



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ВЕСТНИК «НПО «ТЕХНОМАШ»

65 ЛЕТ КОСМОДРОМУ «БАЙКОНУР»

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
ВЕСТНИК «НПО «ТЕХНОМАШ»
(выходит четыре раза в год)

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

И.о. генерального директора Ю.В. Власов
Первый заместитель генерального директора по научно-исследовательской работе А.И. Кузин
И.о. заместителя генерального директора М.В. Григорьев

Редакционная коллегия:

В.Г. Бещеков, д-р. техн. наук, ст. науч. сотр.
Г.В. Боровский, канд. техн. наук
С.М. Вайцехович, канд. техн. наук, ст. науч. сотр.
А.В. Егоров, канд. хим. наук
Д.А. Муртазин, канд. техн. наук
Л.М. Овечкин, канд. техн. наук
Б.И. Омитов, канд. техн. наук
М.А. Прусаков, канд. техн. наук – *секретарь*
Г.Г. Райкупов, д-р. техн. наук, проф.
А.В. Цырков, д-р. техн. наук, проф.
Ю.Г. Шаргин, канд. техн. наук

Экспертная комиссия №1:

В.И. Кулик
К.Г. Данилова

Выпускающий редактор

Г.А. Аношкина

Макет обложки

М.Е. Боброва, Т.В. Наумов

Компьютерная верстка

С.О. Брылев

ISSN	2712-7966
Номер свидетельства	ПИ № ТУ 50 - 02894
Дата регистрации	31.01.2020
Статус свидетельства	действующее
Наименование СМИ	Научно-технический журнал Вестник «НПО «Техномаш»
Форма распространения	печатное СМИ журнал
Территория распространения	г. Москва
Учредители	федеральное государственное унитарное предприятие «Научно-производственное объединение «Техномаш»
Адрес редакции	127018, Москва г., проезд Марьиной Рощи 3-й, д. 40
Языки	русский

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.

♦ ОБРАЩЕНИЕ К ЧИТАТЕЛЯМ

Уважаемые коллеги!

Перед Вами третий номер научно-технического журнала «Вестник «НПО «Техномаш», который посвящается 65-летию со дня создания космодрома Байконур.

Космодром задумывался и строился как полигон для проведения испытаний ракетно-космической техники и межконтинентальных баллистических ракет, а также для подготовки и осуществления запусков пилотируемых кораблей, автоматических космических аппаратов различного назначения, орбитальных и межпланетных станций. Космодром Байконур создан трудом многих тысяч строителей и монтажников.

Байконур – первая и основная космическая гавань нашей страны, открывшая человечеству дорогу в космос. Именно с этого космодрома запущен первый Спутник, провозгласивший о начале космической эры. С Байконура в первый полёт человечества в космос отправился Юрий Гагарин.

Байконур и сейчас – лучший и крупнейший в мире космодром. Его территория составляет 6717 км². За 65 лет состоялось почти 5 тысяч пусков ракет, осуществлено больше половины всех запусков космических аппаратов в мире.

Уникальная возможность попасть на старты космических кораблей есть у каждого желающего. Доступны обзорные экскурсии по территории космодрома и на «Гагаринский старт», посещение Музея истории космонавтики, мемориальных домиков выдающегося конструктора Сергея Королева и первого космонавта Юрия Гагарина.

Сейчас Россия арендует космодром и город Байконур у Казахстана на период до 2050 года. Подписано соглашение между Россией и Республикой Казахстан о создании космического ракетного комплекса «Байтерек» на космодроме Байконур для пусков перспективной ракеты-носителя среднего класса «Союз-5» и «Союз-6» для запуска беспилотных космических аппаратов.

Дело, которому посвятили свою жизнь строители Байконура, учёные, конструкторы и испытатели ракетно-космической техники, продолжает успешно развиваться. И сегодня на космодроме и в жизни их имена рядом – в граните памятников, названиях улиц, памяти людей и истории мировой космонавтики.

И.о. генерального директора ФГУП «НПО «Техномаш»

Ю.В. Власов



СОДЕРЖАНИЕ

<i>Найденова Д.М., Меньшиков В.А.</i> Роль космодрома Байконур в освоении космического пространства	3
♦ СОВЕТ МОЛОДЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ И УЧЕНЫХ ФГУП «НПО «ТЕХНОМАШ»	
<i>Ямаев Р.Р.</i> Молодые научно-инженерные кадры ФГУП «НПО «Техномаш» на космодроме Байконур	17
♦ ТЕХНОЛОГИИ ЗАГОТОВИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА	
<i>Вайцехович С.М., Власов Ю.В., Журавлёв А.Ю.</i> Спирально-профильные трубы в теплообменной технике	23
<i>Бещенов В.Г., Сinyaкова Т.И., Кузин Г.В.</i> Физические основы методологии создания нового поколения деталей агрегатов изделий ракетно-космической техники с использованием эффекта сферодинамики	34
♦ КОНТРОЛЬ И ДИАГНОСТИКА В МАШИНОСТРОЕНИИ	
<i>Хруцкая М.В., Камалдинов А.М.</i> Технология контроля предварительной осевой нагрузки шарикоподшипниковых опор роторов гироскопов систем ориентации и навигации изделий РКТ	40
♦ СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ РКП	
<i>Афанасьев М.В.</i> Технологическое развитие отрасли как часть промышленной политики в условиях конкуренции: механизмы и инструменты оценки	47
<i>Пантелеев К.Д., Рахмилевич Е.Г., Юрцев Е.С.</i> Общесистемный подход к формированию приоритетных направлений развития промышленных технологий	57
<i>Кондратенко А.Н., Сафоник И.В., Щеглов А.М.</i> Разработка рационального состава критериев и комплексного показателя оценки эффективности количественного и качественного выполнения государственного оборонного заказа в части капитальных вложений в объекты РКП	69
♦ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СООБЩЕНИЯ	
<i>Афанасьев Н.Ю., Должанский Ю.М., Иллингина А.В.</i> Создание сверхтяжелых носителей – путь к освоению Луны и планет дальнего космоса	76
К 90-летию генерал-майора Дохова Михаила Туговича	83

CONTENT

<i>Naydenova D.M., Menshikov V.A.</i> The Role of the Baikonur Cosmodrome in Space Exploration	3
♦ COUNCIL OF YOUNG PROFESSIONALS AND SCIENTISTS FSUE NPO TECHNOMASH	
<i>Yamaev R.R.</i> Young Scientific and Engineering Personnel of FSUE «NPO «Technomash» at the Baikonur Cosmodrome	17
♦ PROCUREMENT TECHNOLOGIES	
<i>Vaitsekhovich S. M., Vlasov Yu. V., Zhuravlev A. Yu.</i> Spiral-shaped pipes in heat-exchange equipment	23
<i>Beshkov V.G., Sinyakova T.I., Kuzin G.V.</i> Physical Basics of the Methodology for Engineering a New Generation of Parts for Assemblies of the Aerospace Products	34
♦ CONTROL AND DIAGNOSTICS IN MECHANICAL ENGINEERING	
<i>M.V. Khrutskaya, A.M. Kamaldinov</i> Technology for controlling the central preload of ball-bearing supports of gyroscope devices rotors for aerospace products orientation and navigation systems	40
♦ MODERN REQUIREMENTS AND TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT OF RCP ENTERPRISES	
<i>Afanasyev M.V.</i> Process Development of the Industry as Part of Industrial Policy in a Competitive Environment: Mechanisms and Assessment Tools	47
<i>Panteleev K.D., Rakhmievich E.G., Yurcev E.S.</i> A system-wide approach to forming priority development areas for the development of industrial technologies	57
<i>Kondratenko A.N., Safonik I.V., Scheglov A.M.</i> Development of a Rational Criteria Composition and a Comprehensive Indicator for the Effectiveness Evaluation of Quantitative and Qualitative Implementation of the State Defense Order In Terms of Capital Investments in the Aerospace Objects	69
♦ INFORMATION MESSAGES	
<i>N.Y. Afanasyev, Y.M. Dolzhansky, A.V. Ilingina</i> Super heavy-lift launch vehicle engineering is the only way to the Moon and deep space planets exploration	76
To the 90th Anniversary of Major General Dokhov Mikhail Tutovich	83

УДК 629.7.08

Найденова Д.М., Меньшиков В.А.

Роль космодрома Байконур в освоении космического пространства

Naydenova D.M., Menshikov V.A.

The Role of the Baikonur Cosmodrome in Space Exploration

2 июня 2020 года первый и крупнейший в мире космодром Байконур отпраздновал свое 65-летие. История его создания началась в конце 40-х – начале 50-х годов прошлого века, когда при испытаниях ракеты «Р-5» определили, что с полигона Капустин Яр запускать ракеты большой дальности нецелесообразно, так как отсутствуют необходимые поля падения для вновь созданных ракет (рис. 1).

По предложению С.П. Королёва приказом министра обороны СССР, маршала Советского Союза Г.К. Жукова создана рекогносцировочная комиссия (рис. 2), которой поставили задачу определить местоположение нового специализированного полигона Министерства обороны.

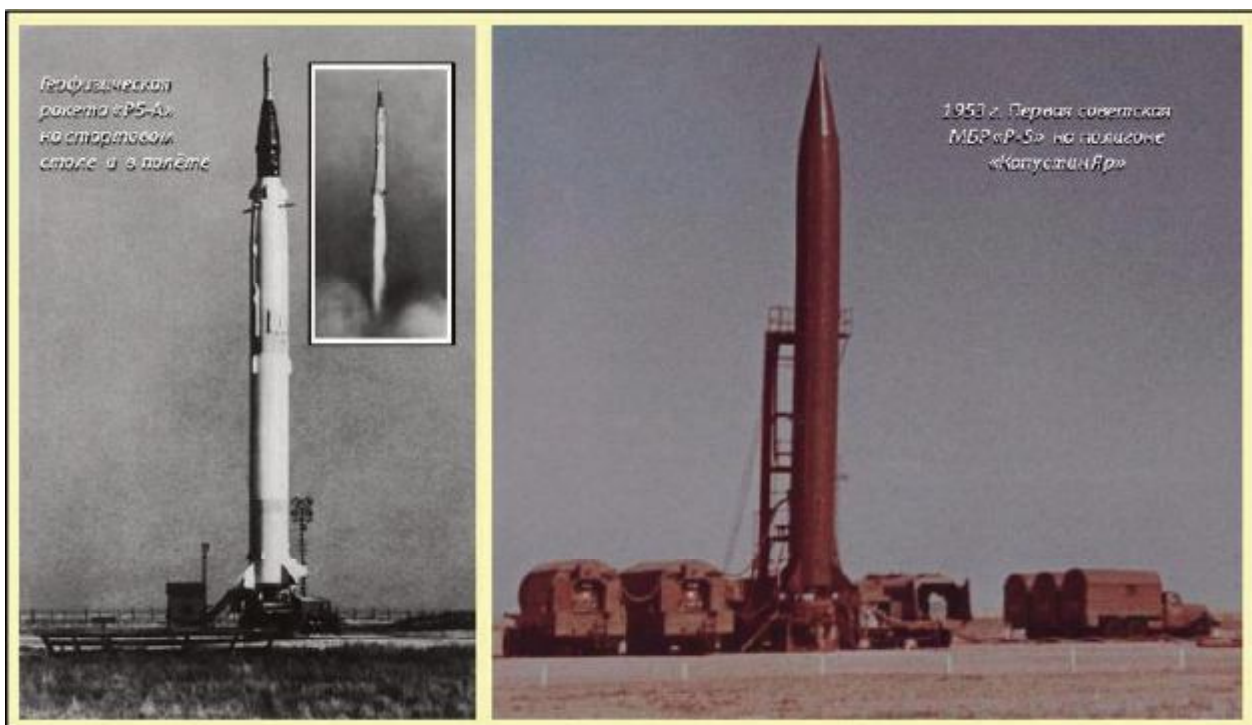


Рис. 1. Испытания ракеты «Р-5»



Главный конструктор ракетно-космических систем
С.П. Королёв



Министр обороны СССР (1955–1957 гг.),
маршал Советского Союза Г.К. Жуков

Рис. 2. Члены рекогносцировочной комиссии

Исходные данные для поиска места запуска выданы С.П. Королёвым для ракеты Р-7, которая в то время создавалась конструкторским бюро. Возглавил комиссию начальник полигона «Капустин Яр» генерал-лейтенант В.И. Вознюк (рис. 3).

Комиссия рассматривала несколько мест: Северный Кавказ, Центральный Казахстан, Центральную часть России – Марийскую АССР (Марий Эл). Подходящее нашлось в Центральном Казахстане в районе станции «Тюра-Там». У этой точки расположения полигона были благоприятные условия: пустынное место, обеспечивающее секретность; 300 солнечных дней в году; длительное лето; наличие подъездных путей; близкое расположение реки Сырдарья; сухой климат. Как неблагоприятный фактор выступали тяжёлые погодные условия для обслуживающего персонала.

Так возник новый полигон – Научно-исследовательский испытательный полигон Министерства обороны № 5 (НИИП-5 МО СССР). Начальником строительства назначили полковника

Г.М. Шубникова (в дальнейшем генерал-майор), а начальником полигона – генерал-лейтенанта А.И. Нестеренко (рис. 4).

В марте 1955 года на полигон приехали первые строители во главе со старшим лейтенантом Денежкиным, которые вбили первый кольшек на месте расположения будущего космодрома. По легенде, как говорили строители, там строили огромный стадион. Место расположения стартовой площадки определили в 30 км от города, где должен располагаться обслуживающий персонал. Туда вела узкоколейка, и имелся карьер, откуда забирали песок.

2 июня 1955 года прибыло руководство полигона, и издан приказ о начале его создания. В месте сближения реки Сырдарья и станции «Тюра-Там» построили первые щитовые домики и поставили палатки, где потом расположился штаб полигона (рис. 5).

С этого момента на станцию «Тюра-Там» (рис. 6) стали прибывать вагоны со строительными



Рис. 3. Первый начальник полигона «Капустин Яр» генерал-лейтенант В.И. Вознюк



Начальник строительства НИИП-5 МО СССР
полковник (впоследствии генерал-майор)
Г.М. Шубников



Первый начальник НИИП-5 МО СССР
генерал-лейтенант А.И. Нестеренко

Рис. 4. Руководители полигона

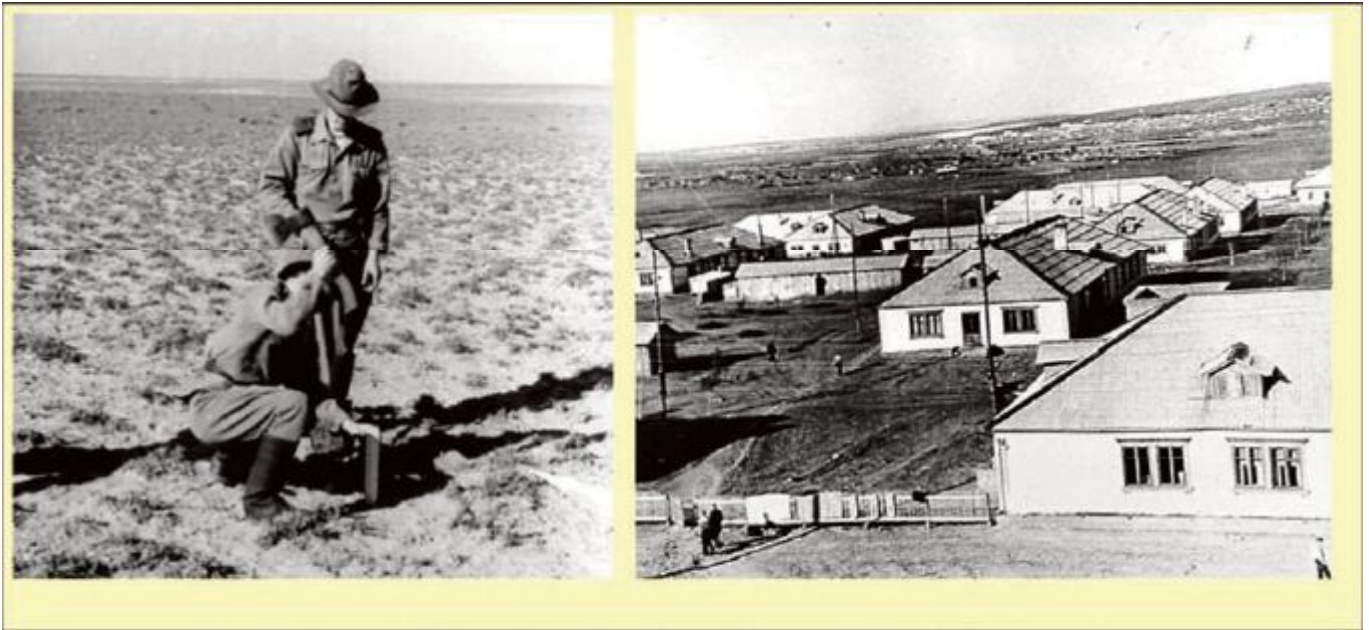


Рис. 5. Первые жилые дома будущего космодрома



Рис. 6. Станция «Тюра-Там»

оборудованием и материалами, началось строительство железной и шоссейной дорог (иногда в день прибывало по 1000 вагонов). В местах, где начали работать строители, всё небо заволочло пылью, и день превратился в ночь. Приезжающие офицеры-строители и офицеры полигона жили на станции «Тюра-Там» и во вновь построенном хуторе Болдино в землянках и палатках.

Лето 1955 года выдалось очень суровым: температура стояла выше 40 градусов в тени; не было нормальной питьевой воды (её брали из Сырдарьи: кипятили и пили).

Несмотря на все эти трудности в течение менее полутора лет построены: стартовая позиция для ракеты Р-7, которую к тому времени создал С.П. Королёв; МИК (монтажно-испытательный комплекс); казарменный городок в районе будущего Гагаринского старта; будущий город Ленинск для строителей и испытателей (рис. 7).

На 15 мая 1957 года был назначен первый пуск ракеты «Р-7». Ракета ушла со старта, но на высоте нескольких сотен метров взорвалась. После этого последовало ещё два неудачных пуска. Наконец, в августе состоялся первый удачный пуск (рис. 8).

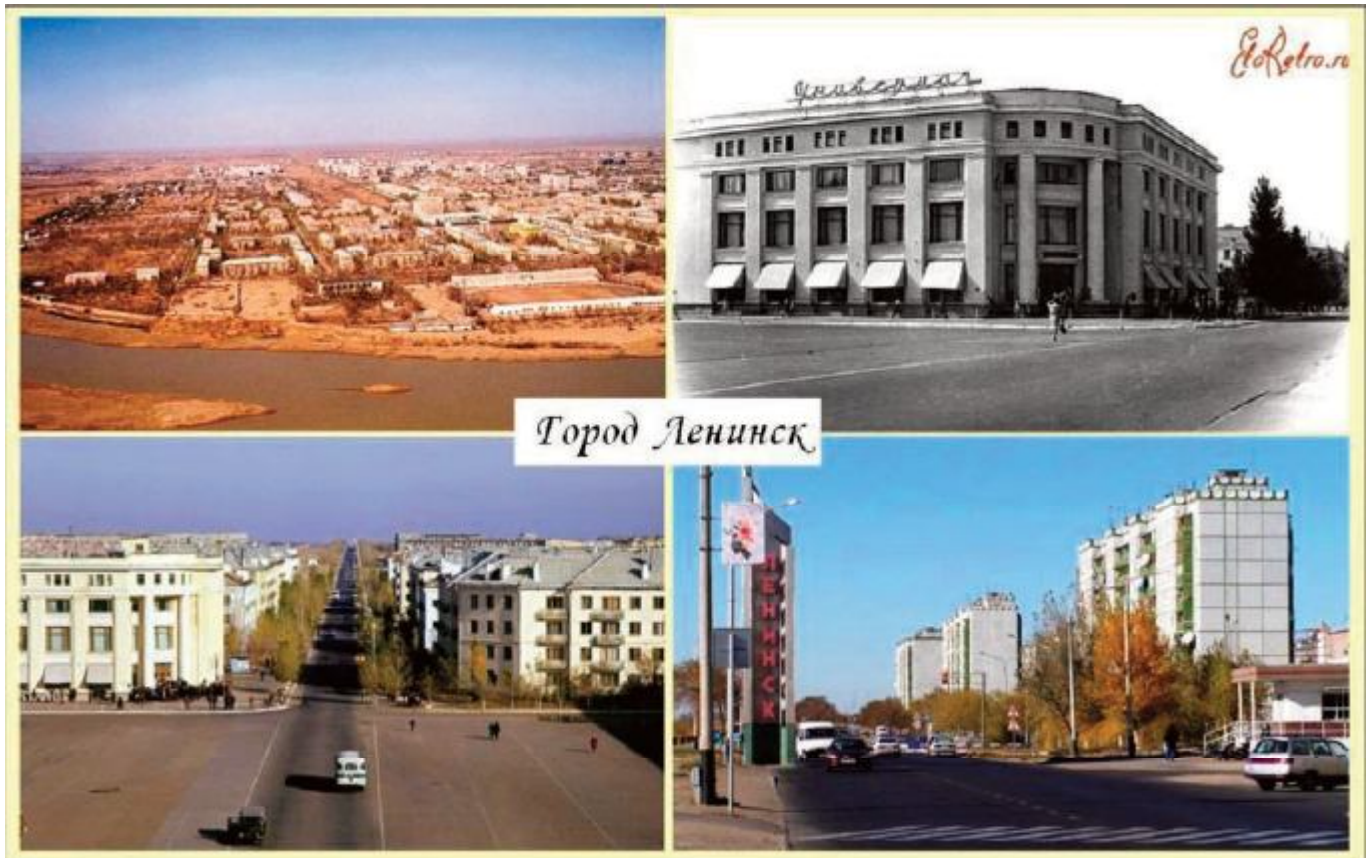


Рис. 7. Город Ленинск

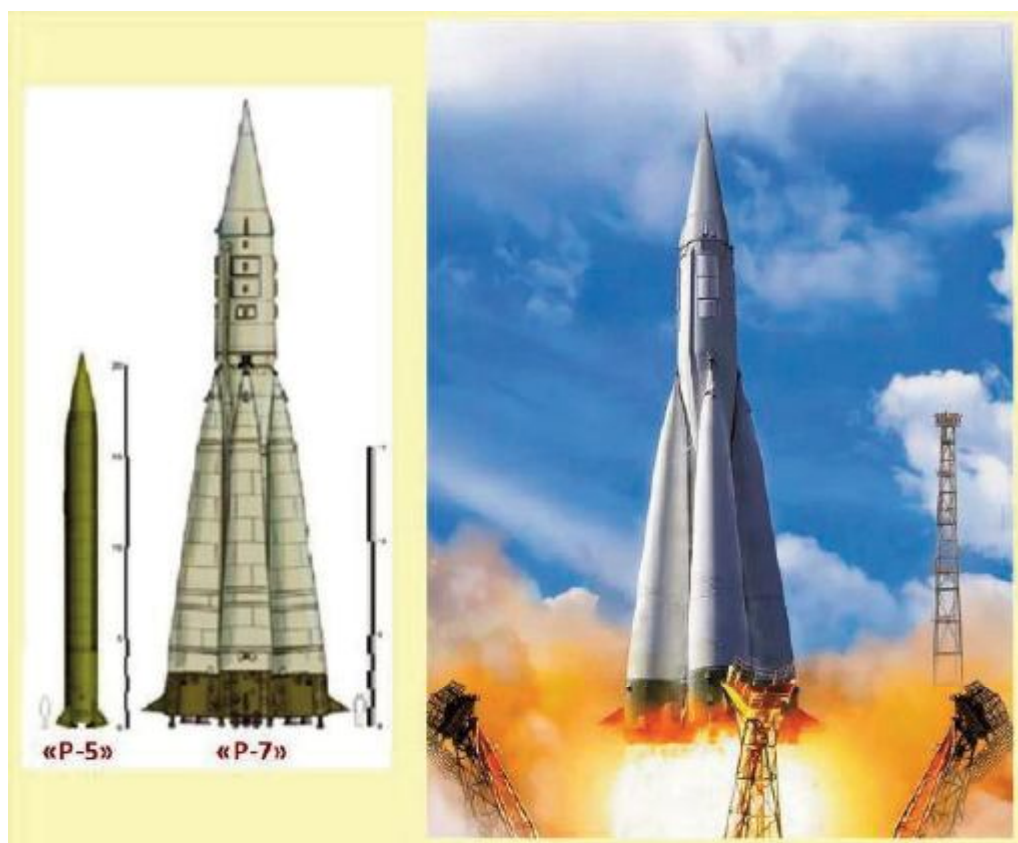


Рис. 8. Старт ракеты МБР «Р-7»



Рис. 9. Первый искусственный спутник Земли

Чтобы продемонстрировать наши успехи в космосе, исходя из международной обстановки, С.П. Королёв предложил запустить в космос с первым искусственным спутником Земли. Поскольку времени для создания полноценного спутника не было, приняли решение запустить простейший спутник – «ПС-1». Учитывая, что американцы тоже готовились к запуску спутника, мы должны были их опередить. Наш спутник весил 84 кг, имел форму шара и передавал на Землю простые сигналы: «Пи-пи-пи...». Таким образом, 4 октября 1957 года произошел запуск первого искусственного спутника Земли. Последнюю ступень ракеты, которой запускался спутник, хорошо видели с Земли (рис. 9).

