимах ДСЕ изделий РКТ из титановых сплавов и сталей	<i>П144/14</i>
17. Установка ЭЛУ-9А для электронно-лучевой сварки	<i>П168/15</i>
18. Технология высокотемпературной пайки узлов ЖРД из конструкционной керамики с металлом	<i>П169/15</i>
19. Технология аргонно-дуговой сварки корпусных конструкций изделий РКТ из перспективных вы- сокопрочных алюминиевых сплавов, легированных литием и скандием	<i>П170/15</i>
20. Оборудование и технология лазерной сварки бипереходников титановых шаробаллонов	<i>П172/15</i>
21. Установка для ручной и автоматической сварки в контролируемой среде химически активных ме- таллов и сплавов	<i>П174/15</i>
22. Автоматизированный комплекс сварки плавлением баков изделий РКТ	<i>П175/15</i>
23. Установка СТЫК-ТМ для стыковой сварки трубных переходников электрической дугой в инертной атмосфере низкого давления	<i>П176/15</i>
24. Установка АЭЛТК-135-455 для автоматизированной электронно-лучевой сварки в общем вакууме крупногабаритных корпусных конструкций изделий РКТ из перспективных алюминиевых сплавов	<i>П187/15</i>
25. Технология электронно-лучевой сварки корпусных конструкций из перспективных высокопрочных алюминиевых сплавов, легированных литием и скандием	<i>П188/15</i>
26. Установка УПТТ-1 для пайки тонкостенных трубопроводов	<i>П152/15</i>



Таблица 4 – Паспортизированные технологии и оборудование механической размерной обработки

1. Алмазный инструмент для механической обработки (сверление, фрезерование) деталей из ПКМ	<i>П109/13</i>
2. Технология высокоскоростного фрезерования вафельного фона на плоских плитах из алюминиевых сплавов на станках с ЧПУ и режимами адаптации	<i>П126/14</i>
3. Технология ультразвуковой размерной обработки композиционных материалов	<i>П134/14</i>
4. Станок МУЗС-1 для ультразвуковой алмазной размерной обработки неметаллических материалов....	<i>П177/15</i>

Таблица 5 – Паспортизированные технологии и оборудование физико-химических методов обработки

1. Станок для электрохимического удаления дефектного слоя с лопаток турбин ТНА РКТ (модель ЭХУДС-1)	<i>П74/10</i>
2. Технологический процесс электроэрозионного формообразования отверстий в форсунках КС ЖРД...	<i>П83/11</i>
3. Технология электродуговой разрядной очистки (ЭДРО) деталей, сортового проката, ленты и проволоки	<i>П87/11</i>
4. Технология изготовления корпусов КС ЖРД МТ из слоистых металлокомполитов.....	<i>П92/12</i>
5. Технология и оборудование для снятия альфированного слоя на заготовках титановых шаробаллонов после термообработки	<i>П110/14</i>
6. Электроэрозионный станок для прошивки отверстий малого диаметра (модель ЭПП-8М)	<i>П131/14</i>
7. Автоматизированная гидроабразивная установка для высокоскоростного сложнопрофильного раскрытия листовых заготовок и механической обработки ДСЕ изделий РКТ	<i>П137/14</i>
8. Комплексная технология изготовления КС ЖРД МТ из керамических и композиционных материалов с использованием армирующей намотки и вакуумной пайки	<i>П155/15</i>

Таблица 6 – Паспортизированные технологии и оборудование нанесения специальных покрытий

1. Установка диффузионного силицирования деталей и узлов КС ЖРД МТ их тугоплавких сплавов	<i>П129/14</i>
2. Установка плазмоконденсатного молибденирования деталей и узлов КС ЖРД МТ на тугоплавких сплавах	<i>П130/14</i>
3. Технология нанесения в вакууме плазмохимических металлокремнийорганических покрытий (ПМК ВП) для терморегулирующих и радиотехнических систем КА	<i>П53/13</i>
4. Технология формирования дихроичной структуры электропроводящих покрытий на рефлекторах антенных систем КА	<i>П81/11</i>
5. Технологический процесс плазменного нанесения многоцелевых защитных покрытий	<i>П84/11</i>
6. Технологический процесс плазменного нанесения термоэрозионных покрытий на детали РКТ из композиционных материалов	<i>П86/11</i>
7. Технология и специальное ионно-плазменное оборудование для нанесения высокоотражающих и терморегулирующих покрытий (ВО ТРП)	<i>П143/14</i>
8. Технология нанесения в вакууме специальных плазмохимических металлокремнийорганических покрытий на установках типа УВМ-1200У	<i>П154/14</i>
9. Технология и специальные технологические модули для нанесения в вакууме кислородосодержащих модифицирующих (КСМ) покрытий на элементы систем пассивного терморегулирования изделий РКТ.....	<i>П156/14</i>
10. Оборудование и технология электрохимического осаждения металлоалмазных кристаллических покрытий на упрочненных лазерным излучением поверхностях	<i>П179/15</i>
11. Оборудование и технология плазменно-вакуумного осаждения металлоалмазных кристаллических покрытий на упрочнённых лазерным излучением поверхностях	<i>П181/15</i>

Таблица 7 – Паспортизированные технологии и оборудование неразрушающего контроля и производственных испытаний

1. Типовой технологический процесс неразрушающего оперативного рентгеновского контроля агрегатов и элементов РКТ, совмещенного с прочностными испытаниями	<i>П65/10</i>
2. Типовой технологический процесс неразрушающего оперативного ультразвукового контроля агрегатов и элементов РКТ, совмещенного с прочностными испытаниями	<i>П73/10</i>
3. Типовой технологический процесс акустико-эмиссионного неразрушающего контроля агрегатов и элементов РКТ, совмещенного с прочностными испытаниями	<i>П77/10</i>
4. Типовой технологический процесс неразрушающего оперативного контроля сварных соединений ДСЕ РКТ методами рентгеновской томографии	<i>П89/12</i>
5. Типовой технологический процесс контроля ДСЕ РКТ системами ультразвуковой микропроцессорной дефектоскопии	<i>П90/12</i>
6. Типовой технологический процесс контроля ДСЕ РКТ системами акустической томографии	<i>П91/12</i>
7. Технология криогенной углекислотной очистки ДСЕ, в том числе крупногабаритных топливных баков, изделий РКТ	<i>П103/13</i>
8. Технология неразрушающего рентгеновского контроля сварных соединений с использованием аппаратно-программных комплексов получения и обработки цифровых рентгеновских изображений	<i>П111/13</i>
9. Многогазовый мобильный течеискатель для контроля суммарной герметичности ДСЕ и агрегатов изделий РКТ	<i>П135/14</i>
10. Оборудование для автоматизированных испытаний на герметичность и прочность	<i>П138/14</i>
11. Универсальный прибор «ЭКРАН» для экспресс-анализа масляных загрязнений в сжатых технологических газах	<i>П147/15</i>
12. Установка иммерсионного ультразвукового контроля сварных соединений трубопроводов	<i>П160/15</i>
13. Установка (рабочий эталон) для воспроизведения и измерения микропотоков газов в вакууме и калибровки контрольных течей и течеискательной аппаратуры	<i>П161/15</i>
14. Комплекс оборудования для испытаний топливных баков РН и специальных ёмкостей изделий РКТ на прочность и герметичность	<i>П186/15</i>
15. Параметрический ряд стендов серии ССБМ для определения массы и статической балансировки изделий РКТ	<i>П51/10</i>
16. Параметрический ряд стендов СИМИ для измерения моментов инерции изделий РКТ	<i>П67/10</i>
17. Автоматизированный стенд компьютерного контроля массовых характеристик изделий РКТ (АСКМ)..	<i>П132/14</i>
18. Автоматизированный стенд компьютерного контроля инерционных характеристик космических аппаратов (АСКИ)	<i>П133/14</i>
19. Эталонный измерительный комплекс контроля статических моментов эталонов массы и центров масс изделий РКТ (ЭИКМ)	<i>П146/14</i>
20. Автоматизированный стенд контроля массовых и инерционных характеристик космических аппаратов (АМИК)	<i>П158/14</i>
21. Контрольные газовые течи пробных газов (гелий, аргон, элегаз, азот и др.)	<i>П93/13</i>
22. Установка ректификационной очистки пожаровзрывоопасных органических растворителей (метилхлорида и др.)	<i>П98/13</i>
23. Установка гидродинамической очистки ДСЕ теплообменных контуров систем терморегулирования космических аппаратов	<i>П99/13</i>
24. Установка ректификационной очистки фторхлорорганических и других растворителей от трудно отгоняемых примесей, в том числе рабочих и балансировочных жидкостей в производстве приборов точной механики	<i>П100/13</i>
25. Установка для испытания шаробаллонов на прочность с последующей очисткой внутренней полости жидким азотом в сверхкритическом состоянии	<i>П118/14</i>
26. Установка для очистки внутренних поверхностей ёмкостей с применением CO ₂ в сверхкритическом состоянии	<i>П119/14</i>