Из воспоминаний очевидцев этого исторического события: «4 октября 1957 года в 5 часов 45 минут началась заправка. Напряжение и волнение охватило весь личный состав космодрома Байконур, пока неведомого миру. Последние приготовления. Показания телеметрии: все системы комплекса работают нормально. Поворотом стартового ключа началась эра освоения космоса».

С полёта первого спутника начался триумфальный путь советской космонавтики. «Байконурцы» отправили в неведомые дали Белку и Стрелку, экспедиции на Луну, Марс, Венеру и многое

другое. И, главное, космос начал служить человеку.

В период 1960-х годов отчетливо выделяются три события, которые стали определёнными вехами как в развитии космонавтики, так и в развитии космодрома.

Первое – запуск 12 апреля 1961 года первого космонавта планеты Земля Ю.А. Гагарина (рис. 10). За 108 минут Юрий Гагарин облетел вокруг Земли и приземлился около поволжского города Энгельс, что в Саратовской области. На высоте нескольких километров Гагарин катапультировался и совершил мягкую посадку на парашюте недалеко от спускаемого аппарата. После завершения полёта улыбка Гагарина стала известна всему миру, а сам космонавт награждён высшими наградами СССР. Также в его честь переименовали улицы и возвели монументы во многих городах Советского Союза.

Второе важное событие этого десятилетия нигде не отмечалось, но оно имеет непреходящее значение, – запуск 16 июня 1965 года многоступенчатой ракеты «Протон» (рис. 11). Это ракетотруженик, которая в дальнейшем обеспечила запуск станций «Салют», «Мир», «Квант», спутников связи, телевидения, ретрансляции, навигации и многих других программ, включая полёты на Луну, Венеру, Марс и к другим планетам



Рис. 10. Первый космонавт планеты Земля Ю.А. Гагарин



Рис. 11. Многоступенчатая ракета «Протон»

солнечной системы. В космосе появилась возможность перейти от экспериментов к производственной деятельности.

Третье событие, которое оставило след даже в наименованиях многих элементов инфраструктуры, – это первое посещение космодрома иностранной делегацией. Речь идёт о приезде президента Франции генерала Шарля де Голля (рис. 12). После него на Байконур приезжало множество

президентов, премьер-министров, генеральных секретарей, но их имена не прижились в космодромских названиях. Производные от фамилий Брежнев, Горбачёв, Миттеран и других не нашли отражения в истории города, а имя человека, который вернул Франции её авторитет и не склонил голову перед богатыми заокеанскими дядюшками, жители Байконура увековечили в названиях железнодорожной станции и смотровой площадки.

Один из драматичных фрагментов в истории космодрома – взлёт и падение ракеты-носителя сверхтяжёлого класса Н-1 (рис. 13). Постановление на проведение опытно-конструкторских работ по Н-1 по предложению С.П. Королёва принято 23 июня 1960 года. Оригинальность конструкции заключалась в том, что три ступени представляли собой усечённые конусы, в которые вписывались шесть сферических топливных баков с последовательно уменьшающимся диаметром.

Для Н-1 в 1962 году конструкторским бюро разработан стартовый комплекс «Раскат» в составе двух пусковых установок с общим технологическим блоком. При создании комплекса решён ряд сложных научно-технических проблем. Грандиозный старт построили за пять с небольшим лет, и уже 21 февраля 1969 года он проверен пуском первой Н-1. Старт сработал безукоризненно. Второй пуск был также удачным. Третий пуск 27 июня 1971 года закончился аварией, причину которой так и не установили. Последний (также неудачный пуск) проведен 23 ноября 1972 года в необычайно морозный для этого времени день. Было около полудня. Наблюдавшие старт почти уверены в успехе. Ракета ушла со старта и более минуты чётко летела по программе. Но на 107 секунде стало видно, что возник пожар: между первой



Рис. 12. Прием президента Франции генерала Шарля де Голля (справа) начальником космодрома А.А. Курушином (слева)

и второй ступенями в момент разделения возник боковой реверсионный след.



Рис. 13. Царь-ракета Н-1



Рис. 14. Международная программа «Союз-Аполлон» – «ЭПАС»

Особое место в истории Байконура занимает первый полёт по международной программе «Союз-Аполлон» – «ЭПАС», который состоялся 15 июля 1975 года (рис. 14), и его тоже сопровождали драматические события. Подготовка к совместному полёту «ЭПАС» началась осенью 1974 года, когда на старт приехала высокая комиссия. В течение шести месяцев велась круглосуточная работа по подготовке полёта. И, наконец, 16 апреля 1975 года закончены все испытания, старт готов к запуску. Но ночью на старте возник пожар и многое сгорело: уничтожено более 50 кабелей, оборудование и ... снова круглосуточная работа.

К 1 июля 1975 года старт подготовили к пуску по программе «ЭПАС». Космонавты А.А. Леонов и В.М. Кубасов подняты на лифте в космический корабль «Союз». Но опять подвела техника: вышел из строя коммутационный блок, через который проходил видеосигнал. Но до старта «Союза» эту неисправность устранили. Первый международный полёт начался 15 июня 1975 года в 15 часов 20 минут. Начатая тогда программа нашла своё продолжение в международных полётах, которые продолжаются более 40 лет на Международной космической станции до сих пор. Были запущены десятки иностранных космонавтов с гагаринского старта космодрома Байконур.

Не обошлось при подготовке к выполнению программы «ЭПАС» и без курьёзов, которые пошли на пользу городу и космодрому.

На космодроме и в городе Ленинске до 1975 года было два профессионально построенных памятника – В.И. Ленину и С.П. Королёву. На одном из служебных совещаний, проходившем на Байконуре накануне заключительного этапа всей программы «ЭПАС», члены американской делегации заявили о том, что с большим нетерпением и желанием хотят «...возложить на космодроме цветы к памятнику Ю.А. Гагарина». Возникла пауза. Ведь такого памятника на космодроме не было. И невозможно возвести такой памятник в оставшееся время до посещения космодрома официальной американской делегацией космодрома!

Срочно стали появляться разнообразные фантастические, порой бредовые, но никак не реальные идеи... Как всегда, помогла «Эврика!». Кто-то вдруг вспомнил, что для столицы одной из Республик Закавказья изготовлена стела: стоящая во весь рост «Женщина». Принято решение: срочно доставить стелу на космодром, добавить к ней земной шар и улетающую ракету, установить на входе в бывший «Солдатский парк».

26 апреля 1975 года над городом поднялся новый монумент «Наука и космос». На десятиметровой стеле, облицованной красным туфом, установлена скульптура женщины, символизирующей науку и держащей в одной руке земной шар, во второй – летящую ракету (рис. 15).

Вот так красиво и навечно «вписался» монумент в архитектуру и историю города, что



Рис. 15. Монумент «Наука и космос»

не только американцы восхищались его величием, возлагали к подножию цветы – ни одна свадебная процессия, ни одна парамолодожёнов, ни одна делегация гостей Байконура не прошли мимо этого шедевра искусства. Стела стала одним из символов космодрома Байконур! (Авторами стелы «Наука и космос» являются архитектор Н.Г. Асатур, скульпторы К.Н. Выбан и А.П. Протков).

Не менее драматичная судьба программы «Энергия-Буран». Она, учитывая все ошибки Н-1 и основываясь на новейших достижениях мировой науки и техники, явилась апогеем развития нашей космонавтики. Раз удача пришла с первым пуском, можно надеяться, что в этой области мы быстро догоним наших друзей-соперников.

Постановление о проведении опытно-конструкторских работ по программе многоразовой космической системы принято 17 февраля 1976 года, а в ноябре 1977 года конкретизировано, создана кооперация и полным ходом начались работы по созданию уникальной системы. Строительство началось в 1979 году с сооружения посадочной полосы и универсального комплекса стэнд-старт (УКСС). К концу 1979 года начали прибывать вагоны с оборудованием. Когда строительные работы в основном закончились, основная роль перешла к испытателям. В течение полутора лет проводились накладка и авто-

номные испытания систем комплекса, когда в неподвижный металл вдыхалась жизнь. Этот этап завершился 14 марта 1985 года.

После проверки на работоспособность провели заправку жидким кислородом и водородом. Испытали на эффективность «дожигалки» – системы дожигания выбросов непрореагировавшего водорода, исключительно важной для обеспечения безопасности при огневых испытаниях.

И, наконец, весной 1986 года (с 24 по 28 апреля) проведены огневые испытания стендового образца ракеты-носителя сверхтяжёлого класса «Энергия». В те трудные апрельские дни весь космодром работал на эту программу. Параллельно со строительством и испытаниями стенда-старта огромный объём работ проводился на посадочном комплексе и основном старте: строился монтажно-заправочный комплекс, технические комплексы ракеты-носителя и орбитального корабля. Все были готовы к 1 января 1987 года.

Старт системы «Энергия-Буран», состоявшийся 15 ноября 1988 года, стал апогеем развития космодрома Байконур (рис. 16).

Многоразовая транспортная космическая система (МТКС) предназначалась для выведения на низкие околоземные орбиты корабля с полезным грузом или без него, а также любого другого объекта весом более 100 т, обеспечивающего



Рис. 16. «Энергия-Буран»

решение широкого круга задач в космическом пространстве.

МТКС состояла из универсальной ракеты-носителя «Энергия», орбитального корабля «Буран» и наземных средств обеспечения сборки, проверки бортовых систем, подготовки и пуска, а также послеполетного обслуживания.

Ракета-носитель «Энергия» – двухступенчатая ракета, выполненная по схеме с боковым размещением выводимого полезного груза. Её первая ступень состоит из четырех блоков ускорителей. Вторая ступень – это центральный блок длиной 60 м. Двигатели первой ступени работают на кислородно-керосиновом топливе, второй ступени – на кислородно-водородном топливе. Стартовая масса всей системы свыше 2 тыс. т.

Блоки первой ступени отделяются попарно, затем разделяются между собой и приземляются в заданном районе. Они оснащаются средствами спасения и после профилактики или ремонта должны использоваться повторно, предположительно до 10 раз. Отличие «Энергии» от «Шаттла» в том, что на «Шаттле» двигатели второй ступени располагаются на орбитальном корабле, и эта ступень работает только с пристыкованным «челноком», являющимся полезной нагрузкой. У «Энергии» вторая ступень не связана с полезной нагрузкой, в чем и состоит ее универсальность. С помощью «Энергии» можно выводить

на орбиты как возвращаемые на Землю, так и невозвращаемые грузы, а с помощью межорбитального буксира решаются самые различные задачи (например, вывод полезных грузов на геостационарную или синхронно-солнечную орбиту, полеты к другим планетам, посылка автоматических межпланетных станций в глубины Вселенной).

Орбитальный корабль «Буран» – космический корабль многоцелевого использования, который может совершать длительные орбитальные полеты, маневрирование на орбите, управляемый спуск со снятия с орбиты полезных грузов и самолетную посадку на аэродром. С помощью «Бурана» можно доставлять на орбиту и возвращать оттуда на Землю полезные грузы и космонавтов, проводить ремонт и обслуживание космических аппаратов на орбите. С орбиты и на орбиту он может доставить 30 т полезного груза и находиться там с десятью космонавтами до 30 суток.

«Буран» стартует на «Энергии». Спустя несколько секунд, поднявшись над местом старта, ракета разворачивается и набирает космическую скорость. Корабль при этом оказывается обращенным вниз. Отделившись от второй ступени, «Буран» ориентируется с помощью двигателей управления, а затем, выключив маршевый двигатель, переходит на промежуточную орбиту. Примерно через полчаса происходит ещё одно включение, и корабль достигает круговой

орбиты. Чтобы сойти с орбиты, корабль разворачивается маршевым двигателем вперёд, включает его и притормаживает. Затем снова разворачивается по ходу полета, а перед тем как войти в атмосферу, принимает строго определенное положение, несколько «задрив» нос. Орбитальный корабль может совершить боковой маневр до 2 тыс. км.

Нельзя не отметить, что основной ценностью космодрома Байконур, его главным богатством являются люди: испытатели ракетно-космической техники, военно служащие тыловых подразделений, гражданский персонал. Поскольку космодром является научно-испытательным, все офицеры и прапорщики автоматически попадают под звание «испытатели ракетно-космической техники». Но, без преувеличения, можно сказать, что настоящих испытателей, работавших на стартовых площадках Байконура, – 30–40%. Настоящий испытатель не обязательно тот, кто состоит в штате испытательных подразделений. Способность испытывать ракетно-космическую технику – это талант, это призвание (рис. 17).

Кроме испытателей на Байконуре было очень много других военнослужащих: солдат, сержантов, прапорщиков и офицеров вспомогательных подразделений. Именно они занимались ремонтно-восстановительными, энергетическими и железнодорожными работами, а также обслуживали и управляли подразделениями теплоэнергии, кислородно-азотного и хлебопекарного заводов, подразделениями квартирно-эксплуатационного и медицинского обслуживания и другими.

В советское время на космодроме Байконур находились и делали всю работу только военные. Но поскольку все они были засекречены, то в открытой печати все лавры доставались космонавтам. Писатели и поэты воспевали специалистов космодрома как «чернорабочих Земли», которые «пускают в космос корабли». А в школах и детских садах, в военторге и больницах работали гражданские специалисты.

Личный состав испытательных подразделений полигона прошел обучение и участвовал в испытаниях, доработках и приемке техники в научно-исследовательских институтах, на заводах-изготовителях и испытательных стендах, в отработке техники на полигоне Капустин Яр. Значительная часть техники, систем, приборов и агрегатов прошла испытания до пусков в НИИП-5, в том числе с участием испытателей полигона. К концу этого периода многие испытатели знали технику не хуже ее разработчиков и изготовителей, приобрели значительный опыт испытаний техники и взаимодействия с промышленностью. Всё это значительно ускорило ход, улучшило качество испытаний на полигоне и обеспечило их положительный исход.

Таким образом, с июня 1955 года и по сегодняшний день Байконур является основным и единственным космодромом, откуда осуществляются запуски пилотируемых космических кораблей на международную космическую станцию (МКС), а также запуски тяжелой ракеты-носителя «Протон», которая выводит грузы до 25 тонн и космических аппаратов на геостационарную орбиту. Именно с Байконура осуществлялись,



Рис. 17. Испытатели «Байконура»

и будут осуществляться полёты на Луну, Марс и другие планеты.

С 1994 г. Республикой Казахстан космодром Байконур передан в аренду Российской Федерации, а с 1995 г. началась передача объектов Минобороны России Российскому космическому агентству и администрации города Байконур. Многие воинские части и соединения космодрома были расформированы.

Главной задачей военных инженеров-испытателей стал контроль технологических операций в составе совместных расчетов запуска военных космических аппаратов (КА).

На рубеже тысячелетий эстафету славных дел Байконура от военнослужащих приняли предприятия Федерального космического агентства Российской Федерации. К 2000 году Роскосмосу полностью переданы объекты космических ракетных комплексов «Союз», «Энергия», «Циклон», «Зенит» и один стартовый комплекс ракеты-носителя «Протон». На баланс городской администрации Байконура переданы объекты жилого фонда, обеспечения и обслуживания города и почти вся инфраструктура космодрома. В новых условиях общую организацию работ на космодроме и координацию взаимодействия предприятий промышленности с организациями города Байконур и воинскими частями при подготовке составных частей ракет космического назначения к пуску и запуску космических аппаратов осуществляет созданный Федеральный космический центр «Байконур».

На космодроме имеют свои подразделения или представительства все крупные отечественные компании, занимающиеся космической деятельностью: Ракетно-космическая корпорация «Энергия» им. С.П. Королева, ФГУП ГКНПЦ им. М.В. Хруничева, филиал АО «ЦЭНКИ» – НИИСК – НИИ стартовых комплексов им. В.П. Бармина, ЦСКБ АО «РКЦ «Прогресс», АО «НПО Лавочкина», КБ транспортно-химического машиностроения, КБ транспортного машиностроения, ФГУП «Научно-исследовательский институт химического машиностроения», АО «НПО Энер-

гомаш» им. академика В.П. Глушко», ФГУП НПО «Вымпел» и другие.

В настоящее время с космодрома проводятся запуски КА по Федеральной космической программе, программам международного сотрудничества, КА военного назначения и пуски межконтинентальных баллистических ракет в интересах МО РФ в целях продления срока эксплуатации боевых ракетных комплексов и другим программам.

К сожалению, в последние годы Байконуру нанесен трудно поправимый ущерб во всех областях деятельности и инфраструктуры (как по объективным, так и по субъективным причинам). В значительной мере утрачен его интеллектуальный потенциал и бесценный опыт. Но при разумном государственном подходе к делу всё еще можно восстановить былую мощь Байконура.

На сегодняшний день потенциал Байконура до конца не раскрыт, имеются планы по созданию стартовых комплексов совместно с Республикой Казахстан на базе ракеты-носителя «Зенит», а, возможно, в дальнейшем создания комплекса «Зенит» совместно с Казахстаном. В перспективе – создание комплекса сверхтяжёлой ракеты для реализации строительства станций на Марсе и Луне.

Есть у Байконура и «старший брат» – город Королёв с его научно-техническими комплексами, к которым относятся ракетно-космические предприятия и научные организации, прежде всего, «фирма С.П. Королева» – РКК «Энергия», головной научно-исследовательский институт Госкорпорации «Роскосмос» ЦНИИмаш, НПО измерительной техники, 4-й НИИ МО и 50-й ЦНИИ МО имени М.К. Тихонравова.

Именно в Королёве, на его предприятиях и НИИ разработаны и созданы те «изделия», которые испытывались и эксплуатировались на космодроме Байконур: знаменитая королёвская ракета – «семёрка», спутники и космические корабли «Восход», «Восток», «Союз» и «Прогресс», «Царь-ракета» Н-1 и, наконец, МТКС «Энергия-Буря».

Два города – Байконур и Королёв – связывают крепкие узы: один без другого они не могут существовать и не существуют!



Рис. 18. Город Королёв

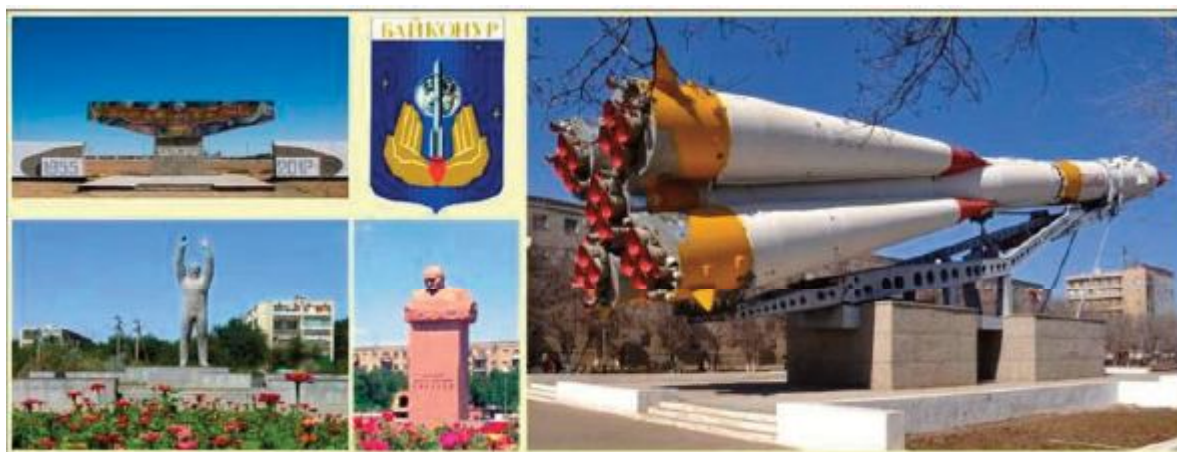


Рис. 19. Космодром Байконур

Тысячи «королёвцев» жили и работали на Байконуре, вместе с военными обеспечивая наши приоритеты в космосе. Основным местом испытаний всей «королёвской» техники являлась площадка 2 космодрома, где силами РКК «Энергия» построены три гостиницы, коттеджи, знаменитые

домики С.П. Королёва и Ю.А. Гагарина, прекрасное здание Экспедиции РКК. Второй главный «филиал» города Королёва на космодроме – площадка 113, где построены более десятка пятиэтажных гостиниц, социально-бытовые объекты, производственная база и многое другое.