Таблица 8 – Паспортизированные технологии и оборудование метрологического обеспечения производства

1. Оптоэлектронная система измерения линейных размеров (ОЭСИ)	<i>П94/13</i>
2. Автоматизированная система калибровки расходомеров газа (АСКР)	<i>П95/13</i>
3. Специализированный пульт калибровки течеискателей	<i>П96/13</i>



✦ ИСТОРИЯ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

УДК 629.78

Чичварин В.Ф.

К 60-годовщине создания первой межконтинентальной крылатой ракеты «Буря»

В разгар холодной войны в конце сороковых годов прошлого столетия перед советскими конструкторами был поставлен вопрос доставки новых ядерных боезарядов к целям.

В качестве перспективных носителей атомного вооружения рассматривались бомбардировщики и баллистические ракеты. Однако развитие авиационной и ракетной техники того времени не позволяло возлагать на неё большие надежды.

Существующие и перспективные баллистические ракеты имели недостаточную дальность полёта для поражения целей на территории США, а самолёты для выполнения боевой задачи должны были прорываться через противовоздушную оборону противника.

Требовалось найти способ решения сложившейся проблемы.

В 1954 году Совмином СССР принято Постановление о создании беспилотных межконтинентальных средств доставки ядерных зарядов с дальностью не менее 8000 км.

Этим решением определялось проведение научно-исследовательских и проектно-конструкторских работ по двум конкурирующим направлениям: межконтинентальные баллистические ракеты (МБР) и межконтинентальные крылатые ракеты (МКР).

Работы по первому направлению были поручены ОКБ-1 под руководством С.П. Королёва, по второму – Министерству авиационной промышленности. При этом предусматривалось параллельное создание двух межконтинентальных крылатых ракет:

- лёгкой «Буря» – ОКБ-301 под руководством С.А. Лавочкина;
- тяжёлой «Буран» – ОКБ-23 под руководством В.М. Мясничева. Научным руководителем обоих проектов назначен М.В. Келдыш.

В СССР научно-исследовательские работы по сверхзвуковым МКР начаты во второй половине сороковых годов

прошлого столетия в ОКБ-1 НИИ-88, где была создана специальная лаборатория. Основной проблемой стало создание системы управления для МКР. Б.Е. Черток предложил создать систему ориентации по звездам (астронавигации), для чего было необходимо устранить ряд серьёзных проблем, которые разрешились с применением гироскопической стабилизации оптической системы, позволяющей удерживать направление на звезду. Система испытывалась на самолётах и дала положительные результаты.

Выполненные к началу 1952 года в НИИ-88 исследования и разработки показали возможность, в случае создания мощного сверхзвукового прямоточного воздушно-реактивного двигателя (СПВРД), спроектировать двухступенчатую МКР с дальностью полёта до 8000 км.

В 1953 году специалисты НИИ-88 под руководством И.М. Лисовича завершили работы по астронавигационной системе управления. В дальнейшем систему совершенствовали, но кардинальные изменения в её конструкцию не вносились. Работы, проводившиеся в НИИ-88, определили основные черты облика крылатых ракет дальнего действия.

С.П. Королёв предложил использовать двухступенчатую схему. Межконтинентальная крылатая ракета (МКР) должна взлетать вертикально, используя первую ступень с жидкостным ракетным двигателем (ЖРД). После подъёма на нужную высоту следовало включение маршевого прямоточного воздушно-реактивного двигателя второй ступени. Вторая ступень фактически представляла собой самолёт-снаряд.

Теоретическая проработка данного предложения показала его перспективность, вследствие чего все новые проекты МКР подразумевали использование двухступенчатой архитектуры.

В 1954 году в связи с началом разработки в ОКР-1 МБР-Р7 все материалы по МКР вместе с лабораторией переданы в Министерство авиационной промышленности, где велись работы по МКР «Буря» и «Буран».

МКР «Буря»

Основные характеристики:

- Длина – 19,9 м
- Высота – 6,64 м
- Размах крыла – 7,74 м
- Стартовый вес – 97215 кг
- Вес боевого заряда – 2350 кг
- Дальность – 8500 км
- Двигатели:* – первая ступень
- ЖРД С2.1150
- вторая ступень
- СПВРД РД-012У



Эскизный проект МКР «Буря» разработан в ОКБ С.А. Лавочкина в августе 1954 г. и в 1956 – переработан в связи с необходимостью увеличения боевого заряда с 2100 до 2350 кг, что привело к изменениям конструкции и увеличению сроков работ по проекту. Ракета была рассчитана для полётов на межконтинентальную дальность (до 8000 км) на высотах до 25 км, с маршевой скоростью 3,2–3,3 маха, с выполнением противозенитных манёвров в заданные моменты времени.

Главным конструктором всего проекта был назначен Н.С. Черняков (ОКБ-301). Главным конструктором сверхзвукового прямоточного воздушно-реактивного двигателя (СПВРД) маршевой ступени – М.М. Бондарюк (ОКБ-670). Главным конструктором двигателей ЖРД ускорителей – А.М. Исаев (ОКБ-2 НИИ-88). Астронавигационная система управления с гироскопической стабилизацией разрабатывалась в НИИ-1 МАП (И.М. Лисович, Р.Г. Чачикян, Г.Н. Толстоусов).

МКР «Буря» представляла собой двухступенчатую ракетную систему с беспилотным самолётом, продольным разделением ступеней и вертикальным стартом (рис. 1).

Первая ступень состояла из двух блоков-ускорителей. В каждом из них имелись топливные баки с окислителем и горючим. В хвостовой части блоков размещались четырёхкамерные ЖРД. В газовой струе двигателей располагались сбрасываемые рули, предназначенные для управления ракетой на первом этапе полёта. Первая ступень ракеты предназначалась для подъёма на высоту 17500 м, после чего включался прямоточный двигатель второй ступени и производился сброс ускорителей.

Вторая маршевая ступень являлась крылатой ракетой. Фюзеляж второй ступени почти полностью был отдан под сверхзвуковой прямоточный воздушно-реактивный двигатель. Между обшивкой и каналом воздухосборника в фюзеляже располагались топливные баки. На верхней поверхности фюзеляжа, в средней и хвостовой его части, размещался отсек с аппаратурой наведения. Боевая часть располагалась в центральной части регулируемого воздухозаборника. Вторая ступень выполнялась по самолётной аэродинамической схеме и имела треугольное крыло со стреловидностью 70°. В хвостовой части ракеты размещалось крестообразное оперение с рулями.

В конструкции МКР «Буря» впервые применён титан, который сохранял высокие механические свойства при значительных температурах, возникающих в условиях длительного полёта на больших сверхзвуковых скоростях. Вместе с титаном в конструкции использовались и другие новые для того времени термостойкие материалы, применявшиеся для герметизации, изоляции, остекления и т.п. Большинство из них к моменту создания «Бури» ещё не осваивались в СССР, и их внедрение шло параллельно с работой над ракетой.

По программе полёта ракета на двигателях первой ступени стартует с пусковой установки вертикально, постепенно переходя в горизонтальный полёт. На высоте 17500 м она разгоняется до скорости три маха, происходит включе-



ние двигателя маршевой ступени и разделение ступеней.

Далее крылатая ракета движется к цели на высоте 17–18 км по командам астронавигационной системы управления. При подходе к цели набирает высоту 25 км (противозенитный манёвр), и пикирует на цель. Полёт на максимальную дальность вместе с подъёмом и разгоном длится около 2,5 часов.

Для запуска ракеты «Буря» был создан специальный стартовый комплекс на железнодорожной платформе (Главный конструктор В.И. Капустинский). После вывоза на стартовую позицию стартовый комплекс разворачивался в нужном направлении и поднимал ракету в вертикальном положении.

К середине 1957 г. было изготовлено несколько экземпляров изделия (всего изготовлено 19 ракет) и в июле 1957 г. их доставили на полигон Капустин Яр.

Первый пуск состоялся 1 сентября 1957 года. Через несколько секунд после старта ракета потеряла управление и упала.