Найденова Дарья Михайловна – ученица МБОУ № 5, г. Королёв.

Меньшиков Валерий Александрович – докт. техн. наук, профессор, Президент Ассоциации «МАКСМ», почётный гражданин города Байконур и города Королёв.

Тел.: +7 (916) 681-87-89.

E-mail: vamenshikov@mail.ru

Naydenova Daria Mikhailovna – Schoolgirl Municipal Budgetary General Education Institution «High school» № 3, Korolev city.

Menshikov Valeriy Aleksandrovich – Doktor Nauk in Engineering, Professor, Association President «MAKSM», Honorary Citizen of the City Baikonur and the City Korolev.

Тел.: +7 (916) 681-87-89.

E-mail: vamenshikov@mail.ru

♦ **СОВЕТ МОЛОДЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ И УЧЕНЫХ ФГУП «НПО «ТЕХНОМАШ»**

УДК 629.7.08

Ямаев Р.Р.

**Молодые научно-инженерные кадры ФГУП «НПО «Техномаш»
на космодроме Байконур**

Yamaev R.R.

**Young Scientific and Engineering Personnel of FSUE «NPO «Technomash»
at the Baikonur Cosmodrome**

В целях ознакомления с процессами подготовки и запуска ракетно-космической техники, ракет-носителей и космических аппаратов, повышения уровня практических и теоретических знаний в конце 2019 г. на космодром Байконур направлена группа молодых работников ФГУП «НПО «Техномаш».

Ключевые слова: Роскосмос, Байконур, космическая деятельность, ракетно-космическая отрасль, космодром, научные и инженерные кадры.

A group of young workers of FSUE «NPO «Technomash» was sent to the Baikonur cosmodrome at the end of 2019 in order to introduce them to the preparation and launch processes of the aerospace hardware, launch vehicles and space vehicles and to improve their practical and theoretical knowledge.

Keywords: Roscosmos, Baikonur, space activity, aerospace industry, cosmodrome, scientific and engineering personnel.

ФГУП «НПО «Техномаш» – головное предприятие Государственной корпорации по космической деятельности «Роскосмос» по технологическому обеспечению создания изделий ракетно-космической техники (РКТ) и метрологическому обеспечению производственно-технологической базы. Работники предприятия принимают участие в разработке РКТ, производстве всех отечественных запускаемых ракет-носителей (РН) и космических аппаратов (КА) и поэтому для молодых специалистов, участвующих в текущих и планируемых научно-технических проектах отрасли, важно непосредственное ознакомление с производственными процессами.

В июле 2019 г. на общем собрании молодых специалистов ФГУП «НПО «Техномаш» исполняющий обязанности генерального директора

Власов Ю.В. поддержал предложение направить группу молодых ученых и специалистов Предприятия на космодром Байконур, где проводилась подготовка к запуску ракеты-носителя «Союз-2.1а» с транспортным грузовым кораблем «Прогресс МС-13».

Программа посещения Байконура была подготовлена службой управления персоналом предприятия и согласована в Госкорпорации «Роскосмос». Затем, совместно с руководителями направлений, сформирована группа из восьми человек, которая в период с 2 по 6 декабря 2019 г. направилась на первый и крупнейший в мире космодром.

Космодром Байконур и город с одноименным названием образуют комплекс «Байконур» (рис. 1), который расположен в Кызылординской области

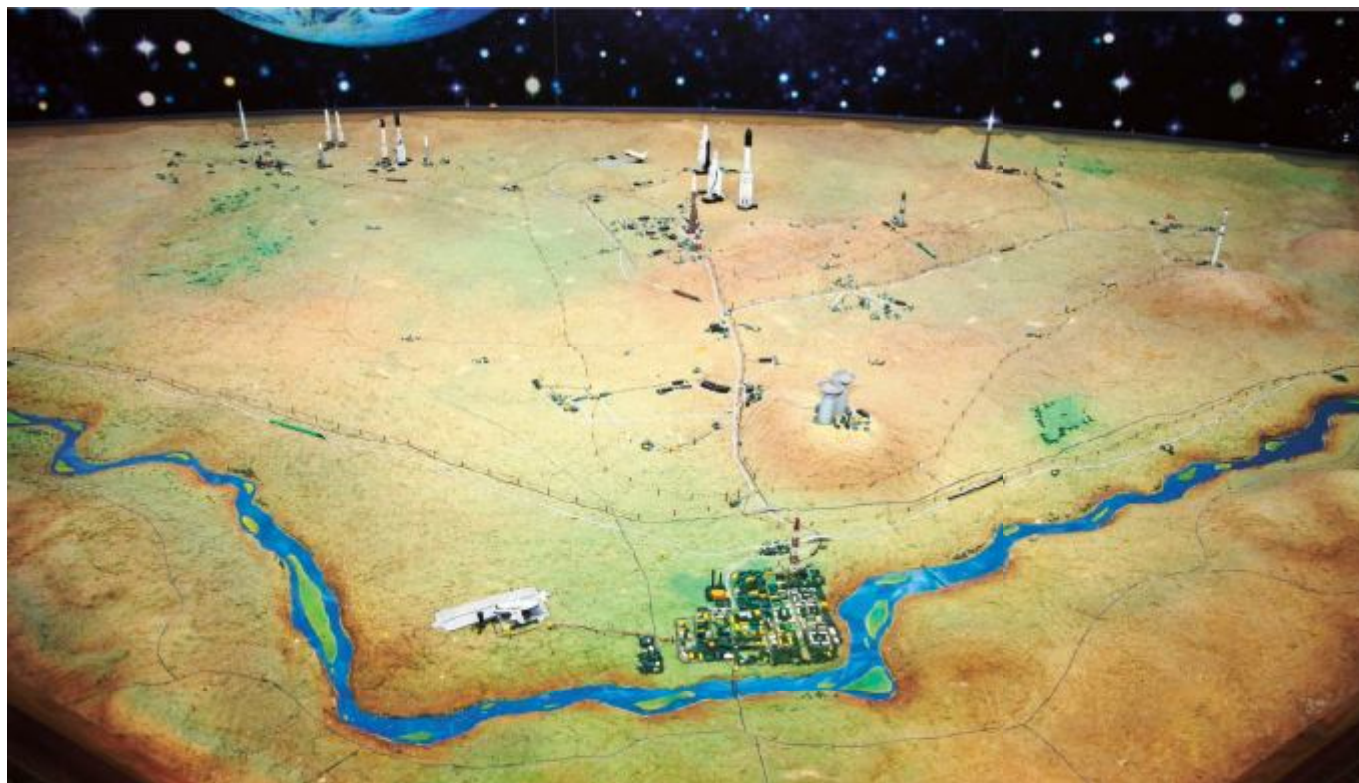


Рис. 1. Макет комплекса «Байконур»

Казахстана. Первые запуски с космодрома произведены в 50-х годах прошлого века. Сегодня – это основная космическая гавань нашей страны, открывшая миру путь к научно-техническому прогрессу, а человечеству – дорогу в космос. Именно с космодрома Байконур запущен первый Спутник, провозгласивший о начале космической эры, и в первый в истории человечества полет в космос отправился Юрий Гагарин, а в последующем стартовали РН, доставившие в космическое пространство корабли с Германом Титовым, Валентиной Терешковой, Алексеем Леоновым, Светланой Савицкой и другими космическими героями нашей страны [1].

Космодром Байконур занимает площадь 6717 кв. км (для сравнения площадь Москвы, включая все округа, – 2561 кв. км), состоит из 15 стартовых комплексов для запусков РН (пять действующих), четырех пусковых установок для испытаний межконтинентальных баллистических ракет, 13 монтажно-испытательных корпусов (МИК), в которых размещены 34 технических комплекса (ТК) для предстартовой подготовки

РН, КА, разгонных блоков. Объекты космодрома связаны протяженными линиями электропередач – 6610 км, линиями связи – 2784 км, транспортной инфраструктурой, которая включает 1281 км автомобильных дорог, 470 км железнодорожных путей. На Байконуре функционируют два аэродрома: «Крайний» и «Юбилейный» [1, 2].

С космодрома осуществляются запуски отечественных РН семейства «Союз-2», включая пилотируемые, РН «Протон». В планах развития Байконура – реализация совместного проекта Российской Федерации и Республики Казахстан «Байтерек» – новой экологически безопасной РН среднего класса и создание инфраструктуры на территории космодрома для ее запуска [3].

Программа посещения объектов космодрома началась с исторического места – площадки №1 «Гагаринский старт». Стартовый комплекс «Гагаринский старт» (рис. 2), является старейшим в мире, но при этом остается самым загруженным и интенсивно работающим. Именно здесь состоялся запуск первого в мире искусственного спутника Земли (4 октября 1957 г.) и полет



Рис. 2. Площадка №1 – стартовый комплекс «Гагаринский старт»

на корабле «Восток» первого космонавта Юрия Гагарина. В настоящее время проводится модернизация стартового комплекса.

Следующими по программе были стартовый и технический комплексы ракеты космического назначения «Протон» ГКНПЦ им М.В Хруничева (рис. 3). Космический ракетный комплекс «Протон» является одним из наиболее востребованных комплексов в российских космических программах. Комплекс способен выводит на опорную орбиту полезную нагрузку массой до 22 тонн, а на геостационарную орбиту (при использовании разгонного блока) – до 3,5 тонн. Со стартовых комплексов для РН «Протон» осуществлено более 370 пусков «Протона» и его модификаций. Они обеспечили вывод в космос:

- аппаратов «Космос», «Марс», «Венера», «Луна» и др.;
- орбитальных станций типа «Салют» и «Мир», элементов Международной космической станции (МКС).



Рис. 3. ТК «Протон»



Рис. 4. Площадка №44 – Измерительный комплекс «Сатурн»

Подготовка РН, разгонных блоков и КА к запуску производится на технических позициях, которые размещены в четырех монтажно-испытательных корпусах (МИК). Технические позиции оснащены специальным оборудованием, подъездными путями и инженерными коммуникациями, которые использовались для приема РН, полезных нагрузок с заводов-изготовителей, их хранения, сборки и испытаний. Здесь КА заправляются топливом и сжатым газом, производится пристыковка полезных нагрузок к РН [4].

На космодроме делегация ФГУП «НПО «Техномаш» посетила Байконурский филиал АО «РКЦ Прогресс» – МИК, в котором происходит подготовка к запуску РН типа «Союз-2», предназначенных для выведения в космическое пространство, в т.ч. пилотируемых космических кораблей.

На площадке №44 расположен измерительный комплекс «Сатурн» (рис. 4), который наряду с тех-

ническими позициями и стартовыми комплексами является важнейшей составной частью инфраструктуры Байконура. Представляет собой совокупность технических средств, предназначенных для приема, обработки, регистрации, передачи по каналам связи, сбора, документирования, представления, отображения и выдачи потребителям измерительной информации при пусках, испытаниях РН и КА и проведении сеансов управления КА.

Часть поездки на Байконур посвящалась культурно-экскурсионным мероприятиям – обзорной экскурсии по городу (рис. 5), посещению музея истории космодрома, мемориального комплекса «Коркыт Ата», мемориальных домиков Ю.А. Гагарина и С.П. Королева, «Гагаринской беседки», расположенной на берегу реки Сыр-Дарья в «нулевом» квартале. Именно там, 10 апреля 1961 года, состоялась встреча членов Государственной комиссии с первым отрядом космонавтов и первым



Рис. 5. Монумент «Ракета-носитель «Союз»



Рис. 6. Аллея космонавтов

лётчиком-космонавтом СССР утвердили Юрия Алексеевича Гагарина. Также делегация ФГУП «НПО «Техномаш» посетила «Аллею космонавтов» (рис. 6), где по традиции каждый космонавт Байконура высаживает дерево перед полётом в космос.

Завершением программы посещения космодрома стало наблюдение за пуском РН с космическим кораблем (рис. 7).

Транспортный грузовой корабль «Прогресс МС-13» запущен к МКС 06.12.2019 в 12:34 (мск) со стартового комплекса площадки № 31 космодрома Байконур, успешно выведен на околоземную орбиту РН Союз-2, 09.12.2019 в 13:35 (мск) в штатном режиме он пристыковался к стыковочному отсеку «Пирс» российского сегмента МКС. Корабль доставил на станцию запасы топлива и газов общей массой 700 кг, а также 1 350 кг



Рис. 7. Пуск РН с космическим кораблем

различного оборудования и грузов, включая новогодние подарки космонавтам [5].

Участие молодых специалистов ФГУП «НПО «Техномаш» в мероприятиях на космодроме стало первым подобным опытом предприятия. Как отметили о. генерального директора ФГУП «НПО «Техномаш» Власов Ю.В., подобные выезды на космо-

дромы и производственные предприятия ракетно-космической отрасли являются важным элементом системы подготовки научно-инженерных кадров, и необходимо продолжить положительный опыт посещения Байконура группами из числа работников предприятия для участия в мероприятиях по подготовке и запускам ракетно-космической техники.

Библиографический список

1. Официальный сайт Государственной корпорации по космической деятельности «Роскосмос» / Раздел Космодром Байконур [сайт]. URL: <https://www.roscosmos.ru/479/> (дата обращения: 25.05.2020).
2. Официальный сайт Мэра Москвы [сайт]. URL: <https://www.mos.ru/dt/function/gosudarstvennye-programmy-goroda-moskvy/osnovnye-zadachi-i-funkcii/> (дата обращения: 25.05.2020).
3. Сайт совместного предприятия Республики Казахстан и Российской Федерации «Байтерек» [сайт]. URL: <http://bayterek.kz/about/history.php> (дата обращения: 25.05.2020).
4. Официальный сайт АО «ЦЭНКИ», ЦЕНТР ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБЪЕКТОВ НАЗЕМНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ Космодром Байконур [сайт]. URL: <http://baikonur.russian.space/> (дата обращения: 25.05.2020).
5. Официальный сайт Государственной корпорации по космической деятельности «Роскосмос» / Раздел Запуски [сайт]. URL: <https://www.roscosmos.ru/launch/2019/> (дата обращения: 25.05.2020).

Ямаев Ренат Рашидович –
 главный специалист отделения научно-технического сопровождения создания изделий РКТ ФГУП «НПО «Техномаш»
 им. С.А. Афанасьева.
 Тел.: +7 (495) 689-97-11, доб. 97-07
 E-mail: r.yamaev@ptmnpo.ru

Yamaev Renat Rashidovich –
 Principal Specialist of R&D Support of Aerospace Products Engineering Department of FSUE «NPO «Technomash» named after S.A. Afanasyev.
 Tel.: +7 (495) 689-97-11, extension number 97-07
 E-mail: r.yamaev@ptmnpo.ru

◆ ТЕХНОЛОГИИ ЗАГОТОВИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

УДК 621.774.35 + 621.184.64

Вайцехович С.М., Власов Ю.В., Журавлёв А.Ю.

Спирально-профильные трубы в теплообменной технике

Vaitsekhovich S. M., Vlasov Yu. V., Zhuravlev A. Yu.

Spiral-shaped pipes in heat-exchange equipment

Рассмотрены вопросы применения желобковых спирально-профильных труб в теплообменной технике, их методика расчёта и аргументы конкурентоспособности на рынке пассивных интенсификаторов теплового потока; вопросы теплообмена на внутренней и наружной теплообменной поверхности спирально-профильных труб и даны рекомендации для оптимизации технологических параметров. Применение спирально-профильных труб в теплообменных аппаратах, с одной стороны, повышает теплопроизводительность при сохранении исходных массогабаритных характеристик. С другой стороны, имеется возможность существенно уменьшать весовые и габаритные характеристики теплообменных аппаратов при сохранении теплопроизводительности. Предложены пути совершенствования геометрии труб путём нанесения на их поверхность дополнительной шероховатости («облунение»), а также создания конфузор-инфузорных сечений и конструктивного оформления кожухотрубного пространства. Показана рентабельность изготовления теплообменных аппаратов на их основе спирально-профильных труб.

Ключевые слова: желобковые спирально-профильные трубы, модернизация, теплопроизводительность, теплообменные аппараты, массогабариты, производительность, экономика, рентабельность, прибыль.

The problems of the grooved spiral-shaped pipes (SSP) application in heat-exchange equipment, the computational methodology and arguments of the SSP competitiveness in the market of passive heat flow intensifiers, the issues of heat transfer on the inner and outer SPT heat-exchange surface are considered and recommendations for optimizing process parameters are given. The use of SSP in heat-exchangers (HE), on the one hand, increases thermal performance while maintaining the initial mass and size characteristics. On the other hand, it is possible to significantly reduce the weight and geometrical characteristics of heat-exchangers, while maintaining the thermal performance. The ways to improve of pipe geometry by applying an additional roughness «dimpling» to its surface, as well as creating confusor-infusor sections and the designing of the shell-and-pipe space are proposed. The profitability of manufacturing heat-exchangers based on SSP is shown.

Keywords: grooved spiral-shaped pipes, modernization, thermal performance, heat-exchangers, mass and dimensions, performance, economics, profitability, profit.

Паро- и водоводяные подогреватели широко используются для отопления жилых и административных зданий, сооружений индивидуальной застройки, а также отопления морских надводных и подводных судов. Подогреватели пред-

ставляют собой конструкцию, в которой внутри трубы большого диаметра размещены трубы меньшего диаметра, закреплённые между трубными досками. Такая комбинация получила название кожухотрубная. Между труб и внутри

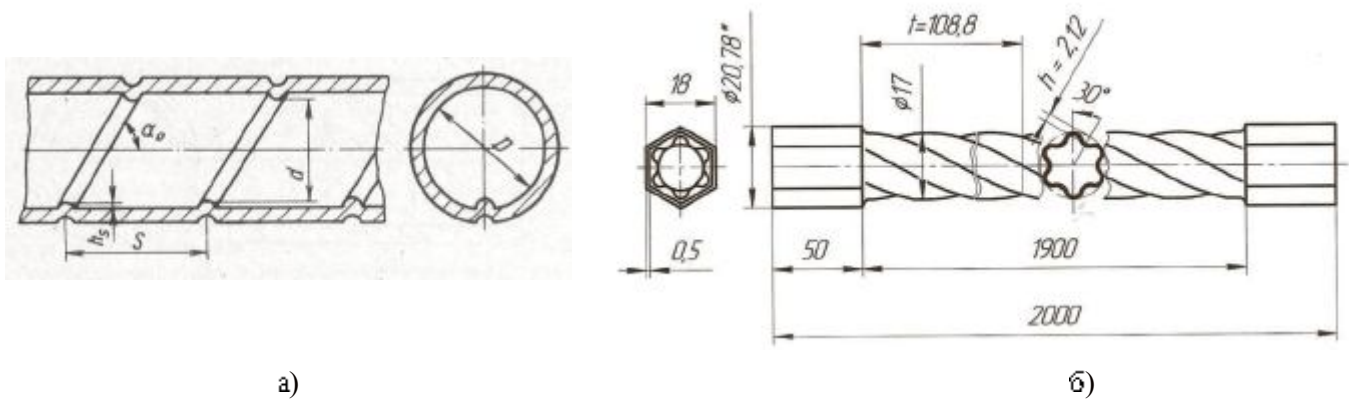


Рис. 1. Эскизы накатной трубы и СПТ: а) схема накатной трубы; б) схема СПТ-17/20x0,5x6-2,12-30x2000

самых труб пропускают жидкости с разной температурной составляющей. Вследствие разности температур тепло от нагретой жидкости переходит к «холодной» через разделяющую трубную стенку.

Кожухотрубные теплообменники отличаются широким диапазоном рабочих температур, устойчивостью к гидроударам, долговечностью, ремонтпригодностью, безопасностью эксплуатации, способностью работать в агрессивных средах.

Когда требуется передавать большие тепловые потоки при малых температурных напорах используются пластинчатые теплообменные аппараты ведущих мировых производителей (*Alfa-Laval, Funke* и др.). Однако пластинчатые теплообменные аппараты подвержены активному загрязнению (отложению солей), что влияет на стабильность теплопередачи и долговечность их работы [1]. Например, у пластинчатого теплообменника с расчетным коэффициентом теплопередачи $7000 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К})$ во время эксплуатации снижается коэффициент теплопередачи до $2545 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К})$ при образовании на теплообменной поверхности слоя накипи толщиной $0,3 \text{ мм}$, что в $2,75$ раза меньше исходного значения [2].

Два наиболее используемых способа интенсификации в кожухотрубных теплообменных аппаратах (ТА) – это использование витых (змеевиковых) труб и поперечной накатки на трубах. При движении жидкости внутри змеевиковых труб возникают вторичные циркуляционные течения – парные вихри. Парные вихри в случае неотрывного течения жидкости приводят к росту

скорости потока жидкости у стенки трубы, что сопровождается не только ростом теплоотдачи, но и гидросопротивления.

Интенсификаторами теплообмена во втором способе служат кольцевые проточки на трубе водоводяных подогревателей (рис. 1) согласно ГОСТ 27590 [3, 4]. Их наличие приводит к срыву потока подогреваемой жидкости, где: D – внутренний диаметр трубы (мм); d – диаметр кривизны канала (мм); S – расстояние между выступами (мм); α – угол наклона винта накатки; h_s – высота выступа (мм); $20,78^*$ – диаметр описанной окружности шестигранной законцовки СПТ (мм); t – шаг винтовой спирали (мм); h – высота гофра (мм); $0,5$ – толщина стенки трубы (мм).

Накатные трубы относятся к пассивным интенсификаторам второго поколения [5] и используются вместо гладких труб для повышения эффективности теплообмена. Для повышения интенсивности теплообмена применяются различные вставки (проволочные, шнековые) либо аппаратные устройства (лопаточные, лопастные и т.п.), работающие по принципу разрушения пристенных слоёв жидкости.