Последовавшие за этим несколько пусков также закончились авариями. После ряда доработок лётные испытания продолжились. Запуск 22 мая 1958 года стал первым удачным в ходе программы испытаний.

В середине 1959 года ОКБ-301 обновило проект, оснастив ракету новыми двигателями С2.1150 первой ступени и РД-012У на второй.

Первый успешный полёт модернизированной МКР состоялся 2 октября 1959 года (пятый пуск ракеты). Испытания МКР «Буря» с переменным успехом продолжались.

Между тем, в августе 1957 года, после трёх неудачных пусков совершила первый успешный полёт МБР Р-7, разработанная в ОКБ-1 под руководством С.П. Королёва, которая после завершения государственных испытаний, была принята на вооружение, что ставило под сомнение целесообразность продолжения работ по проекту «Буря».

МКР проигрывали баллистическим по подлётному времени и боевым возможностям. Кроме того, МКР в будущем могли стать достаточно лёгкой целью для перспективных систем противовоздушной обороны. В 1960 году Постановлением Совета Министров СССР работы по проекту «Буря» были прекращены.



МКР «Буря»

Основные характеристики:

длина – 27,35 м;
высота – 7,15 м;
размах крыла – 11,35 м;
стартовый вес – 175480;
вес боевого заряда – 3500 кг;
дальность – 8000 км.

Двигатели: первая ступень

– ЖРД с тягой 70000 кгс; вторая ступень
– СПВРД РД-018У.

Первые опытно-конструкторские работы по проекту «Буря» в ОКБ Мясищева начались в апреле 1953 года. Статус государственного заказа получен Постановлениями СМ СССР от 20 мая 1954 года и 11 августа 1956 года.

МКР «Буря» должна была нести боевую нагрузку в полтора раза большую, чем МКР «Буря». Эскизный проект разрабатывался в ОКБ В.М. Мясищева.

Главным конструктором всего проекта был назначен Г.Н. Назаров (ОКБ-23). Главным конструктором сверхзвукового прямоточного воздушно-реактивного двигателя (СПВРД) РД-018А маршевой ступени – М.М. Бондарюк (ОКБ-670). Главным конструктором двигателей ЖРД ускорителей – В.П. Глушко (ОКБ-456). Астронавигационная система управления с гироскопической стабилизацией разрабатывалась в НИИ-1 МАП (И.М. Лисович, Р.Г. Чачикян, Г.Н. Толстоусов).

Также, как и «Буря», «Буря» являлся двухступенчатой ракетной системой с беспилотным самолётом, продольным разделением ступеней и вертикальным стартом (рис. 2).

Первая ступень «Бурана» включала в себя крылатую ракету и закреплённые на ней (симметрично относительно её продольной оси) четыре ускорителя. В передней и средней частях ускорителей располагались баки для компонентов топлива – окислителя и горючего, в хвостовой части – ЖРД. На каждом ускорителе устанавливались по четыре газовых руля в одном сбрасываемом отсеке.

Второй маршевой ступенью являлась сама крылатая ракета, выполненная по самолетной аэродинамической схеме со среднерасположенным треугольным крылом со стреловидностью 70° и крестообразным оперением с рулями. Корпус имел цилиндрическую форму и состоял из трех частей: передней, средней и хвостовой. В хвостовой части был установлен СПВРД РД-018А. Топливо помещалось в пять герметичных топливных отсеках, на которые разделялось пространство между наружной и внутренними обшивками средней части, сверху которой имелся гаргрот с размещенными в нём приборами астронавигационной системы управления и автопилота, электрооборудование и другая аппаратура. Передняя часть корпуса, несущая боевой заряд, выполнялась отделяемой. Пространство между коком и обтекателем, из которых состояла передняя часть, служило входным каналом диффу-

зора двигателя. По всей длине передней и средней частей проходил канал воздухозаборника СПВРД.

Точно так же, как на «Буре», на «Буране» предполагалось использовать титан, из-за отсутствия которого в мае 1957 года рабочие чертежи на первые восемь ракет пришлось переделать под нержавеющую сталь.

Старт «Бурана» производился вертикально со стартового стола. С момента отрыва ракета управлялась газовыми рулями, затем шло переключение на воздушные рули, а газовые сбрасывались. После достижения скорости 3,2 маха происходило выключение ЖРД ускорителей и спустя две секунды – сброс ускорителей. Через несколько секунд включался маршевый СПВРД. Затем ракета достигала вершины траектории участка выведения – около 20000 метров, скорость снижалась до скорости маршевого полёта – 3290 км/ч и включалась астронавигационная система. Далее происходило снижение высоты полёта ракеты с высоты 20000 до 17400 метров. Заброс траектории на участке выведения осуществлялся в целях получения максимальных скоростных напоров, приблизительно равных максимальным скоростным напорам на участке маршевого полёта. На этом этап выведения заканчивался. Маршевый полёт проходил с постоянной скоростью 3,1 маха. По достижении заданной географической точки производилось отделение головной части и начинался участок свободного падения головной части корпуса на цель.

В опытном производстве ОКБ-23 были изготовлены две ракеты «Буря» для ЛКИ.

Работы по МКР «Буря» прекратились в ноябре 1957 года. До лётных испытаний дело не дошло.

Таким образом, проекты МКР «Буря» и «Буря» не дали результатов в виде практического их применения для поражения дальних целей. Тем не менее, эти проекты нельзя назвать неудачными.

При разработке МКР «Буря» и «Буря» советскими учёными, конструкторами и технологами проведён большой объём исследований, опытно-конструкторских и экспериментальных работ по обеспечению реализации этих проектов, а также:



- создана астронавигационная система управления;
- создан сверхзвуковой прямоточный воздушно-реактивный двигатель;
- разработаны и освоены новые термостойкие материалы для изоляции, герметизации, остекления и т.п.;
- впервые применён титан для летательных аппаратов и освоены технологии его формообразования, сварки и механической обработки, и ряд других новаций.

Созданный уникальный научный, конструкторский, технологический задел в дальнейшем использован в проектах создания ракетно-космической техники.

Что касается непосредственных итогов проектов, то МКР «Буря» и «Буран», равно как и весь класс МКР, не выдержали конкуренции с МБР, появившимися в конце пятидесятых годов. Баллистические ракеты, такие как Р-7, имели большой модернизационный потенциал и более высокие

боевые возможности. Баллистические ракеты межконтинентальной дальности оказались выгоднее и удобнее крылатых по целому ряду параметров. Советский Союз пятидесятых и шестидесятых годов не мог позволить себе одновременно вести несколько проектов стратегических ударных систем и поэтому был вынужден учитывать их перспективы.

В итоге проекты МКР «Буря» и «Буран» стали очередным пунктом в длинном списке оружия и военной техники, который позволил создать новое оборудование и освоить новые технологии.

Близкая по характеристикам «Буре» ракета «Навахо» дальностью 6500 км в то же время разрабатывалась в США фирмой «Норт Американ Райт». Испытания «Навахо» начаты в 1956 году, но довести их до полной реализации не смогли. Из 11 испытаний 10 стали аварийными. В 1957 году программа закрылась как бесперспективная.

УДК 629.78

Чичварин В.Ф.

К 30-годовщине первого пуска ракеты-носителя «Энергия» с космическим аппаратом «Полус»

15 мая 1987 года с космодрома Байконур впервые стартовала сверхтяжёлая ракета-носитель «Энергия» №6СЛ (стендово-лётная) – самая мощная ракета-носитель в СССР и одна из трёх самых мощных ракет-носителей (РН), когда-либо созданных в мире. В своём первом полёте РН «Энергия» несла в качестве полезной нагрузки экспериментальный демонстрационный макет «СКИФ-ДМ» (в открытой печати – «Полус») боевой лазерной платформы «СКИФ», разрабатываемой в КБ «Салют» с 1981 года.

КА «Полус» («СКИФ-ДМ») имел длину 37 м, максимальный диаметр 4,1 м и массу около 80 тонн. Он состоял из двух основных отсеков: целевого модуля (ЦМ) и функционально-служебного блока (ФСБ).

В целевом модуле, разработанном вновь, размещались специальные системы и устройства «СКИФА», а также обеспечивающие системы и агрегаты.

Для «СКИФА-ДМ» был разработан газодинамический CO₂ лазер ГДЛ РД0600 мощностью 100кВт, прошедший к 2011 году полный цикл стендовой отработки.