Интенсификация теплообмена в кожухотрубных аппаратах проводится путём увеличения коэффициента теплоотдачи за счёт увеличения площади теплопередающей поверхности, уменьшения гидравлического сопротивления и увеличения температурного напора [6]. Наиболее перспективными считаются пассивные интенсификаторы – желобковые спирально-профильные трубы (СПТ) –

устройства, в которых не затрачивается дополнительная мощность прокачки на интенсификацию. К ним относятся и разного рода нестандартные поверхности, воздействующие на гидродинамику потока [7].

Эффективность интенсификации оценивается по критерию энергетической эффективности:

$$E = \left(\frac{N_a}{\xi} / \frac{N_{a0}}{\xi} \right), \quad (1)$$

где N_u – число Нуссельта, характеризующее теплоотдачу; ξ – гидравлическое сопротивление, характеризующее затрачиваемую мощность на прокачку; параметры с индексом «0» относятся к параметрам гладкой трубы.

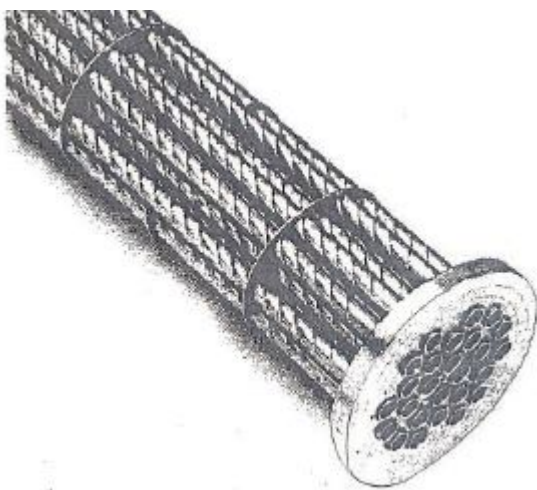
В случае СПТ число Нуссельта N_{u0} и гидравлическое сопротивление ξ являются функциями числа Рейнольдса R_e , Прантля P_r , глубины гофра c^* , шага между гофрами k^* , угла закрутки θ^* , то есть:

$$N_u = f_1(R_e, P_r, c^*, k^*, \theta^*), \quad (2)$$

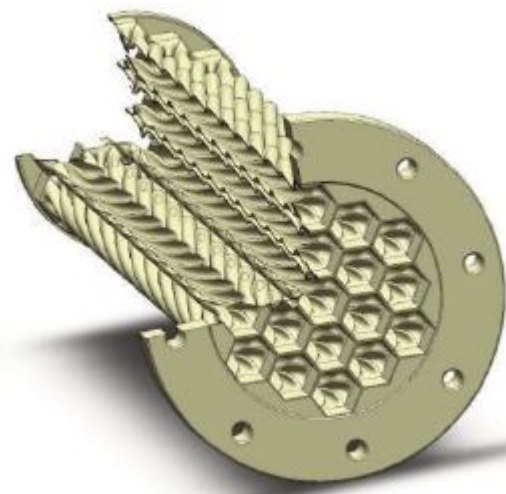
$$f_2(R_e, P_r, c^*, k^*, \theta^*), \quad (3)$$

где безразмерные величины

$$c^* = \frac{c}{D_a}, \quad k^* = \frac{k}{D_a}, \quad \theta^* = \frac{\theta}{90^\circ}, \quad (4)$$



а)



б)

Рис. 2. Схема комбинированной желобковой трубы:

а) трубная доска с пучком накатных труб; б) трубная доска из шестигранников СПТ

Критерий E отражает экономию теплообменной поверхности за счёт увеличения мощности на прокачку. В ряде случаев возможна интенсификация теплообмена с $E < 1$, если при этом существенно сократить габариты теплообменника и его металлоёмкость за счёт непропорциональных затрат на прокачку.

Гидравлическое сопротивление ξ и теплоотдача N_u в СПТ увеличиваются по сравнению с гладкими трубами равного проходного сечения по зависимости:

$$\lambda = \frac{R_{исх}}{R_{эк.пр}} \cdot (1,3 \div 1,5) \cdot \lambda_{пр, R_{исх}}, \quad (5)$$

$$N_u = \frac{R_{исх}}{R_{эк.пр}} \cdot (1,5 \div 1,8) \cdot N_{u_{пр, R_{исх}}}, \quad (6)$$

где $R_{исх}$ – радиус исходной трубы; $R_{эк.пр}$ – радиус описанной окружности экспериментальной СПТ.

На рис. 2 представлены конструктивные оформления трубных досок с накатными трубами (рис. 2а) [8] и трубами СПТ (рис. 2б) [9].

Накатные трубы (рис. 2а) имеют законцовку крупного сечения и предназначены для посадки в трубную доску в соответствии с ГОСТ 27590. СПТ выполнены в виде шестигранника (рис. 2б) для фланцевого соединения с трубной доской [10, 11].

Указанные эффекты достигаются за счёт:

- снижения стоимости производства теплообменника за счёт меньшего количества труб и отказа от трубной доски;
- компактности габаритов теплообменника за счёт использования СПТ и шестигранных законцовок (рис. 2а, правая сторона);
- дополнительного совершенствования формы гофров, в том числе «облунения» (нанесения на внутреннюю и внешнюю поверхность трубы лунок), что увеличивает величину шероховатости поверхности труб.

По сравнению с производством профилированных труб методом накатки (рис. 1а) технологический процесс получения СПТ (рис. 1б) более эффективен: на 30% снижает трудоемкость и на 70% повышает производительность выпуска СПТ по отношению к объёму выпускаемых накатных труб.

Экспериментальные исследования гидравлических и тепловых характеристик водоводяных подогревателей на основе СПТ различных типоразмеров и условий теплообмена, проведённые в ТМКБ «Союз» и НПО ЦКТИ [16], показали увеличение теплосъёма до двух раз по отношению к соответствующим гладким трубам. Показано, что увеличение теплового потока водоподогревателя достигается [17]:

- в межтрубном пространстве за счёт образования вихрей при закрутке потока греющей воды и турбулизации пристенного слоя;
- в трубном пространстве за счёт разбиения общего потока на локальные по числу гофр и образования центробежных сил, разрушающих пристенный ламинарный слой;
- пристенной турбулизацией на внутренней поверхности теплообменной трубы, приводящей к снижению гидравлического сопротивления потока.

Себестоимость изготовления СПТ из углеродистых марок сталей, не более чем на 20–35 % превышает себестоимость изготовления

круглых труб, а для дорогих высоколегированных марок сталей и цветных металлов разница составляет до 10%.

Если на предприятиях производства труб в заводской технологии прокатки последнюю операцию (калибровку труб) заменить на профилирование спирально-профильного канала желобковой формы, то себестоимость конечного продукта ТА уменьшится на 40%, а рентабельность увеличится на 20%.

Экономическая выгода от использования СПТ реализуется у производителя ТА, поэтому необходимо соединить как производство СПТ, так и ТА на одном предприятии, что позволит обеспечить качество, сроки и стоимость изготовления, а также ускорить перевод отечественных теплообменных аппаратов на технику нового поколения.

На каждом специализированном оборудовании (прокатно-волочильном стане) после переналадки его на выпуск СПТ количество обслуживающего персонала увеличивается на двух работников, а при организации производства в условиях заводов, производящих ТА, на одного, что согласуется с задачами Правительства Российской Федерации по увеличению числа занятости населения (увеличение рабочих мест на производстве с одновременным ростом производительности до 70%).

Факторы, определяющие эффективность ТА на основе СПТ:

- повышение теплоотдачи по сравнению с круглыми или накатными трубами;
- оптимизация компоновки труб в секции;
- использование ТА меньшего веса и габаритов, сокращение производственных помещений в местной системе тепло снабжения.

Низкая себестоимость производства ТА^{СПТ} позволяет в качестве расчётной цены СПТ принять цену, которая не приводит к подорожанию подогревателя по отношению к подогревателям на основе гладких/накатных труб.

Таблица 1. Теплофизические характеристики секций сравниваемых ПВ

Наименование		ПВ, ГОСТ 27590		ПВСПТ
		гладкие	накатные	
Поверхность нагрева труб одной секции, м ²		11,51		16,52
Тепловой поток в одной секции, кВт		238,4	286,7	476,8
Гидравлическое сопротивление в секции	во внутренней полости трубной системы секции, МПа	0,006	0,014	0,007
	в межтрубном пространстве системы секции, МПа	0,009	0,010	0,010
Объем полостей в секции	внутри трубной системы, м ³	0,0094		0,011
	межтрубного пространства, м ³	0,088		0,096
Условное давление рабочей среды, МПа		1,6		
Скорость теплового потока нагреваемой среды в трубах, м/с		1,0		
Перепад температур по нагреваемой и греющей среде, °С		45,0		
Среднеарифметический температурный напор, °С		10,0		

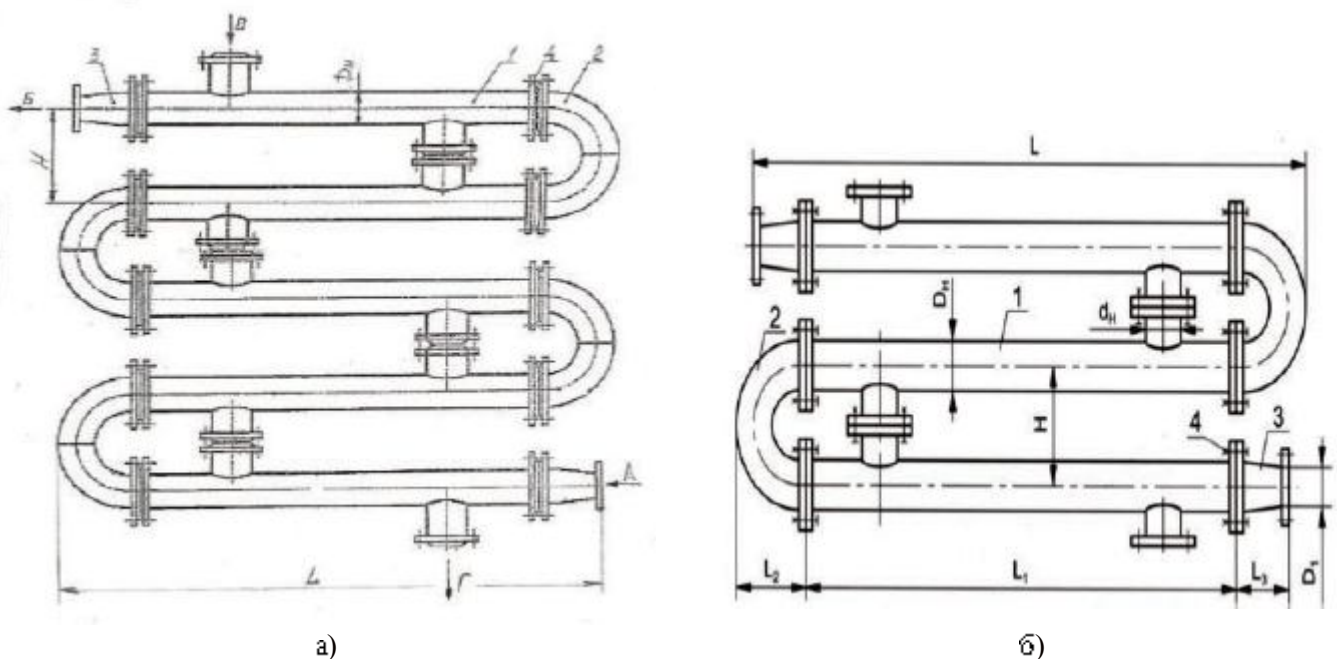


Рис. 4. Схема компоновки разъемного подогревателя СП:

а) подогреватель пятисекционный ПВ 219x4-1,0-РГ-5-У3 ГОСТ 27590; б) подогреватель трехсекционный в базе СПТ – ПВ 219x4-1,6-18/21x0,5x12x16,52x30-476,8-У3

Таблица 2. Материальные расходы на изготовление труб и комплектующих секций

Наименование затрат	Стоимость, руб.		
	ПВ по ГОСТ 27590		ПВ СПТ
	гладкие	накатные	СПТ
Стоимость одной трубы	525,26	630,45	709,00
Стоимость теплообменной трубы	32 046,96	38 457,45	43 249,00
Стоимость состава секции (корпус, трубные доски, перегородки, патрубки, фланцы и монтаж секции)	2 246,40		
Стоимость секции в сборе	34 293,36	40 703,85	45 495,40
Монтаж ПВ, включающий комплектующие, крепёж	4 180,00		2 508,00
Стоимость секции в сборе	171 466,80	203 519,25	136 486,2
Стоимость комплектующих, в том числе:	8 160,00		4 760,00
– калачи	– (4 шт.)		– (2 шт.)
– переходники	– (2 шт.)		– (2 шт.)
Общие затраты на изготовление ПВ	183 806,80	215 859,25	143 754,20

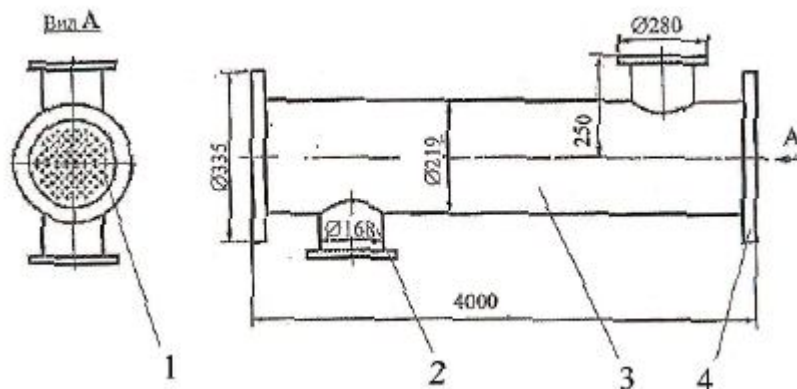


Рис. 5. Схема секции типа СПТ с трубной доской для размещения труб:
 1 – трубная доска; 2 – патрубок; 3 – секция; 4 – фланец; количество трубок в секции – 61 шт.

На рис. 6 представлена схема расположения труб в трубной доске ТА и расположения СПТ с шестиугольными законцовками в ТА^{СПТ}.

На рис. 6 видно, что замена гладких/накатных труб на СПТ не привела к конструктивным изменениям ПВ.

Использование законцовок в виде шестиугольников (рис. 3) [8] повышает производительность изготовления ТА^{СПТ} в 2–3 раза [2, 13] с одновременным увеличением тепловой эффективности за счёт уменьшения гидравлического местного сопротивления системы трубного пучка.

Теплоотдача спирально-профильной, симметричной трубы Ø16 мм [19] при углах «заходности» гофров свыше 6° возрастает до 1,56 раза относительно сопоставимой по объёму круглой трубы.

Использование шестиугольных законцовок позволило исключить трубную доску (рис. 1 б), что снижает гидравлическое сопротивление жидкости на 25–30% за счёт плавного захода последней в трубное пространство ТА^{СПТ}. Кроме того, шестиугольные законцовки позволяют расширить диапазон регулировки отношения объёма

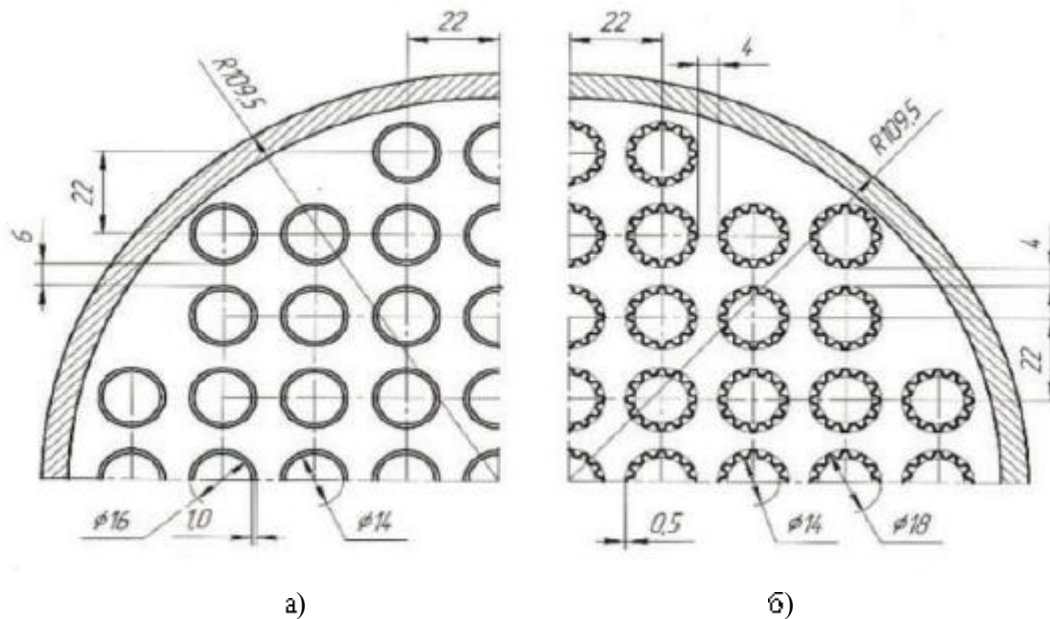


Рис. 6. Сравнение схемы секции по ГОСТ 27590 и секции на базе желобковых СПТ:
а) левая часть секции соответствует ГОСТ 27590, б) правая часть секции на базе желобковых СПТ-18/21x0,5x12-0,27-30x4000

трубного и межтрубного пространства, влияющего на изменения величин теплопередачи.

Прослеживаются два направления развития ТА^{СПТ}:

- сокращение количества секций в ПВ в 1,6–2 раза;
- увеличение тепловой мощности ПВ в 1,6–2 раза.

По нормативным показателям металлоёмкость труб составляет до 70% от металлоёмкости всего ТА. В ценовую стоимость ТА входит комплекс трудовых затрат и услуг работников предприятия. Для упрощения расчётов все основные финансовые затраты на производство подогревателя, т.е. затраты на трубы, комплектующие (калачи, переходники, патрубки и т.д.) будем обозначать как «Основные затраты».

В пусковой период работы прокатно-волочильного стана (условно год) выпуск четырёхметровых СПТ составит 118 080 шт./год, что обеспечивает сборку 1935 шт. секций или 645 шт. трехсекционных подогревателей. Подогреватель ПВ^{СПТ} на 21% дешевле подогревателя на гладких трубах и на 34% – подогревателя с накатными трубами при одной и той же тепловой мощности, но металлоёмкость ПВ^{СПТ} уменьшается на 45%, т.е. – в 1,83 раза.

Из 1 935 секций годового выпуска из накатных труб можно собрать 387 шт., пятисекционных подогревателей ВП 219x4-1,0-РГ-5-УЗ. Из того же количества секций из СПТ можно собрать 645 шт. трёхсекционных ВП^{СПТ} с аналогичными теплофизическими и гидравлическими параметрами. Таким образом, производительность предприятия по выпуску ПВ^{СПТ} увеличится на 67%.

Получение чистого приведённого дохода (NPV) с одного прокатно-волочильного стана в первый год производства желобковых СПТ составит порядка 4,2 млн руб. При производстве ПВ^{СПТ} приведённый доход – более 5,0 млн руб.

Доход от перевода всего жилого и нежилого (производственного) фонда Москвы и Московской области на новые виды водоводяных водоподогревателей, например, от внедрения одного вида подогревателя водоводяных систем теплоснабжения составит 35–50% стоимости выпускаемых по ГОСТ 27590 [9] стандартных водоподогревателей.

При сохранении цены на ПВ^{СПТ} по отношению к цене на прежний ПВ доход от производства СПТ будет доходом выпускающего их предприятия и составит 1,7 раз от цены гладкой трубы.

Следует отметить, что основной доход предприятия заключается не в получении прибыли

от выпуска новых подогревателей, а в дополнительном выпуске двух секций подогревателя, что повышает на 2/3 (67%) объём выпуска и уменьшает на 10% основные затраты каждого из них. Если предприятие, выпускающее подогреватели, возьмёт на себя организацию производства СПТ, то повышенная прибыль от их себестоимости останется у предприятия.

Со временем, изучив рынок сбыта теплообменной техники, поставки трубного стального проката, можно перейти к производству труб из латуни (ГОСТ 21646), цены на которую значительно ниже, чем на трубы из меди (ГОСТ 32598). Найти свою нишу в развитии теплообменной техники и смежных с ней назначений (например, паровые и водогрейные котлы, утилизаторы тепла газопоршневых и газотурбинных когенерационных установок, аппараты воздушного охлаждения, подогреватели нефти и мазута, маслоохладители на ламинарных потоках, парогене-

Заключение

Желобковые СПТ наиболее перспективны из всех сложнопрофильных труб третьего поколения, рост эффективности теплоотдачи в них не зависит от гидравлического сопротивления.

Совершенствование ТА на основе СПТ необходимо проводить по нескольким направлениям:

- создание теплообменников, имеющих в 2–3 раза большую тепловую производительность при тех же массогабаритных характеристиках аналогов;
- создание теплообменников, сохраняющих тепловую производительность аналогов, но при меньшей (в 2–3 раза) массе и габаритах;
- дальнейшее развитие интенсификации за счёт совершенствования геометрии гофров, в том

раторы и подогреватели реакционного газа типа «труба в трубе» и т.д.).

К основным расходам относятся: закупка оборудования и его запуск, аренда помещения, заработная плата персонала, закупка сырья.

Для наибольшей рентабельности производства необходимо:

- не производить широкую номенклатуру труб СПТ для сферы ЖКХ. По статистическим данным наиболее востребованный размер гладких латунных труб, предназначенных для профилирования, – $19 \times (0,5 \div 1,0)$ мм; $28 \times (0,7 \div 1,2)$ мм; $40 \times (0,9 \div 1,1)$ мм; $54 \times (1,2 \div 2)$ мм. Для наибольшей рентабельности необходимо выбрать оптимальный рынок сбыта и провести мониторинг потребностей покупателей;
- освоить производство изделий с промежуточной толщиной стенки – 0,5 и 2,0 в связи с востребованностью на рынке теплообменных аппаратов.

числе: нанесения дополнительной шероховатости, «облунения» желобковой поверхности, создания конфузorno-диффузорных поперечных сечений и конструктивного оформления кожухотрубного пространства.

Подогреватель ПВ^{СПТ} на 21% дешевле подогревателя на гладких трубах и на 34% – подогревателя с накатными трубами при одной и той же тепловой мощности, при этом металлоёмкость ПВ^{СПТ} уменьшается на 45%, т.е. в 1,83 раза.