В качестве ФСБ использовался освоенный в производстве ТКС 11Ф72. Здесь размещались система управления телеметрии, электропитания и другие системы, обеспечивающие функционирование КА. В двигательном отсеке размещались четыре маршевых двигателя, 20 двигателей ориентации и стабилизации и 16 двигателей точной стабилизации, а также баки, трубопроводы и клапаны пневмогидросистемы, обслуживающей двигатели. На боковой поверхности корпуса ФСБ размещались солнечные батареи.

Снаружи весь корпус «СКИФ-ТМ» имел специальное покрытие чёрного цвета, обеспечивающее температурный режим аппарата. На «СКИФ-ДМ» стояло слишком мало тепловыделяющих устройств, поэтому нужно было максимально использовать солнечное тепло для обогрева. Чёрное покрытие позволяло это делать.

В связи с тем, что для ФСБ применялся уже готовый ТКС 11Ф72, в целях обеспечения соответствия нагрузок, действующих при запуске РН «Энергия» и РН «Протон», пришлось разместить ФСБ в головной части «СКИФА» двигателями вперёд.

Это приводило к необходимости разворота аппарата после отделения от РН вокруг поперечной оси на 180° и доворот вокруг продольной оси на 90°.

Исторически создание КА «Полус» происходило следующим образом.





В 1986 году в НПО «Энергия» завершалась разработка РН «Энергия», но создание полезной нагрузки к ней – орбитального самолёта «Буран» – задерживалось. Одновременно с этим было принято решение: переделать предназначенную для стендовых испытаний РН «Энергия» № 6С в лётную (номер носителя изменялся на 6СЛ) и запустить её осенью 1986 года с грузовым весовым макетом (ГВМ) «Бурана», разработки КБ «Салют».

Первоначально ГВМ представлял собой стальной цилиндр диаметром четыре метра и длиной 25 метров по массовым характеристикам близким к «Бурану», но без каких-либо бортовых систем. Но затем принято решение превратить ГВМ в КА для проведения геофизических экспериментов в околоземном пространстве и совместить тем самым испытания РН «Энергии» с 80-тонным КА, близким по массе к орбитальному кораблю «Буран».

Головной организацией по созданию «Полюса» определили КБ «Салют», изготовителем – Машиностроительный завод им. Хруничева. Всего в создании КА «Полюса» («СКИФ-ДМ») принимали участие 45 предприятий Министерства общего машиностроения (МОМ) и 25 предприятий других отраслей.

По сложившейся практике, новый КА обычно разрабатывался, испытывался и изготавливался по меньшей мере пять лет. Но на этот раз предстояло найти совершенно новый подход. Решили максимально активно использовать готовые отсеки, приборы, оборудование, уже использованные механизмы и узлы с других изделий РКТ, а также установить на «СКИФ-ДМ» все готовые на тот момент системы штатного «СКИФА» для отработки их в космосе.

Проектирование началось в 1985 году, а пуск планировался на сентябрь 1986 года, при этом все отсеки КА должны были в июле 1986 года находиться на космодроме Байконур.

Для обеспечения установленных сроков все работы по созданию «Полюса» руководством МОМ (министр О.Д. Бакланов и его заместитель О.Н. Шишкин) были взяты под жёсткий контроль.

В июле 1986 года все отсеки, в том числе заново спроектированные и изготовленные, уже находились на космодроме. Но из-за срыва сроков поставки (часть элементов бортовых систем, создаваемых вновь) были неполностью укомплектованы.

Кроме того, штатный стартовый комплекс РН «Энергия» мог быть готов не ранее конца 1986 года – первого квартала 1987 года, в связи с чем принято решение – пуск РН «Энергия» с КА «Полюс» проводить с дооборудованного универсального комплексного стенда – старта (УКСС).

В сентябре 1986 года сборка «Полюса» завершилась и начались его испытания, которые закончились в январе 1987 года.

15 января 1987 года началась подготовка к пуску. Старт назначался на начало мая 1987 года.

Однако по ряду причин, в том числе и политического характера, связанных с программой полёта КА «Полюса»

и проводимых экспериментов, пуск РН «Энергия» с КА «Полёт» осуществлён только 15 мая 1987 года в 21:30.

Отработка двух ступеней прошла нормально. Через 460 секунд после старта КА «Полюс» отделился от РН на высоте 110 км. Затем начался переворот «Полюса» на 180° – от стартового положения до рабочего.

И тут случилось непоправимое – двигатели стабилизации и ориентации не остановили вращение КА после его разворота из-за сбоя в системе управления.

«Полюс» потерял ориентацию и импульс разгона КА выдавался при не погашенной угловой скорости.

Не набрав нужной скорости для вывода на заданную орбиту, КА «Полюс» упал в акваторию Тихого океана в районе зоны падения блока Ц РН.

Неудачный полёт «Полюса» («СКИФ-ДМ») дал много результатов. Прежде всего, получен весь необходимый материал по уточнению нагрузок на орбитальный корабль «Буран», выполнены четыре военно-прикладных эксперимента, а также часть геофизических экспериментов. Получен опыт наземной эксплуатации на всех этапах подготовки к старту сверхтяжёлого ракетно-космического комплекса. Прошли испытания элементов конструкции, которые использовались потом и для других КА и РН.





НПО ТЕХНОМАШ

**Федеральное государственное унитарное предприятие
«Научно-производственное объединение «Техномаш»
(ФГУП «НПО «Техномаш»))»**

объявляет конкурсный приём на обучение по программам подготовки научных кадров в заочной отраслевой аспирантуре по специальностям 05.07.02 «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов» и 05.07.07 «Контроль и испытание летательных аппаратов и их систем», входящим в направление подготовки кадров высшей квалификации 24.06.01 «Авиационная и ракетно-космическая техника»

ФГУП «НПО «Техномаш» как принимающая организация обладает кадровым, ресурсным, информационным и методическим потенциалом и создаёт условия для обеспечения подготовки диссертаций в заочной отраслевой аспирантуре. Имеет лицензию на осуществление образовательной деятельности от 19.12.2011 № 2318.

В аспирантуру на конкурсной основе принимаются лица, имеющие высшее профессиональное образование (уровень специалиста или магистра). Обучение в аспирантуре осуществляется по заочной форме.

Срок обучения в заочной аспирантуре – 5 лет.

Приём документов в аспирантуру – по 15.06.2018. Поступающие в аспирантуру сдают конкурсные вступительные испытания по специальной дисциплине, философии и одному из иностранных языков. Лица, прошедшие по конкурсу, зачисляются в аспирантуру с 03.09.2018.

Справки по вопросам поступления в аспирантуру можно получить в отделе аспирантуры ФГУП «НПО «Техномаш» по телефону (495) 689-97-31 или по электронной почте aspirant@tmnpo.ru (и.о. начальника отдела Д.А. Муртазин).



НПО ТЕХНОМАШ

**Федеральное государственное унитарное предприятие
«Научно-производственное объединение «Техномаш»
(ФГУП «НПО «Техномаш»))»**

объявляет приём в докторантуру по специальностям 05.07.02 «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов» и 05.07.07 «Контроль и испытание летательных аппаратов и их систем»

Подготовка диссертации в докторантуре осуществляется в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 04.04.2014 № 267 «Об утверждении Положения о докторантуре», на основании договора между направляющей организацией, ФГУП «НПО «Техномаш» и докторантом. Срок пребывания в докторантуре – до 3-х лет.

В докторантуру принимаются лица:

занимающиеся педагогической и (или) научной (научно-исследовательской) деятельностью в направляющей организации; имеющие:

– учёную степень кандидата наук или учёную степень, полученную в иностранном государстве и признаваемую в Российской Федерации, обладателю которой предоставлены те же академические и (или) профессиональные права, что и кандидату наук в Российской Федерации;

– стаж педагогической и (или) научной (научно-исследовательской) работы не менее 5 лет;

– трудовой стаж в направляющей организации не менее 1 года;

– научные достижения, подтверждённые списком работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях;

– план подготовки диссертации.

Приём в докторантуру происходит на конкурсной основе.

На базе ФГУП «НПО «Техномаш» создан Совет по защите диссертаций на соискание учёной степени доктора наук. Докторантура находится по адресу: 127018, г. Москва, 3-й проезд Марьиной Рощи, д.40. Все необходимые консультации можно получить в отделе докторантуры ФГУП «НПО «Техномаш» (каб. 541, 8 корпус), i.milavkina@tmnp.ru либо по телефону +7(495) 689 7434 (доб. 24 32.).



**ПОДНИМИ
ГОЛОВУ!!**



**ПОДНИМИ
ГОЛОВУ!!**

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