По сравнению с существующим выпуском водоводяных подогревателей тепловая мощность ПВ^{СПТ} увеличится на 67%.

Библиографический список

1. Жаднов О.В. Пластинчатые теплообменники – дело тонкое // Новости теплоснабжения. – 2005, № 3. – С. 39–53.
2. Назмеев Ю.Г. Гидродинамика и теплообмен закрученных потоков реологических сложных жидкостей. – М.: Энергоатомиздат, 1996. – 298 с.
3. ГОСТ 11383-2016 Трубки медные и латунные тонкостенные. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2018. – 16 с.

4. Mayhew J.R. Power Condenser Heat Transfer Technology. – Hemisphere, New York, 1980. – pp. 229–277.
5. Всероссийская конференция «Закрутка потока для повышения эффективности теплопотока в теплообменниках». Апрель 2002 г. Объединённый институт высоких температур при Российской Академии наук. – Москва, 2007. – 47 с.
6. Шукин В.К. Теплообмен и гидродинамика внутренних потоков в полях массовых сил. – М.: Машиностроение, 1970. – 332 с.
7. Ravigururajan T.S., Rabas T.J. Turbulent flow in Integrally Enhanced Tubes, Heat Transfer Engineering. V.17, 2. – 1996. – 12 p.
8. Пат. 2 386 096 С2, Российская Федерация, F28F 1/10. Сотовый теплообменник с закруткой потока / Вайцехович С.М., Лебедев А.Н., Лебедев С.А.; заявитель и патентодержатель ООО «Энерготехника», заявка № 2008113822/06 от 11.04.2008, опубл. 10.04.2010 БИ № 10.
10. Вайцехович С.М. Кривенко П.Г., Корнилов В.А. Спирально-профильные трубы: преимущества и перспективы применения в теплообменных аппаратах // М.: Технология Машиностроения». – 2011, №12. – С. 31–37. ISSN 1562-322X.
11. Вайцехович С.М. Лебедев А.Н., Кужель А.С. Технология изготовления спирально-профильных теплообменных труб // Ритм машиностроения. – 2017, №8. – С.28–31.
12. Вайцехович С.М., Панов Д.В., Лебедев А.Н., Скрыльникова А.Г. Водоводяные подогреватели с использованием спирально-профильных труб (СПТ) для индивидуальных тепловых пунктов // Инновационное машиностроение, Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2017, Том 18. – №1. – С. 3-7. – ISSN: 0202-3350.
13. Чижевская Е.М., Бродов Ю.М., Дорошенко В.А. Исследование гидравлического сопротивления при течении воды в профильных «витых» трубах // Известия высших учебных заведений. Энергетика. – 1977, №10. – С. 56–73.
14. Назмеев Ю.Г., Конахина И.А. Расчёт профиля скорости при течении нелинейной вязкоупругой жидкости в каналах с винтовой накаткой // ИФЖ. – 1992. – Т.62. – №3. – С. 373-379.
15. Боголюбов Е.Н., Лившиц М.Н., Григорьев Г.В. Результаты исследования и промышленного внедрения винтообразно профильных труб // Теплоэнергетика. – 1981, №7. – С. 48–50.
16. Мишулин А.А., Каусов М.А. Перспектива использования спирально-профильных гофрированных труб в теплообменной технике // М.: РАН. ИВТ. – 2002, №3. – С. 56–82.
17. Фролов А.Н. Технология и оборудование для производства гофрированных труб // М.: Изобретатели – машиностроению. – 1997, №1. – 187 с.
18. ГОСТ 27590-2005 Подогреватели кожухотрубные водоводяные систем теплоснабжения. Общие технические условия (с Поправкой). – М.: Стандартинформ, 2007. – 23 с.
19. Теплообмен и гидродинамика в закрученных потоках. V Международная конференция, Россия. – СПб: Своё издательство. – 2015. – 256 с.

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

Власов Юрий Вениаминович –
канд. техн. наук, и.о. генерального директора
ФГУП «НПО «Техномаш» имени С.А. Афанасьева.
Тел.: 8 (495) 689-50-66.
E-mail: info@tmnpo.ru

Журавлёв Алексей Юрьевич –
начальник отделения технологий заготовительного
производства ФГУП «НПО «Техномаш».
Тел.: 8 (495) 689-96-90.
E-mail: A.Zhuravlev@tmnpo.ru

Vaitsekhovich Sergey Mikhailovich –
Ph.D. in Engineering sciences, senior researcher,
principal researcher of FSUE «NPO «Technomash»
named after S.A. Afanasyev.
Tel.: +7 (495) 689-95-87, add. 95-87.
E-mail: ask-mlad@mail.ru

Vlasov Yuri Vineaminovich –
Ph.D. in Engineering sciences, CEO of the FSUE
«NPO «Technomash» named after S.A. Afanasyev.
Tel.: +7 (495) 689-50-66.
E-mail: info@tmnpo.ru

Zhuravlev Alexey Yurevich –
Head of Department of Blank Production Technology
of FSUE «NPO «Technomash».
Tel.: +7 (495) 689-96-90.
E-mail: A.Zhuravlev@tmnpo.ru

УДК 629.78:534.16

Бецекоев В.Г., Синякова Т.И., Кузин Г.В.

Физические основы методологии создания нового поколения деталей агрегатов изделий ракетно-космической техники с использованием эффекта сферодинамики

Beshekov V.G., Sinyakova T.I., Kuzin G.V.

Physical Basics of the Methodology for Engineering a New Generation of Parts for Assemblies of the Aerospace Products

Проведены экспериментальные и теоретические исследования по установлению базовых физических понятий, определяющих условия возникновения, временное прохождение и результаты реализации эффекта сферодинамики. Выявлено ключевое значение геометрического фактора спиральности при возникновении феномена левитирования сферодина и приобретении им свойств бесприводного источника деформирования.

Ключевые слова: эффект сферодинамики, сферодина, логарифмическая спираль Бернулли, кривизна.

Experimental and theoretical investigations are carried out to establish basic physical concepts that determine the conditions for the occurrence, time passage and the results of the spherodynamic effect implementation. The key importance of the geometric factor of helicity in the occurrence of the spherodine levitation phenomenon and its acquisition of the properties of a non-drive source of deformation is revealed.

Keywords: spherodynamic effect, spherodine, Bernoulli's logarithmic spiral, curvature.

Введение

Теоретические и экспериментальные исследования эффекта сферодинамики (далее – эффект) [1] по установлению энергосилового и временного диапазонов его реализации выявили регулярно повторяющиеся закономерности, характеризующие зависимость его реализации от соотношения геометрических параметров элементов сферодинамической системы: «пуансон-заготовка-сферодина-выталкиватель-матрица». Геометрическая форма сферодина, являющегося базовым элементом эффекта, в виде бесприводного источника силовых импульсов, с одной стороны, зависит от геометрической формы приводного источника силовых импульсов (пуансона), а, с другой стороны, обуславливает проявление и реализацию эффекта.

В настоящей работе проведён анализ результатов лабораторного исследования эффекта в

форме т.н. «обратной связи, когда установленные зависимости изменения параметров материала обработанной заготовки, а также временные характеристики стадий реализации эффекта коррелируют с исходным энергосиловым и геометрическим состояниями сферосистемы в целях выявления единого геометрического подобия причинно-следственных факторов эффекта, определяющих физические основы методологии сферодинамической обработки.

Рассмотрим стадии реализации эффекта (рис. 1) в отношении установления характера вносимых возмущений в материал твёрдого тела элементами сферосистемы, а также особенности распространения возмущений в твёрдом теле и характера получаемых результатов реализации эффекта.

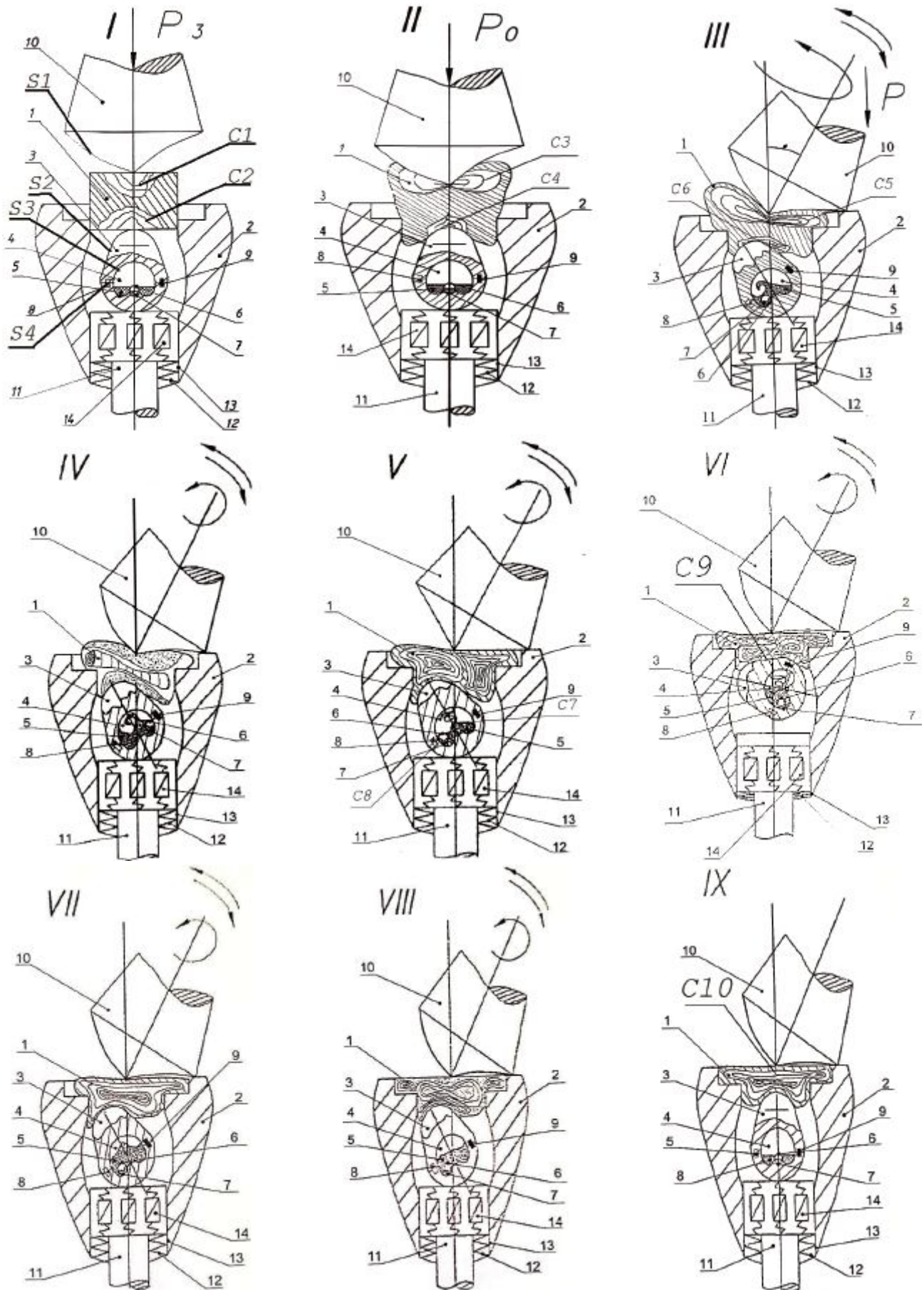


Рис. 1. Стадии реализации эффекта сферодинамики

Стадия I – формирование сферодинамической системы (СС).

Твёрдое тело 1 (заготовку) размещают в полости матрицы 2 на сферодине 3, выполненным с полостью 4, частично заполненной магнитной жидкостью 5. В полости 4 свободно размещён сферический полый резонатор 6, частично заполненный магнитной жидкостью 7. Сферодин 3 выполнен с кольцевой выемкой 8, в которой с зазорами размещены постоянные магниты 9. Пуансон 10, воздействуя на верхний торец заготовки 1, размещённой на сферодине 3, установленном на выталкивателе 11, размещённом на упругом элементе 12, в полости 13 матрицы 2 и снабжённом датчиками давления 14 осуществляет формирование сферосистемы путём силового замыкания всех её элементов. Экспериментально установлено, что для репаментации во времени момента левитирования сферодина 3 необходимо: рабочую поверхность пуансона 10 – S1; форму сферодина 3 – S2; форму полости сферодина 4 – S3 и линейку изменения зазора между постоянными магнитами 9 – S4, размещённых в кольцевой выемке 8 сферодина 3, выполнить по геометрии, соответствующей геометрии логарифмической спирали Бернулли [2] с шагом роста, соответствующим шагу роста спирали Баушингера (траектории перемещения очагов деформации в заготовке от пуансона и сферодина на начальной стадии деформирования в высотном деформационном диапазоне реализации эффекта Баушингера [3]). Затем к свободному торцу заготовки 1 подводят пуансон обкатки 10, производя силовое замыкание СС («пуансон–заготовка–сферодин–выталкиватель–матрица») за счёт репаментированного осевого усилия P_3 , устраняющего зазоры между элементами СС и одновременно создающего начальное напряжённое состояние материала заготовки 1 в виде спиральных полей напряжений сжатия в зонах касания заготовки 1 с пуансоном 10 и сферодином 3. Особенностью силового замыкания СС является выбор величины усилия P_3 , определяемой соотношением:

$$P_3 = \frac{(0,15...0,2)\sigma_T}{K_3}, \quad (1)$$

где: P_3 – осевое усилие силового замыкания СС, кг; σ_T – предел текучести материала заготовки, кг/мм²; K_3 – суммарный зазор элементов СС, мм².

Подведение к заготовке 1 усилия P_3 формирует в материале её торцов спиралеобразные поля упругих напряжений C_1 и C_2 , которые на следующей стадии эффекта преобразуются в спиралеобразные механические поля [4].

Стадия II – приложение к заготовке 1 обкатным пуансоном 10 осевого деформирующего импульса.

Величина импульса прямым образом определяется величиной осевого усилия силового замыкания СС P_3 на стадии I (рис. 1):

$$P_0 = (3...2)P_3, \quad (2)$$

Соотношение (2) установлено в результате многофакторных экспериментов, позволивших выявлять необходимое соотношение между P_3 и P_0 , обеспечивающее деформационную наследственность между стадиями I и II с точки зрения создания матрицы спиралеобразных волокон, преобразующихся на следующей стадии деформирования заготовки в спиралеобразные фигуры полей сжимающих напряжений C_3 и C_4 , которые в последующем преобразуются в винтообразные «шнурь» локализованного прохождения механизмов в волновой (развитой) пластической деформации по массиву деформируемого твёрдого тела.

Необходимо отметить, что обязательным условием последующей реализации эффекта является соблюдение следующего соотношения между величинами коэффициентов роста q_c и q_d однонаправленных логарифмических спиралей Я. Бернулли, образующихся при вращении вокруг оси, проходящей через центр спиралей, вышеупомянутые спиралеобразные массивы материала заготовки (рис. 1):

$$q_c = (3...2)q_d, \quad (3)$$

Стадия III – обкатывание заготовки 1 обкатным пуансоном 10.

Обкатывание происходит с разовой осевой подачей на один оборот пуансона, начиная с величины, соответствующей верхнему деформационному пределу реализации эффекта Баушингера для материала заготовки. На этой стадии обработки заготовки происходит ускорение процесса встречно-направленного формирования сферодинамического механического поля в деформируемом твёрдом теле с использованием приводного источника энергии деформирования (активного – пуансона) и бесприводного источника энергии деформирования (реактивного – сферодина), при перемещении спиралеобразных «шнуров» локализации пластической деформации S_5 и S_6 импульсно перемещаются механизмы ротационной пластичности – спиралеобразные пластические ротаторы-вихри [4].

Стадия IV

По мере двустороннего и встречного накопления материалом торцов заготовки энергии импульсов, подводимых приводным источником деформирования (пуансоном) и бесприводным источником деформирования (сферодином), из-за разности между величинами активного и реактивного импульсов на величину диссипации деформируемым материалом части энергии активного импульса, материал заготовки приобретает асимметричный наклёп, развитие которого является причиной спонтанного перехода сферодинамической деформирующей системы в состояние деформационного резонанса (стадия IV).

Особенностью данной стадии является последующее возрастание объёмной доли спирального элемента в массиве деформируемого материала и образование трех зон развития механизмов ротационной пластичности.

Стадия V

Сферосистема переходит в состояние «взрывной неустойчивости» ввиду того, что к энергетике

деформационного резонанса добавляются два спиралеобразных вихря S_7 и S_8 , возникших от вращения магнитной жидкости 5 полости 4 сферодина 3 и магнитной жидкости 7 резонатора 6.

Подобные вихри характеризуются как «турбо-вихревое динамо» [5].

Таким образом, спиралеобразность энергетического состояния сферосистемы возрастает «скачкообразно» при одновременном прохождении всех спиральных форм развития, вно симых в твёрдое тело возмущений.

Стадия VI

Сферодин 8 спонтанно нарушает свои первоначальные гравитационные условия с выталкивателем 11 и «левитирует», совершая при этом автономное воздействие на нижний торец заготовки по спиралеобразной траектории (геометрия отпечатков на полуфабрикате) – S_9 (рис. 1).

Таким образом, феномен левитирования сферодина обусловлен формированием базовой спиральной логарифмической симметрии энергетике реализации эффекта, формируется из следующих геометрических элементов, имеющих формы, подобные логарифмической спирали Бернулли:

- траектории перемещения приводного (пуансона) и бесприводного (сферодина) источников энергии деформирования;
- форма зон локализации активных (от пуансона) и реактивных (от сферодина) механизмов деформации («шнуров»);
- форма буферной зоны встречи фронтов деформации от пуансона и сферодина;
- форма траектории формирования центроидов;
- форма объёмных элементов пространств активной среды камеры между очагами деформации;
- траектория перемещения временного полевого континуума буферной зоны заготовки к сферодину;
- траектория изменения в деформируемой среде внутреннего времени деформации в буферной зоне;

– образующей боковой поверхности сферодина. Рассмотренное геометрическое подобие различных аспектов реализации эффекта сферодинамики является основным методологическим инструментом для исследования его феномена.

Стадия VII

Хаотические биения сферодина по сле его падения на выталкиватель и восстановление изначальных гравитационных условий.

Войдя в контакт с выталкивателем, сферодин совершает спонтанные хаотические затухающие спиралеобразные биения о нижний торец полуфабриката, что является реактивным возмущением, которое в совокупности с активным возмущением формирует очередное механическое поле в материале твёрдого тела после левитирования сферодина и автономной обработки торца заготовки бесприводным источником силовых импульсов. При этом характер движения сферодина по спиралеобразным траекториям (отпечатки на полуфабрикате) иллюстрирует сохранение базовой спиральности сферосистемы, даже после нарушения её сплошности-левитирования и последующего восстановления.

Стадия VIII

Спонтанные спиралеобразные (отпечатки на полуфабрикате) импульсные колебания сферодина, возникающие на завершающей стадии обработки твёрдого тела, имеющие хаотический затухающий характер, иллюстрирующие окончательный сброс энергии колебаний сферосистемы на выталкиватель.

Стадия IX

Восстановление первоначального силового замыкания сферосистемы, механическое поле

в обработанном твёрдом теле приобрело окончательную форму, структурные отражения характеристик которого (твёрдость, средний размер зерна и текстура матричного металла) обладали базовым спиралеобразием: разномасштабными логарифмическими спиралями S_{10} (рис. 1) с шагами их роста, находящимися в высотном деформационном диапазоне реализации эффекта Баушингера для материала заготовки, образующим т.п. сферо спираль [1].

Выявленная существенная зависимость разномасштабных спиральных форм проявления эффекта от начальных условий внесения возмущений в материал твёрдого тела позволяет, согласно теории КАМ (Колмогорова-Арнольда-Мозера) [6], отнести сферосистему к системам, реализующим детерминированный хаос, характеризующийся наличием периодического процесса, траектории которого воспроизводятся после повторения начальных условий системы, независимо от её сложности. Система детерминированного хаоса позволяет прогнозировать её поведение в будущем, поскольку образует кумулятивную обратную связь за счёт накопления внутренней энергии системы, что позволяет ей не только осуществлять обратное взаимодействие с учётом информации о предыдущем состоянии, но и обеспечить повышение организованности сформированных структур.

Выводы

Выявлено базовое геометрическое спиральное подобие проявления и реализации эффекта сферодинамики на всех его стадиях.

Установлено соответствие сферосистемы системам, реализующим детерминированный хаос.

Библиографический список

1. Бещеков В.Г. Сферодинамика. – т 1. – М.: Научный мир, 2018. – 499 с.
2. Выгоский М.Я. Справочник по высшей математике. – М.: Наука, 1976. – 870 с.
3. Хоникомб Р. Пластическая деформация металлов. – М.: Наука, 1984. – 129 с.
4. Панин В.Е. и др. Структурные уровни пластической деформации и разрушения. – Новосибирск: Наука, 1990. – 251 с.



5. Гольдштик М.Я. Турбулентное вихревое динамо // Прикладная математика и механика. – 1989. – т. 53. – Вып. 4. – С. 610–624.
6. Колмогоров А.Н. Теория случайных полей. – А. Г. Приж., 1925. – 232 с.

Бещеков Владимир Глебович –
д-р техн. наук, главный научный сотрудник
ФГУП «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева.
Тел.: 8(495)689-95-10.
E-mail: 013-200@tmnpo.ru

Синякова Татьяна Ивановна –
инженер-технолог 1 категории ФГУП «НПО
«Техномаш» им. С.А. Афанасьева.
Тел.: 8(495)689-95-10.
E-mail: 013-200@tmnpo.ru

Кузин Григорий Владимирович –
специалист ФГУП «НПО «Техномаш»
им. С.А. Афанасьева.
Тел.: 8(495)689-95-53.
E-mail: gricha-kuzin@mail.ru

Beshekov Vladimir Glebovich –
Doktor Nauk in Engineering, Principal researcher
of FSUE «NPO «Technomash» named
after S.A. Afanasyev.
Tel.: +7 (495)689-95-10.
E-mail: 013-200@tmnpo.ru

Sinyakova Tatiana Ivanovna –
Category 1 Process Engineer
of FSUE «NPO «Technomash» named
after S.A. Afanasyev.
Tel.: +7 (495)689-95-10.
E-mail: 013-200@tmnpo.ru

Kuzin Grigory Vladimirovich –
Specialist of FSUE «NPO «Technomash»
named after S.A. Afanasyev.
Tel.: +7 (495)689-95-53.
E-mail: gricha-kuzin@mail.ru

♦ КОНТРОЛЬ И ДИАГНОСТИКА В МАШИНОСТРОЕНИИ

УДК 629.7.054:621.7.08

Хруцкая М.В., Камалдинов А.М.

Технология контроля предварительной осевой нагрузки шарикоподшипниковых опор роторов гироскопов систем ориентации и навигации изделий РКТ

M.V. Khrutskaya, A.M. Kamaldinov

Technology for controlling the central preload of ball-bearing supports of gyroscope devices rotors for aerospace products orientation and navigation systems

В статье обсуждаются технологии контроля предварительной осевой нагрузки шарикоподшипниковых опор роторов силовых гироскопических приборов (силовых гироскопов и двигателей-маховиков) и представлено специализированное оборудование для их реализации.

Ключевые слова: силовой гироскоп, двигатель-маховик, шарикоподшипниковая опора, предварительная осевая нагрузка.

The article discusses technologies for central preload control of ball-bearing supports of power gyroscopic devices rotors (powered gyroscopes and reaction wheels) and presents specialized equipment for their implementation.

Keywords: powered gyroscope, reaction wheel, ball-bearing support, central preload.

Одним из основных требований к гироскопам систем стабилизации и навигации изделий ракетно-космической техники (РКТ) – двигателям-маховикам (ДМ) и силовым гироскопам (СГ) – является стабильность и долговечность их штатного функционирования.

Большинство современных СГ и ДМ являются электромеханическими устройствами с быстро-вращающимися на шарикоподшипниковых (ш/п) опорах роторами, от стабильности положения которых во многом зависит качество, точность и долговечность гироскопа.

Одним из способов обеспечения стабильности является введение предварительной осевой нагрузки в шарикоподшипниковом узле устройства. Целью выставки предварительной осевой

нагрузки является уменьшение осевого смещения центра масс ротора, из-за которого в гироскопическом приборе возникают погрешности.

Важно отметить, что в условиях невесомости сформированная при изготовлении осевая нагрузка является основной постоянно действующей внешней нагрузкой на шарикоподшипниковый узел [1], и в этой связи технологические операции выставки и контроля осевой нагрузки шарикоподшипников в процессе их сборки являются крайне ответственными, при этом:

– избыточная величина осевой нагрузки может приводить к чрезмерному нагреванию подшипников, недопустимому износу тел и дорожек качения, загрязнению смазки и, в конечном итоге, к преждевременному износу, что отрицательно



Рис. 1. Методы контроля предварительной осевой нагрузки

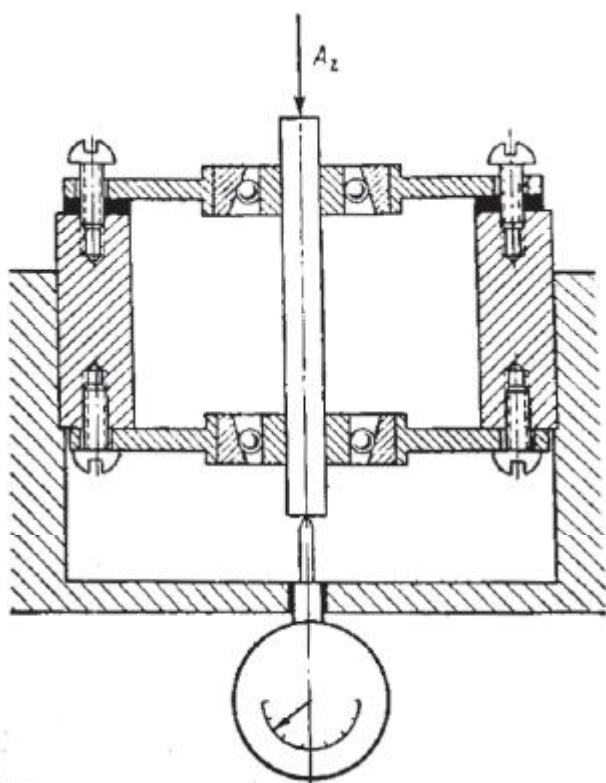


Рис. 2. Схема выставки и контроля предварительной осевой нагрузки A_z в шарикоподшипниковой опоре

отражается на надежности и долговечности всего giroприбора;

– слишком малая величина предварительной осевой нагрузки приводит к снижению точности, увеличению амплитуды вибраций, что также отрицательно сказывается на точности функционирования giroприбора.

Известны несколько методов контроля предварительной осевой нагрузки (рис. 1).

Прямой метод измерений основан на измерении величины упругого смещения ротора в осевом направлении относительно неподвижного узла под действием силы, равной величине предварительной осевой нагрузки, и используется как для контроля открытых изделий в статическом положении, так и для выставки предварительной осевой нагрузки (рис. 2).

Остальные методы (рис. 1) являются косвенными методами контроля.

Метод контроля предварительной осевой нагрузки по времени свободного движения по

Таблица 1. Технические характеристики стенда СКОН

Характеристики	Значения
Погрешность определения собственной частоты колебаний ротора, Гц, не более	0,5
Максимальное время определения собственной частоты, ч., не более	1
Рабочий диапазон частот, Гц	20...2000
Масса контролируемых гиросприборов, кг, не более	3
Давление, атм.	0,1...1,0
Температура, °С	+20...+50

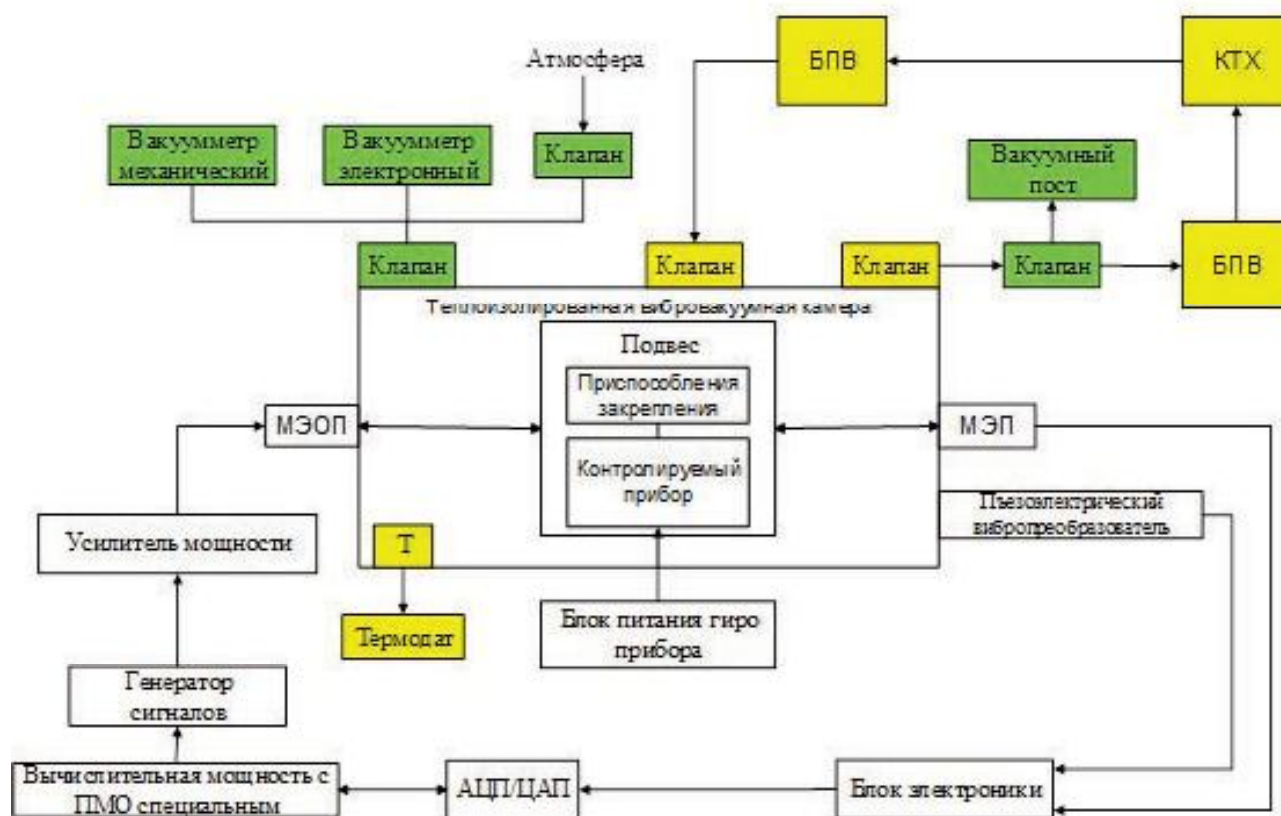


Рис. 4. Общая функциональная схема стенда СКОН

В табл. 1 приведены основные технические характеристики стенда СКОН [4], а на рис. 4 и 5, соответственно, функциональная схема и общий вид опытного образца стенда.

Общий состав оборудования включает в себя: напольный испытательный стенд СКОН (рис. 5) и стойку с электронно-вычислительным оборудованием.

Механическая часть стенда СКОН включает:

- теплоизолированную вибровакuumную камеру;
- систему вакуумирования и контроля вакуума;
- систему терморегулирования;
- систему создания вибраций;
- систему измерения вибраций.



Рис. 5. Опытный образец стенда контроля осевой нагрузки СКОН

В *теплоизолированной вибровакuumной камере* расположена подвесная система с приспособлениями для установки контролируемого гиросприбора – силового гироскопа или двигателя-маховика.

Система вакуумирования и контроля вакуума предназначена для вакуумирования полости камеры стенда СКОН и измерения давления внутри камеры; механическая часть системы вакуумирования и контроля вакуума состоит из теплоизолированной вакуумной камеры и крышки, поднимаемой и опускаемой актуаторами, клапанов, соединяющих полость камеры стенда СКОН с вакуумным насосом, датчиком давления и атмосферой.

Система терморегулирования предназначена для установки в полости камеры стенда СКОН необходимого режима по температуре. Механическая часть системы терморегулирования состоит из теплоизолированной вакуумной камеры и крышки, датчика температуры и термопары, клапанов, соединяющих камеру тепла и холода (КТХ) с блоком принудительной вентиляции (БПВ).

Система создания вибраций предназначена для создания вибрационного воздействия на подвесную систему с установленным гиросприбором.

Основной элемент механической части системы создания вибраций – магнитоэлектрический обратный преобразователь (МЭОП), конструктивно связанный с подвесной системой и электрически – через электронную часть с программным обеспечением для создания вибрационного воздействия.

Система измерения вибраций предназначена для измерения и преобразования выходного сигнала с магнитоэлектрического датчика виброскорости (МЭП) и сигналов пьезоэлектрических вибропреобразователей виброускорений в напряжение, пропорциональное внешнему воздействию.

Программное обеспечение стенда управляет вибрационными воздействиями, регистрирует их и обеспечивает возможность оперативного просмотра результатов измерений.

Рабочее окно представления результатов измерений приведено на рис 6:

- по шкале слева осуществляется выбор измерений: амплитуды воздействия, амплитуды с датчиков виброскорости и виброускорения, их фазы и отношения амплитуд;
- в центре окна отображается графическое представление соответствующих измерений.

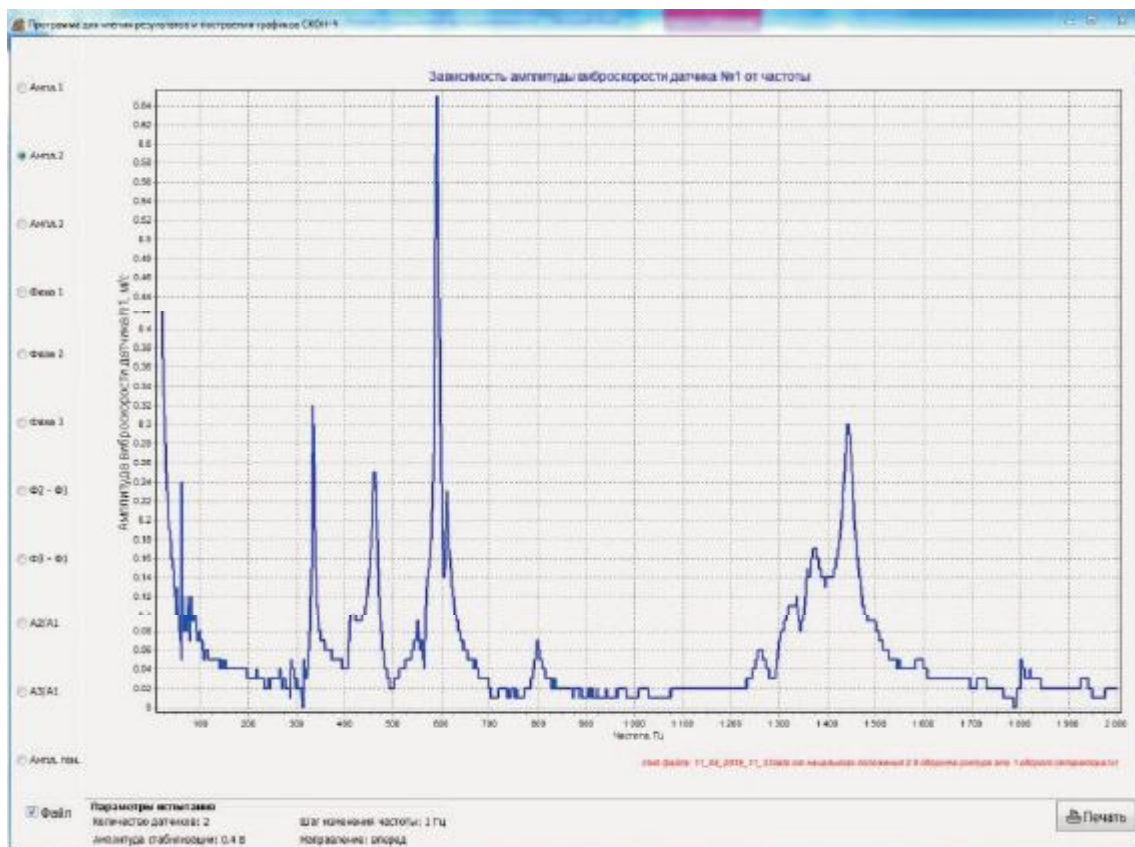


Рис. 6. Представление результатов измерений

В заключение приведены (табл. 2) этапы сборки гироскопов, на которых рекомендуется контролировать параметры гироскопов в обеспечение требуемых их выходных характеристик.

Таблица 2. Этапы сборки силовых гироскопов и двигателей-маховиков, после которых необходимо контролировать осевые нагрузки

Этапы сборки	
контролируемые параметры	условия оценки контролируемых параметров
Предварительная сборка	
предварительная осевая нагрузка	контроль при вращении ротора контроль при разных температурах
собственная осевая частота	
Чистовая сборка	
предварительная осевая нагрузка	контроль при вращении ротора контроль в нормальных условиях
собственная осевая частота	
Сварка стяжки	
предварительная осевая нагрузка	контроль при вращении ротора контроль при разных температурах
собственная осевая частота	
Сварка кожуха	
собственная осевая частота	контроль определения осевой собственной частоты в нормальных условиях контроль при вращении ротора

Библиографический список

1. Технологические резервы увеличения долговечности силовых гироскопов и двигателей-маховиков / М.В. Хруцкая, А.М. Камалдинов // Прогрессивные разработки учёных – изделиям РКТ. Сборник научных трудов, посвященный 75-летию ФГУП «НПО «Техномаш» – Москва: Фолиум, 2013. – С. 180–185.
2. Теоретическое исследование границ допустимого осевого натяга в опорах типовых конструкций гиросмоторов. Отчет по НИР, инв. В825168/ Богатырев Э.Г., Бальмонт В.Б., Моргунов Г.Н.// МВТУ им. Н.Э. Баумана, 1980. – 140 с.
3. Патент на изобретение 2608719 Российская Федерация, МПК G01M 13/00. Стенд контроля осевой нагрузки узла шарикоподшипниковых опор роторов силовых гироскопов и двигателей-маховиков / Камалдинов А.М., Хруцкая М.В., Сурженко М.С., Виноградов Д.В., Канунникова Л.В.; заявитель и патентообладатель ФГУП «НПО «Техномаш». № 2015141581; заявл. 10.01.2015; опубл. 01.23.2017.
4. Информационный паспорт 201/17. ФГУП «НПО «Техномаш». – инв. ТМБД.П-1.175. – 5 с.

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

Камалдинов Альберт Мубаракovich –
кандидат технических наук, начальник отделения
технологии производства гироскопов и приборов
точной механики ФГУП «НПО «Техномаш» им.
С.А. Афанасьева.
Тел.: +7 (495) 689-95-67.
E-mail: 260@tmnpo.ru

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

Kamaldinov Albert Mubarakovich –
PhD in Engineering sciences, head of the gyroscope
manufacturing technology and precision mechanics
instruments department of FSUE «NPO «Technomash»
named after S.A. Afanasyev.
Tel.: +7 (495) 689-95-67.
E-mail: 260@tmnpo.ru

◆ СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ РКП

УДК 629.7:339.137

Афанасьев М.В.

Технологическое развитие отрасли как часть промышленной политики в условиях конкуренции: механизмы и инструменты оценки

Afanasyev M. V.

Process Development of the Industry as Part of Industrial Policy in a Competitive Environment: Mechanisms and Assessment Tools

Необходимым условием для реализации промышленной политики в отрасли является создание системы мониторинга технологического состояния производственного потенциала предприятий и интегрированных структур. Такие механизмы, как отслеживание экономических показателей операционной деятельности предприятий, сопровождение производственных процессов и оценка готовности (зрелости) технологий, не достаточны для принятия решений по технологическому развитию. Предложена методология мониторинга на основании оценки уровня технологий по переделам в соответствии с введенной классификацией. Показано, что применение единой метрики технологической оценки разных объектов и субъектов экономической деятельности представляет широкие возможности для анализа и моделирования инновационного развития предприятий отрасли.

Ключевые слова: промышленно-технологическая политика, технологический паспорт, технологический передел, качество технологии, технологический уклад, уровень технологий, оценка Технологий, инновационное развитие, инновационная скорость.

A necessary condition for the implementation of the industrial policy in the industry is the engineering of a system for the process state monitoring of the production potential of enterprises and integrated structures. It is emphasized that such mechanisms as tracking the economic indicators of the operational activities of enterprises, production processes support, and assessing the readiness (maturity) of technologies are not sufficient for making decisions on process development. A monitoring methodology based on the technology level assessment for process stages in accordance with the introduced classification is proposed. It is shown that the use of such a unified metric of process assessment of various objects and subjects of economic activity provides wide opportunities for the analysis and modeling of the innovation-driven development of industry enterprises.

Keywords: industrial and processing policy, process data sheet, process stage, quality of technology, process paradigm, technology level, technology assessment, innovative development, innovation rate.

В настоящее время мировая промышленность в лице технологически развитых стран и мировых фирм-лидеров продолжает освоение

VI технологического уклада. Россия, успешно включаясь в разработку технологий VI уклада, находится пока на стадии массового освоения

технологий V (информационного) уклада (т.е. отставание в 7–12 лет). Российская ракетно-космическая промышленность (РКП), хотя и относится к наиболее технологически развитым отраслям промышленности, также существенно отстает от передовых авиакосмических фирм мира, о чем говорит низкий уровень производительности труда (в разы меньше, чем у авиакосмических компаний США и Европы) и фондовооруженности. Таким образом, ключевым вопросом развития РКП и содержанием ее промышленно-технологической политики на ближайшие годы становится сокращение технологического отставания, по крайней мере в тех технологиях и компетенциях, которые определяют конкурентоспособность и безопасность страны.

Понятие «промышленная политика» введено в обиход российской экономической науки об управлении в конце 90-х годов прошлого века и подразумевало весь комплекс мер, правил и механизмов государственного воздействия на промышленность [1]. На корпоративном уровне в условиях, устоявшихся на верхнем уровне мер и правил, круг механизмов влияния существенно сокращается и в конечном итоге сводится к определению приоритетов инвестиционной политики при развитии технологий и направлению финансовых потоков. По-крупному, централизованная промышленно-технологическая политика в Госкорпорации «Роскосмос» заключается в определении приоритетов развития и финансирования технологий, компетенций и производств, т.е. в определении тех технологий, компетенций и экономических субъектов (интегрированных структур – ИС), предприятий и отдельных производств), которым в той или иной степени оказывается централизованная поддержка (из бюджета или фондов Госкорпорации «Роскосмос») и тех субъектов и компетенций, которые такой поддержкой пользоваться не будут. Совсем упрощая, имея определенные ограниченные объемы бюджетных средств (по направлениям «капитальные вложения» и «технологические НИР»), выделяемых Госкор-

порации «Роскосмос» в разных федеральных целевых программах, мы должны определить, на какие субъекты, какие центры компетенции, какие технологии направить эти средства и в каких соотношениях. Идеология такого распределения должна быть единой для Госкорпорации «Роскосмос» и, по меньшей мере, при применении системного подхода исключать параллелизм и дублирование за государственный счет.

При сложившемся в настоящее время в отрасли явном превышении центров технологических и производственных компетенций (в отрасли более 60 относительно самостоятельных и территориально обособленных производственных площадок) над количеством финальных товарных единиц (около 20), технологическое развитие отрасли неизбежно будет переплетено с оптимизацией производственного потенциала, т.е. с сокращением и локализацией центров компетенций, ликвидацией экономически неоправданного дублирования технологий, пересмотром кооперационных связей, закрытием неэффективных производств, слияниями и поглощениями организационных структур внутри Госкорпорации «Роскосмос».

Для промышленности, в лице созданной Госкорпорации «Роскосмос», и для космической отрасли в целом возникают два основных вопроса: развитием каких направлений (технологий в широком смысле) можно пренебречь и не развивать за счет госбюджета или внутренних фондов Госкорпорации «Роскосмос», пользуясь (с учетом требований безопасности) достижениями других стран и отраслей (и поддерживать их в основном за счет внутренних средств предприятий), а какие научные направления и производственные технологии являются для развития отрасли и страны ключевыми, перспективными, определяющими компетенции Госкорпорации «Роскосмос» и ее конкурентоспособность на мировом космическом рынке, а значит требующими централизованного инвестирования. Принятие таких решений в разрезе новой организационной структуры Госкорпорации «Роскосмос» и является сутью промышленно-технологической

политики. Особенность также состоит в том, что операционная деятельность всей промышленности по текущему выпуску серийных изделий

Промышленная политика для Госкорпорации «Роскосмос»

При определении целей промышленно-технологической политики Госкорпорации «Роскосмос» возникают две альтернативы:

– при первой альтернативе цель как технологическая составляющая целей в целом – улучшать свое технологическое положение на фоне мировых конкурентов. Тогда, обладая наилучшими технологиями, Госкорпорация «Роскосмос» будет технологически готова к выполнению госзаказа любой на сегодняшний день новизны и сложности и к конкурентной борьбе на коммерческом космическом рынке. Для этого естественно потребуются инвестиции в её технологическое развитие.

Также возникает проблема в определении приоритетов этого развития, определении первоочередных технологий для их совершенствования и финансирования за государственный счет, то есть для осуществления осмысленной корпоративной технологической политики в условиях, когда инвестируются из бюджета проекты и предприятия. Важно подчеркнуть, что это определение приоритетов технологической политики должно идти в разрезе технологических направлений, а не в разрезе проектов или предприятий. Корпоративная технологическая политика заключается в знании мировых тенденций развития технологий, лучших компетенций и практики, а также в организации финансирования развития этих компетенций (в частности, технического перевооружения передовых на предприятиях отрасли) для движения именно в направлении освоения и внедрения передовых технологий и мировых достижений.

Этот подход и можно назвать по следовательной централизованной промышленно-технологической политикой, при которой технологическое развитие опережает конструкторскую мысль, состояние технологий позволяет решать

ракетно-космической техники (РКТ) должна будет поддерживаться и обеспечиваться в безусловном режиме.

все новые и новые целевые задачи. В результате такой политики отрасль постепенно может сократить технологическое отставание от передовых фирм лидеров авиакосмического машиностроения;

– другая альтернатива заключается в решении более узкой задачи – обеспечения производственно-технологической готовности отрасли к выполнению текущего госзаказа. В этом случае капитальные вложения и финансирование научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) выделяются только под обеспечение производства серийных и нечастой разработки новых изделий госзаказа.

Тогда всякое новшество в госзаказе (новое изделие, новый проект) должно быть сопровождено дополнительным финансированием для внедрения новых технологий для нового изделия. То есть фактически, в каждый момент времени отрасль оказывается не готовой к выпуску новых изделий, опаздывает в технологическом плане за конструкторской мыслью. Такой подход называется в стратегическом менеджменте «реактивный» [2], то есть означает «технологическую реакцию» на новые задачи, он непродуктивен, т.к. всегда ставит в положение догоняющего, мы разрабатываем и внедряем технологии для решения возникающих узких текущих задач. Реактивный подход экономит деньги, но, в конечном счете, сильно увеличивает время реализации проектов и способствует накоплению технологического отставания. Если при этом поставленные задачи имеют не самый высокий уровень, то получается двойное технологическое отставание: известные, уже освоенные другими целевые задачи решаются на устаревших производственных технологиях. Например, создание конкурентоспособного российского авиалайнера уже невозможно без применения деталей

из композитных материалов, технологии создания и производства которых пришлось создавать в России заново. Понятно, что если говорить о производственных технологиях, то среди их многообразия есть те, которые сильно влияют на качество и конкурентоспособность производимой продукции (инновационные, прорывные), а есть мало влияющие, потому что они повсеместно освоены, давно применяются и их усовершенствование не может принципиально изменить качество и цену продукта. Например, дальнейшее усовершенствование в механообработке деталей из металлов (скорость резания, точность) принципиально не меняет свойства конечной продукции. Тут надо отметить, что технологии организации производства, контроля, логистики, сборки (то, что условно называется корпоративной производственной системой и то, что традиционно отстает на российских предприятиях), относятся как раз к тем технологиям, глубокое освоение которых необходимо обеспечить в первую очередь. При этом без достижения определенного среднего уровня в организационных технологиях (то, что называется «современное производство») невозможно разви-

тие и других (может быть наилучших в мире) технологий, переделов, установок, так как от этого уровня будет зависеть итог объединения всех других производственных технологий, в том числе прорывных, в единую производственную систему.

Промышленно-технологическая политика невозможна без объективной оценки развития технологий на предприятиях отрасли. Какие бы приоритеты и принципы не ставили перед собой органы Госкорпорации «Роскосмос», ответственные за централизованную промышленную политику, какие бы проекты не реализовывались в рамках этой политики (помогать успешным, сохранять и возрождать утраченные и слабые компетенции, ликвидировать неэффективные и т.д.) им всегда будут необходимы:

- знания о состоянии производственно-технологического потенциала предприятий и центров компетенции (мониторинг);
- налаживание обратной связи от предприятий о результатах проведения такой централизованной промышленной политики (т.е. результативности и эффективности капитальных вложений и НИР).

Об организации мониторинга технологического состояния производственного потенциала предприятий Госкорпорации «Роскосмос».

Необходимо отметить, что за последние 10–20 лет централизованные знания о состоянии производственного потенциала отрасли во многом утеряны. Это объясняется причинами:

1. В функции Федерального космического агентства (Роскосмос) в 2005–2014 годах не входило осуществление централизованной промышленной политики. Победило ошибочное мнение, что предприятия будут способны поддерживать должный уровень технологического потенциала самостоятельно, получая господдержку в виде капитальных вложений по своим заявкам. Однако, тактические цели каждого предприятия по выполнению задач госзаказа не работали на отрасль в целом и привели к несистемному техническому перевооружению по принципу латания дыр для обеспечения текущего производства.

2. Отсутствие востребованности вызвало распад всей инфраструктуры и механизмов мониторинга и экспертного сообщества.

3. Устаревшим методическим аппаратом для мониторинга производственного состояния предприятий, разработанным для целей и условий планового хозяйствования в 70-х годах прошлого века и старых технологических укладов, главным звеном которого была оценка загрузки металло-режущего оборудования. Мониторинг технологического развития долгое время подменялся мониторингом эффективности деятельности предприятия (производительности труда, темпов роста объемов), то есть показателями роста, которых обеспечивался другими факторами.

Из сказанного можно сделать вывод, что постоянный мониторинг производственного потенциала

предприятий Госкорпорации «Роскосмос» необходимо возродить на принципиально новой методической основе. При этом необходимо четко определить, какой орган будет заказчиком этого мониторинга, т.е. кто в Госкорпорации «Роскосмос» будет практически осуществлять промышленно-технологическую политику.

Методологически необходимо подчеркнуть, что анализ экономических показателей операционной деятельности предприятия, сконцентрированных в формах современного паспорта предприятия, недостаточен для проведения промышленно-технологической политики. Мониторить нужно не состояние экономики предприятия и не эффективность его деятельности, а состояние производственно-технологического потенциала и темпы его развития.

В [3] автором предложены методологический подход к классификации космических технологий (по трем группам: собственно космические технологии, то есть технологии эксплуатации РКТ; технологии производства РКТ и технологии разработки РКТ) и основанная на этой классификации методика мониторинга технологического развития предприятий (с составлением «технологического паспорта»).

Напомним, что в соответствии с данным подходом в результате оценки состояния каждого технологического направления (каждого передела) предприятия по определенной методике (различной для трех групп технологий) мы получаем «технологический паспорт» с данными о количестве и качестве технологий, имеющихся на предприятии в разрезе классификационных групп. Такой обобщенный технологический паспорт может быть оцифрован в виде двух «технологических векторов», компонентами которых являются соответственно количественные и качественные характеристики технологий в разрезе переделов и направлений. Остановимся подробно на вопросе оценки.

Проблема оценки технологий в научной литературе носит характер многогранный и противоречивый, что связано с расплывчатостью

самых понятий качества и технологии. Известно большое количество методических подходов к мониторингу и оценке. Главное в том, что при разных целях технологического развития применяются различные системы мониторинга. Если мы ставим перед собой первую (см. выше) цель – движение к ней надо измерять показателем, измеряющим наше отставание от передового мирового уровня технологий по данному направлению; если вторую – нас не интересует уровень технологий – устаревшая она или совсем новая – важно, что она освоена, и можем ли мы эффективно применить ее в производстве. Таким образом, любая технология на предприятии характеризуется, по меньшей мере, тремя качественными показателями: ее качеством с точки зрения предприятия, новизной по общемировой шкале («высотой») и степенью внедрения или готовностью, или зрелостью.

Здесь возникает несколько принципиально разных задач оценки как самой технологии: задача оценки уровня (новизны, «высоты») технологии, ее качества для потребителя-конкретного предприятия (полезности, применимости, эффективности), так и оценки предприятия с точки зрения его технологического развития (уровень технологического развития как интегральная оценка уровня применяемых технологий; TRL-оценка – как оценка освоенности определенной технологической группы, полнота освоения стандартного среднего по отрасли набора технологий; оценка качества технологического потенциала через среднюю стоимость рабочего места, фондовооруженность одного рабочего и средний возраст оборудования).

С развитием научно-технического прогресса положение предприятия хорошо иллюстрирует математическая парадигма необходимости и достаточности. Действительно, технологии, внедряемые на предприятии, должны быть более эффективны, чем имеющиеся, освоены и пригодны для производственного процесса (иначе, зачем их внедрять?), но этого недостаточно для движения предприятия вперед. Достаточным условием

инновационного развития является, что эти внедряемые технологии имеют более высокий, сравнимый с лучшими мировыми достижениями уровень. Шкала уровней технологий, предлагаемая нами, по смыслу переключается с классификацией технологий по укладам Глазьева-Яковца [4, 5], основанной на идее цикличности технологического процесса развития по Шумпетеру-Кондратьеву. По этой теории новые, более «высокие» технологии появляются и заменяют старые постоянно, а циклы отражают лишь изменения интенсивности их появления. Следуя подходам Глазьева, уровнем технологии можно считать ее новизну, то есть срок, прошедший с начала ее промышленного освоения.

Таким образом, при управлении технологическим и инновационным развитием отрасли

Оценка уровня

Прежде чем рассматривать конкретные методики, отметим несколько принципиальных моментов:

– TRL-оценка, часто предлагаемая для использования в практике технологического планирования [7], – уровень готовности или зрелости технологий – это не характеристика самой технологии, ее качества, трудо- и материалоемкости, новизна, «прорывность», перспективность, а характеристика состояния пары технология-предприятие. Освоенность, готовность для использования в производстве одной и той же технологии на разных предприятиях может быть разной, а значит показатель TRL-оценки – функция двух аргументов – предприятия и технологии;

– применительно к собственно космическим технологиям и технологиям разработки РКТ TRL-оценка моделирует процесс разработки и создания изделия или технологии и измеряет готовность проекта (комплекса или технологии в широком смысле), но никак не его качество, как бы мы ни понимали измерители этого качества. Поэтому, задача органа корпоративного технологического управления не контролировать

и интегрированных структур необходимо отслеживать не столько качество (то есть пригодность, эффективность) и готовность, а именно уровень производственных технологий. Оценка эффективности и готовности технологий без оценки ее уровня (то есть без сравнения с наилучшими достижениями) приводит к постепенному накоплению технологического отставания от конкурентов.

Следует отметить, что технологический аудит, проводимый при разработке ПИР ИС ОПК в соответствии с «Методическими указаниями по разработке ПИР для ИС оборонно-промышленного комплекса», введенными Минпромторгом России [6], по сути дела также является механизмом мониторинга уровня технологий.

готовность комплекса как технологии или создания технологии как части комплекса – это функции целевых управлений Госкорпорации «Роскосмос», функции главных конструкторов.

Функции технологического управления и технологического института в оценке уровня создаваемых и имеющихся технологий в этом проекте – надо перед выделением государственных денег убедиться: не создаем ли мы очередной «велосипед», обладают ли центры компетенции на предприятиях новейшими или устаревшими технологиями и готовы ли они при выпуске продукции применять технологии высокого уровня;

– надо отличать и не смешивать понятия качество технологии и ее «уровня».

По определению «качество – совокупность свойств объекта (в нашем случае технологии), важных для потребителя». [6]. При этой оценке важна позиция потребителя-покупателя технологии, то есть руководителя-производственника или разработчика. В этом смысле технология, которая обеспечивает, например, эффективное производство текущего товара, с точки зрения директора производства, вполне качественная. С точки зрения совета директоров, который

оборудования). Для более подробного обследования производственных технологий можно использовать методику, разработанную во ФГУП «НПО «Техномаш» [8].

Тогда $И_{оп}$ – показатель уровня технологий предприятия (ИС); считается по формуле:

$$И_{оп} = \left(\frac{\sum_{i=1}^k y_i n_i}{\sum_{i=1}^k n_i} \right) 100\%, \quad (1)$$

где: k – количество технологических групп (технологических переделов) ($k=17$); n_i – числен-

Использование технологических векторов

Как уже отмечалось [7], группам товаров и соответствующим отраслевым товарным рынкам присущи свои наборы технологий (технологии двигателестроения, электроники, текстильной промышленности и т.д.), а среди данных наборов имеется более узкий набор специфических, определяющих отраслевых технологий. Развитие определенного отраслевого товарного рынка, простое расширение или появление на нем новых более совершенных видов товаров вызывает соответственно и развитие этих отраслевых технологий; стагнация рынка и сокращение его емкости приводит к утрате устаревших технологий (плёночные технологии в кино- и фотоиндустрии, платформенная гироскопия). Как правило, широко распространенные технологии долгоживущи (металлорежущие станки, прессы, сборка), а не нашедшие широкого распространения умирают быстрее. То есть перспективность технологии, означающая широту ее будущего распространения, предполагает и ее будущее долголетие. Если за единицу технологического набора брать машиностроительный передел в соответствии с классификацией машиностроительных технологий [4], то каждая технология производства любого товара определенного типа (производственный процесс) характеризуется двумя векторами (наборами), каждая компонента первого набора есть затраты времени определенного технологического передела, необходимых для производства единицы

товара, компоненты второго набора – оценка уровня технологий в данном переделе. На практике каждому изделию в машиностроительном производстве соответствует вектор трудоемкости по группам работ. Эти данные можно найти в форме 4.3 паспорта предприятия. Второй набор как раз характеризует уровень технологий в разрезе переделов.

Если взвесить технологические наборы по изделиям в соответствии с долей этого товара на рынке и усреднить по всей номенклатуре рынка, получим усредненный технологический вектор для группы товаров или для товарного рынка. Например, набор технологий для авиационной промышленности. Вообще говоря, данный набор не будет совпадать с набором имеющихся в отрасли технологий-переделов. Как по причине неполной и неравномерной загрузки переделов при выполнении конкретной программы, так и по более глубокой причине – при осреднении по всей отрасли (с учетом передовых мировых фирм) соотношение технологических переделов будет не такое, как на уровне нашего предприятия и нашей отрасли. Это различие как раз и говорит об отличии или об отставании от передовых практик. То есть отраслевой набор технологий, осредненный по всему периметру мировой отрасли (мирового авиационного строения, например), имеет другую структуру, очевидно более современную, чем набор осредненный по предприятиям

российским, так как учитывает передовые фирмы. Ключевым моментом при применении этой методики является создание классификационного перечня технологий для оценки (то есть выбор компоненты технологического вектора), он обязательно должен быть полон и непротиворечив, содержать группы технологий быстро развивающихся, их рассмотрение должно быть более подробным.

Парой технологических векторов – вектором структуры переделов и вектором их уровня, можно характеризовать как конкретный товар и технологические потребности товарного рынка, так и состояние технологического потенциала предприятия и Госкорпорации «Роскосмос». Оценка технологического уровня в единой метрике позволяет решать целый ряд задач развития Госкорпорации «Роскосмос». Поскольку вектор качества технологий исчерпывающе и полно характеризует качество потенциала предприятия, то его изменение и показывает инновации в потенциале. В этом смысле инновационное развитие потенциала предприятия как раз и означает внедрение новейших производственных технологий и быстрое изменение вектора качества технологий. Наиболее общим экономическим показателем качества потенциала технологического развития предприятия предлагается считать среднегодовую фондовооруженность ОПР по активной части ППОФ, а первую производную качества рассматривать как инновационную скорость – скорость изменения качества.

Выводы

Для достижения целей Госкорпорации «Роскосмос» по повышению конкурентоспособности изделий РКТ важнейшим инструментом является централизованная промышленно-технологическая политика. Необходимым условием для ее реализации является создание системы мониторинга технологического состояния производственного потенциала предприятий и ИС. Подчеркнуто, что ни отслеживание экономических показателей операционной деятельности предприятий, ни сопро-

с этой точки зрения поддается оцифровке и такое понятие как «инновационность экономического объекта» (то есть способность к осуществлению инноваций, накопленная «инновационная энергия») – это вторая производная показателя качества. Действительно, «энергия» – это способность развить большую инновационную скорость, то есть быстро улучшить качество.

Кроме выявления вектора отставания от среднерыночного (мирового) вектора технологий, методика многофакторного сравнения технологических векторов дает инструмент для определения тенденций развития. Важным направлением является выявление различной скорости развития технологий на данном товарном рынке. Для этого надо сравнивать изменения рыночного технологического вектора за период времени и изменения отраслевого технологического вектора. Темпы изменения структуры среднеотраслевого вектора будут меньше изменения структуры передовых фирм и усредненного рыночного вектора. Разные темпы изменения компонент показывают перспективность или стагнацию конкретных технологий для данного рынка. Более того, в иерархии взаимосвязанных рынков темпы развития присущих им технологий могут быть также различны и не совпадать с темпами роста их емкости и объемов продаж. Вопрос взаимного влияния темпов технологического развития и темпов развития товарных рынков заслуживает отдельного рассмотрения.

вождение производственных процессов, ни оценка готовности технологий не достаточны для принятия решений по технологическому развитию. Предлагается методология мониторинга на основании оценки уровня технологий по переделам. Показано, что ввод такой единой метрики технологической оценки разных объектов и субъектов экономической деятельности представляет широкие возможности для анализа и моделирования инновационного развития предприятий и ИС отрасли.

Библиографический список

1. Кузык М., Симачев Ю., Погребняк Е. Промышленная политика: современный контекст и особенности российской практики. Доклад. XIX Апрельская международная научная конференция по проблемам развития экономики и общества. – НИУ ВШЭ, 2018. – 17 с.
2. Ансофф И. Стратегическое управление. – М.: Экономика, 1989. – 400 с.
3. Афанасьев М.В. Структурная перестройка экономического объекта. Методы, модели, алгоритмы: Монография. – М.: Спутник +, – 2014. – 216с.
4. Афанасьев М.В., Чурсин А.А.. Реформирование и развитие ракетно-космической промышленности России. Методы, концепции, модели. – М.: Спектр, 2014. – 451 с.
5. Глазьев С.Ю. Современная теория длинных волн в развитии экономики // Экономическая наука современной России. – 2012, № 2. – С. 27–42.
6. Огвоздин В. Ю. Управление качеством. Основы теории и практики: Учебное пособие, 6-е издание. – М.: Дело и Сервис, 2009. – 304 с.
7. ГОСТ Р 58048-2017 Трансфер технологий. Методические указания по оценке уровня зрелости технологий. – М.: Стандартинформ, 2009 – 304 с.
8. Методика технологического обследования предприятий отрасли. НТО по НИР «Инвестиции – КС-РКП». ФГУП «НПО «Техномаш». – 2018. – 256 с.

Афанасьев Михаил Васильевич –
канд. эконом. наук, академик РАКЦ, бизнес-
аналитик ФГУП «НПО «Техномаш»
им. С.А. Афанасьева.
Тел.: 8 (495) 589-00-24, доб. 23-91.
E-mail: M.Afanasyev@tmnpo.ru

Afanasyev Mikhail Vasilievich –
Ph.D. in Economic sciences, Academician of Russian
Academy of Cosmonautics named after Tsiolkovsky,
Business Analyst of FSUE «NPO «Technomash»
named after S.A. Afanasyev.
Тел.: 8 (495) 589-00-24, extension number 23-91.
E-mail: M.Afanasyev@tmnpo.ru

УДК 629.78

Пантелеев К.Д., Рахмилевич Е.Г., Юрцев Е.С.

Общесистемный подход к формированию приоритетных направлений развития промышленных технологий

Panteleev K.D., Rakhmilevich E.G., Yurcev E.S.

A system-wide approach to forming priority development areas for the development of industrial technologies

В контексте становления и развития методов управления вновь разрабатываемых и (или) модифицируемых сложных наукоемких изделий ракетно-космической техники, претендующих на роль конкурентоспособных на мировом рынке высоких технологий, изделий, товаров и услуг, сформулирован общий научно-методологический подход к задаче выявления, анализа и выбора наиболее перспективных направлений развития промышленных технологий их создания, предложены методология выявления, анализа и выбора возможных и существующих альтернатив направлений фундаментальных исследований в целях обеспечения «прорывного» развития промышленных технологий изготовления космических средств на долгосрочную перспективу, методология формирования критерия предпочтения, ранжирования и многокритериального выбора наиболее приоритетных альтернатив фундаментальных исследований.

Ключевые слова: промышленные технологии, фундаментальные исследования, ракетно-космическая техника.

Nowadays, the role of the establishment and development of methods for performance indicators management of advanced knowledge-intensive aerospace products is especially important. This will make it possible to claim the role of high technologies, products, goods and services that are competitive in the world market. In this context, a general scientific and methodological approach to the problem of identifying, analyzing and choosing the most promising areas for the development of manufacturing technologies for their creation has been formulated. A methodology for identifying, analyzing and choosing alternatives for the areas of fundamental research in order to ensure the disruptive development of manufacturing technologies for the space vehicles production for the long term is proposed. The methodology for criterion formation of preference, ranking and multi-criteria selection of the most priority alternatives of fundamental research is considered.

Keywords: industrial technologies, fundamental research, aerospace.

Введение

С учетом тенденций ужесточения требований к тактико-техническим характеристикам (ТТХ) изделий ракетно-космической техники (РКТ), сокращения сроков и затрат жизненного цикла изделий (ЖЦИ) РКТ особое значения приобретает фактор своевременности выявления и от-

бора эффективных критических технологий, обеспечивающих опережающее развитие изделий РКТ с показателями технического уровня (ТУ) не ниже мировых.

При этом необходимо особо подчеркнуть, что повышение эффективности программ освоения

перспективных РКТ, преодоление недостатков методов и негативного влияния факторов перехода к производству перспективных изделий РКТ в настоящее время невозможно без внедрения системы опережающего технологически ориентированного проектирования и отработки новых изделий за счет развития критически важных и прорывных технологий путем выявления и многокритериального отбора прорывных исследований на базовых фундаментальных достижениях науки [1, 2].

Процесс выявления, анализа и выбора приоритетных направлений развития промышленных технологий изготовления изделий РКТ рассматривается как единая сложная система прогностических исследований, направленная:

- на установление перечня возможных (формирующихся) и существующих альтернатив фундаментальных научных работ, потенциально способных обеспечить опережающее («прорывное») научно-технологическое развитие изделий РКТ на долгосрочную перспективу;

- на научное обоснование и оценку вероятностных характеристик выявленных альтернатив (перспектив, возможных состояний и параметров динамики их изменений, сроков и стран возникновения, рисков, организаций и научных коллективов исполнителей);

- на формирование критериев предпочтения, ранжирование и выбор наиболее предпочтительной альтернативы.

Актуальность данных прогностических исследований определяется теоретическими, информационными, политическими, практическими предпосылками.

Теоретические предпосылки. В настоящее время существуют два подхода к описанию научно-технологического развития – кумулятивная модель (постепенное, эволюционное развитие) и скачкообразная модель (научные революции), предложенные Т. Куном [3]. Обе модели используют понятие «состояние научной области», но трактуют его эволюцию по-разному. Кумулятивная модель постулирует постепенное изменение

научно-технической области, а революционная модель постулирует скачки в развитии. Своевременное выявление периодов, мест и источников (авторов) возникновения «скачков» с определением их характеристик является важнейшей государственной научно-технической задачей.

Информационные предпосылки. Очевидно, что в условиях санкционного давления и обострения международной обстановки резко возрастает значимость уровня научно-технического развития (НТР) Российской Федерации на фоне стран-конкурентов. Крайне важным является понимание того факта, что резкий рост значимости научно-технического развития стран происходит на фоне лавинообразного роста объемов доступной научно-технической информации (публикаций, патентов, научно-технических отчетов, книг и др.). Для управления наукой и уровнем НТР страны на фоне стран-конкурентов необходимы средства автоматизации мониторинга и управления потоками научно-технической информации, генерируемыми странами-конкурентами. Такая автоматизация невозможна без разработки целого спектра технологий для мониторинга и управления научной сферой (прежде всего, мониторинга и анализа научных текстов и научных программ), а эффективная технология должна опираться на математические модели, описывающие НТР стран-конкурентов как динамический процесс. Эти средства управления (программное обеспечение) позволят осуществлять прогнозы развития науки, оценивать риски этого развития и поддерживать управленческие решения в данной области. В настоящее время в отрасли разработки такого типа отсутствуют.

Вместе с тем в США правительственное агентство IARPA (нацелено на развитие новых технологий в сфере разведки) имеет в своих перспективных планах программу FUSE (Foresight and Understanding from Scientific Exposition). Данная программа в рамках блока технологий «переднего края» направлена на анализ текстов и обработку последних на естественном языке, исследование знаний, машинное обучение и предсказание.

Одной из важнейших задач в настоящее время становится задача создания средств анализа, контроля и управления НТР в области РКТ, что обусловлено крайне высокой значимостью этой области как в гражданской, так и в военной сфере [4].

Политические предпосылки. Важным мотивом для данной работы является тот факт, что созданное в США в 2008 году правительственное агентство IARPA активно развивает программу FUSE исключительно как инструмент целенаправленного, активного разрушительного воздействия на научно-техническую сферу стран-конкурентов. На наш взгляд, открытие и ведение такой программы в рамках данного агентства является именно политической угрозой потому, что создается новый тип оружия, которое с высокой степенью вероятности может быть применено против нашей страны.

Практические предпосылки. Необходимость более высокого уровня изделий РКТ и промыш-

ленных технологий их изготовления определяет рост эффективности методов организации процессов их разработки и постановки на производство. В настоящее время в отрасли не разработана в полном объеме методология, программно-математическое и нормативное обеспечение эффективной организации процесса выявления, анализа и выбора приоритетных направлений развития промышленных технологий изготовления космических средств. В 80-х годах прошлого века в отрасли [5–8] разработаны основные положения систем «формирования перспектив научно-технического развития», «обеспечения опережающего технологического развития» и разработаны планы создания и внедрения программно-математического и нормативного обеспечения. Однако данные разработки в отрасли не доведены до внедрения.

Методология выявления, анализа и выбора перспективных направлений фундаментальных исследований в целях обеспечения «прорывного» развития промышленных технологий изготовления изделий РКТ на дальнесрочную перспективу

При решении задач прогнозирования развития изделий РКТ и промышленных технологий их производства необходимо учитывать возможности и последствия формирующихся и существующих направлений научно-технического прогресса, которые целесообразно исследовать в качестве объектов прогноза, поскольку они оказывают существенное (а нередко и определяющее) влияние на показатели облика разрабатываемых систем и их компонентов.

Процесс изменения технических характеристик обликов изделий РКТ и промышленных технологий их производства, являясь неотъемлемой частью процесса их развития, характеризуется чередованием участков (периодов) постепенного (эволюционного) и революционного (скачкообразного, «прорывного») развития. Участки постепенного развития характеризуются медленным изменением характеристик обликов, достигаемым путем совершенствования промышленных технологий изготовления изделий

РКТ в рамках известных технологических методов и средств технологического оснащения (СТО). Участки скачкообразного развития отличаются быстрым изменением характеристик обликов изделий РКТ, достигаемым путем внедрения «прорывных» промышленных технологий на базе технологических методов, основанных на новых, ранее неизвестных (или неприменяемых) физических принципах, технических идеях и решениях.

Указанные закономерности процессов развития в значительной степени затрудняют прогнозирование технических характеристик обликов перспективных изделий РКТ и промышленных технологий их производства, поскольку процесс изменения этих характеристик в общем случае не может быть описан непрерывной функцией. Однако если рассматривается достаточно большой промежуток времени, на котором возможно большое количество скачков, то с известной степенью приближения изменение характеристик

обликов изделий РКТ можно аппроксимировать непрерывной зависимостью.

Анализ процессов развития научно-технического прогресса показывает, что имеет место тенденция к учащению скачков, т.е. уменьшению отрезков времени между ними и росту величин самих скачков. При этом необходимо различать скачки разных категорий:

- наиболее значительные – скачки, связанные с использованием новых принципов;
- скачки, связанные с реализацией новых технологий в рамках одного принципа;
- скачки, связанные с совершенствованием новых технологий.

В среднем, как показывает анализ, время между скачками убывает в соответствии с экспоненциальной зависимостью, что показано в виде формулы (1):

$$\delta\tau = \tau \exp(-K_j j), \quad (1)$$

где: j – номер очередного скачка, τ и K_j – некоторые коэффициенты.

Вопрос определения величины скачка представляется еще более сложным. В большинстве случаев внедрение нового принципа или нового решения в рамках старого приводит к скачкообразному возрастанию той или иной характеристики. Однако возможны случаи, когда при использовании нового принципа наблюдается вначале даже ухудшение характеристик из-за технологической неотработанности данного принципа. В среднем, в рамках существующего принципа величины скачков, определяемых новыми решениями, соответствует логистической зависимости вида (2):

$$y(t) = A[1 + th(a + bt)], \quad (2)$$

где: A , a , b – некоторые постоянные коэффициенты.

Скачки, обусловленные внедрением новых принципов, имеют тенденцию к возрастанию примерно в соответствии с экспоненциальной зависимостью [9].

Определение параметров ступенчатых зависимостей подобного вида для проведения

проактивных прогностических исследований обликов перспективных изделий РКТ и промышленных технологий их производства с определением конкретных, предметно-ориентированных систем (методов) прогнозирования является важной государственной научно-технической задачей, поскольку позволяет своевременно реагировать на тенденции изменений научно-технического прогресса и значительно сокращать затраты времени и средств на создание перспективных изделий РКТ и промышленных технологий их производства за счет принятия «прорывных» стратегий.

Соответственно, в качестве объектов прогностического исследования (далее – объектов прогнозирования) целесообразно рассматривать возможные и существующие альтернативные направления фундаментальных научных работ, потенциально способных обеспечить опережающее («прорывное») научно-технологическое развитие КС на дальнесрочную перспективу.

По типовым классификационным признакам данные объекты рассматриваются:

- по природе возникновения – научно-техническими;
- по степени масштабности – суперглобальными (число переменных более 100);
- по сложности – сверхсложными;
- по степени детерминированности – стохастическими;
- по характеру развития во времени – дискретными;
- по степени информационной обеспеченности в отношении условий внешней среды прогноза – объектами с полным отсутствием ретроспективной информации либо как объектами с наличием качественной и полным (частичным) отсутствием количественной ретроспективной информации относительно прошлых периодов развития.

Также в работе учитываются следующие тенденции развития изделий РКТ и промышленных технологий их изготовления:

- существенное сокращение «реализационных циклов» изделий РКТ и промышленных

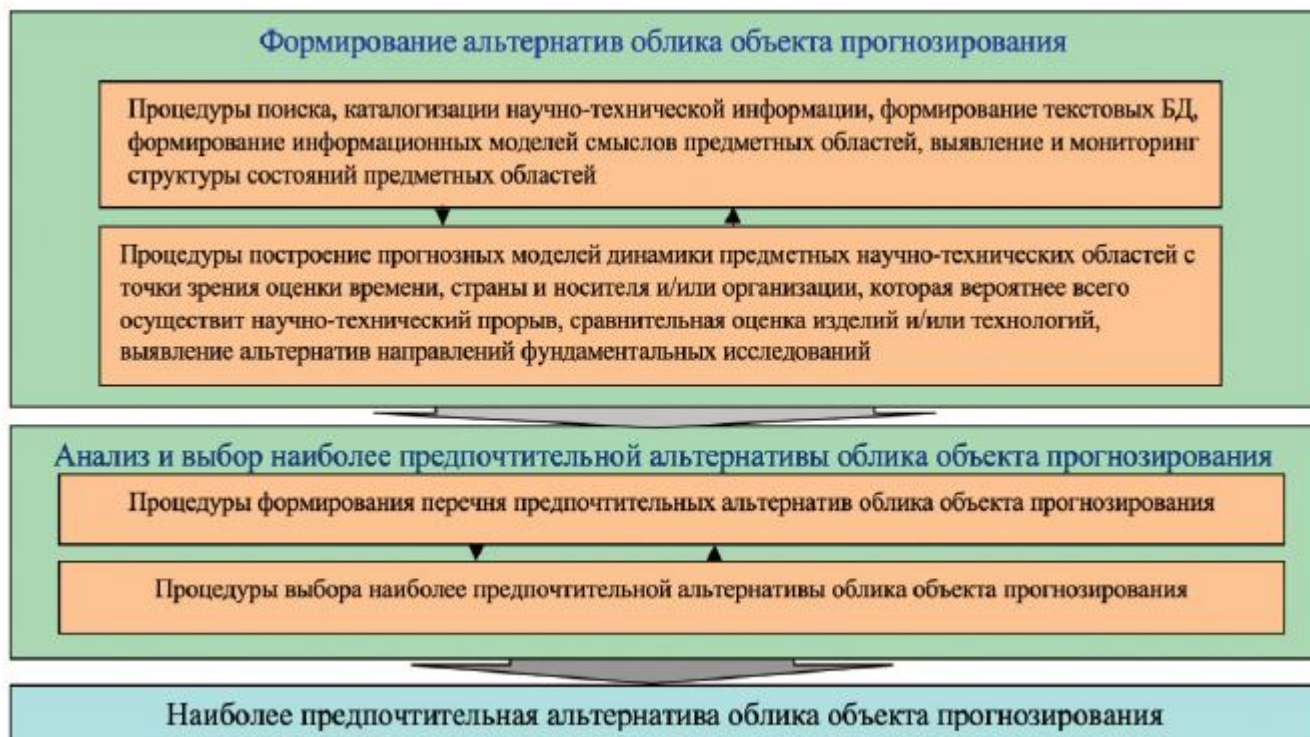


Рис. 1. Структурно-логическая модель процесса

технологий их производства (времени от разработки технического задания (ТЗ) до по установки на производство);

– существенное усложнение задачи выбора наиболее перспективного направления развития изделий РКТ и промышленных технологий их производства в связи с ростом числа альтернатив, обеспечивающих научно-технологические исследования;

– существенное возрастание рисков неконтролируемого роста времени и затрат на разработку и по установку на производство в связи с усложнением структуры изделий РКТ, промышленных технологий их производства и системы организаций, участвующих в кооперации.

С учетом указанных тенденций период упреждения научно-технических прогнозов развития систем РКТ составляет от 15–20 до 20–30 и более лет, т.е. по критерию периода упреждения процесс выявления, анализа и выбора приоритетных направлений развития промышленных технологий изготовления изделий РКТ рассматривается как система долгосрочного прогнозирования.

По критерию целеполагания процесс выявления, анализа и выбора приоритетных направлений развития промышленных технологий изготовления изделий РКТ рассматривается как система поискового прогнозирования, предназначенная для качественной оценки и установления перечня альтернатив облика объекта прогнозирования перспективных космических средств, разработки целевых параметров задания на прогноз и последующего обеспечения процедур аналитического этапа прогнозирования (обоснования систем (методов) прогнозирования) [6, 7, 9–13].

Структурно-логическая схема процесса включает два блока процедур (рис. 1) [14]:

– формирование альтернатив облика объекта прогнозирования;

– анализ и выбор наиболее предпочтительной альтернативы облика объекта прогнозирования.

Как отмечалось ранее, возможные и существующие альтернативные направления фундаментальных научных работ, потенциально способные обеспечить опережающее («прорывное») научно-технологическое развитие изделий РКТ и промышленных технологий их производства на

дальнесрочную перспективу, по степени информационной обеспеченности в отношении условий внешней среды прогностического исследования рассматриваются либо как объекты с полным отсутствием ретроспективной информации, либо как объекты с наличием качественной и полным (частичным) отсутствием количественной ретроспективной информации относительно прошлых периодов развития.

Соответственно, первостепенная задача прогностических исследований процесса развития обликов изделий РКТ в части существующих либо потенциально возможных промышленных технологий состоит в том, чтобы выявить и разграничить альтернативы постепенного (эволюционного) и революционного (скачкообразного, «прорывного») развития, а также определить их характеристики (перспективы, возможные состояния и параметры динамики их изменений, сроки и страны возникновения, риски, организации и научные коллективы исполнителей).

Для прогнозирования характеристик альтернатив постепенного (эволюционного) развития промышленных технологий изготовления перспективных изделий РКТ при дальнейших исследованиях возможно использование ретроспективной информации по системам-аналогам прошлых периодов с применением методов экстраполяции тенденций, экспертных оценок и комбинированных методов [9, 11, 13, 15–19].

Для выявления и разграничения альтернатив развития промышленных технологий изготовления перспективных изделий РКТ на «эволюционные» и «прорывные», а также прогнозирования «прорывных» альтернатив как сложных объектов прогноза в условиях отсутствия (неполноты) информации, целесообразно использовать комплекс логико-интуитивных, сетевых и патентных методов [12, 14–16, 18, 20–23].

Среди логико-интуитивных методов наиболее предпочтительными являются экспертные методы и метод морфологического анализа, которые позволят обеспечить выбор первичных

предметных областей, приоритетных целей исследования, а также критериев оценки.

С помощью сетевых и патентных методов в рамках выбранных предметных областей строятся модели потоков научно-технической информации, информационные модели патентной информации, информационные модели межнаучного взаимодействия.

Разработка таких моделей требует обработки большого объема информации. Основными источниками информации являются:

- периодическая литература отраслевого и межотраслевого характера, научные статьи в отечественных и зарубежных журналах, газетах, сборниках, научных бюллетенях и т.п.;
 - научно-исследовательские отчеты и обзоры научно-исследовательских институтов, организаций и учреждений;
 - научные монографии, труды, диссертации;
 - статистические данные о научно-техническом и экономическом состоянии промышленности;
 - патенты и другие перспективные разработки;
 - нормативно-техническая документация в виде стандартов, руководящих документов, технических условий, норм и правил расчетов в проектировании;
 - данные о деятельности зарубежных организаций, связанных с научными исследованиями и разработкой направлений развития аналогичных систем;
 - доклады на международных конгрессах, конференциях, симпозиумах;
 - отечественные и зарубежные прогнозы развития научных направлений промышленных технологий создания аналогичных систем.
- Очевидно, что информационные массивы научно-технической информации, полученные из множества разных источников, являются неоднородными. Поэтому информация данных массивов должна быть строго систематизирована по содержанию, годам и местам выпуска, авторам и т.д., а также переработана в диаграммы, кривые изменения параметров объектов прогнозирования во времени и другие формы,

позволяющие производить анализ его развития. В связи со сложностью проблемы прогнозирования научно-технических направлений развития промышленных технологий изготовления перспективных изделий РКТ объем используемой информации оказывается очень большим. Поэтому для ее систематизации, хранения и обработки необходима разработка методического аппарата, комплекса математических алгоритмов и программных технологий на базе единого методологического подхода [6, 7, 24, 25].

В данном контексте целесообразно применить методологический подход работы с большими массивами научно-технической информации при прогнозировании «критических» научно-технических тенденций в целях планирования и управления развитием национальной науки и техники в России и мире (разработчик Черкашенко В.Н.), основные положения которого построены на исследовании топологических свойств семантических сетей предметной области.

Как следует из теории научных революций Т. Куна, в своем развитии наука проходит через последовательность стадий. Каждая стадия развития характеризуется своей семантической сетью

(набором понятий и связями между ними). При смене научных парадигм (научных «революций», скачков, «прорывов») происходит изменение топологических свойств семантических сетей.

В своем развитии любая научно-техническая область пребывает в двух состояниях – стационарном, в котором идет накопление информации, и в переходном, когда совершаются открытия и осуществляются научно-технические прорывы. Ниже (рис. 2) представлены такие состояния – два стационарных: до и после «прорыва» и состояние «прорыва», обозначенное как переходный процесс.

В предлагаемом методологическом подходе используется следующая априорная гипотеза: параметры семантических сетей для каждого из трех приведенных состояний отличаются по своим значениям и сочетаниям, что и может служить целям оценки, анализа и прогноза состояния научно-технической области.

Под семантической сетью понимается набор терминов, используемых в научной публикации и связей между ними, который представляется в виде графа, узлы которого – термины, а связи говорят о сочетании терминов друг с другом (встречаются рядом в тексте).

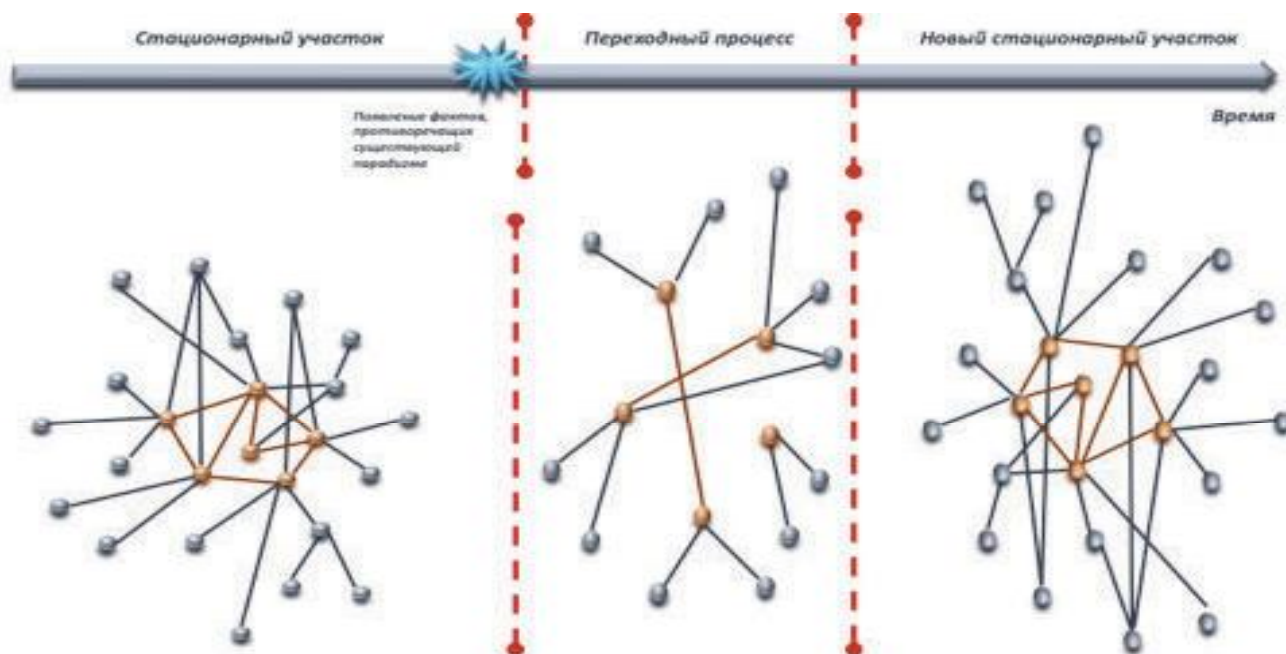


Рис. 2. Семантические сети в предметной области знания на различных этапах развития



Рис. 3. Структурно-логическая схема методологии

Семантическая сеть (карта) является математической моделью смыслов в предметной области. Ее параметры (более 120) характеризуют состояние предметной области и в силу этого могут быть использованы для его оценки и прогноза будущей динамики.

Семантическая сеть (карта) предметной области строится путем агрегирования семантических сетей отдельных публикаций (статьи, отчеты, монографии и т.д.), то есть является продуктом обработки множества научно-технических текстов.

Структурно-логическая схема методологии включает следующие блоки процедур (рис. 3):

- поиск по настраиваемым фильтрам научно-технической информации, ее каталогизация, формирование текстовых баз данных (БД), поддержка БД в актуальном состоянии;

- обработка текстов из текстовых БД, трансформация текстов в семантические и библиографические сети, параметризация обоих типов сетей и превращение текстовой информации в числовые массивы, отражающие динамику смыслов по публикациям в предметной области;

- выявление в параметрах семантических и библиографических сетей значимых признаков, визуализация на их основе многомерных образов, отражающих состояние предметной области, выявление структуры в состояниях области (стационарный участок или переходный процесс) и мониторинг текущего состояния предметной области с идентификацией этого состояния;

- построение прогноза динамики научно-технической области с точки зрения оценки времени, страны и носителя и/или организации, которая вероятнее всего осуществит научно-технический прорыв, сравнительная оценка изделий и/или технологий (российских с зарубежными и российских предлагаемых к разработке по сравнению с международным уровнем) и оценка рисков научно-технического развития.

Объектом анализа является текстовая БД, которая содержит хронологическую последовательность научно-технических публикаций и документов в конкретной предметной области.

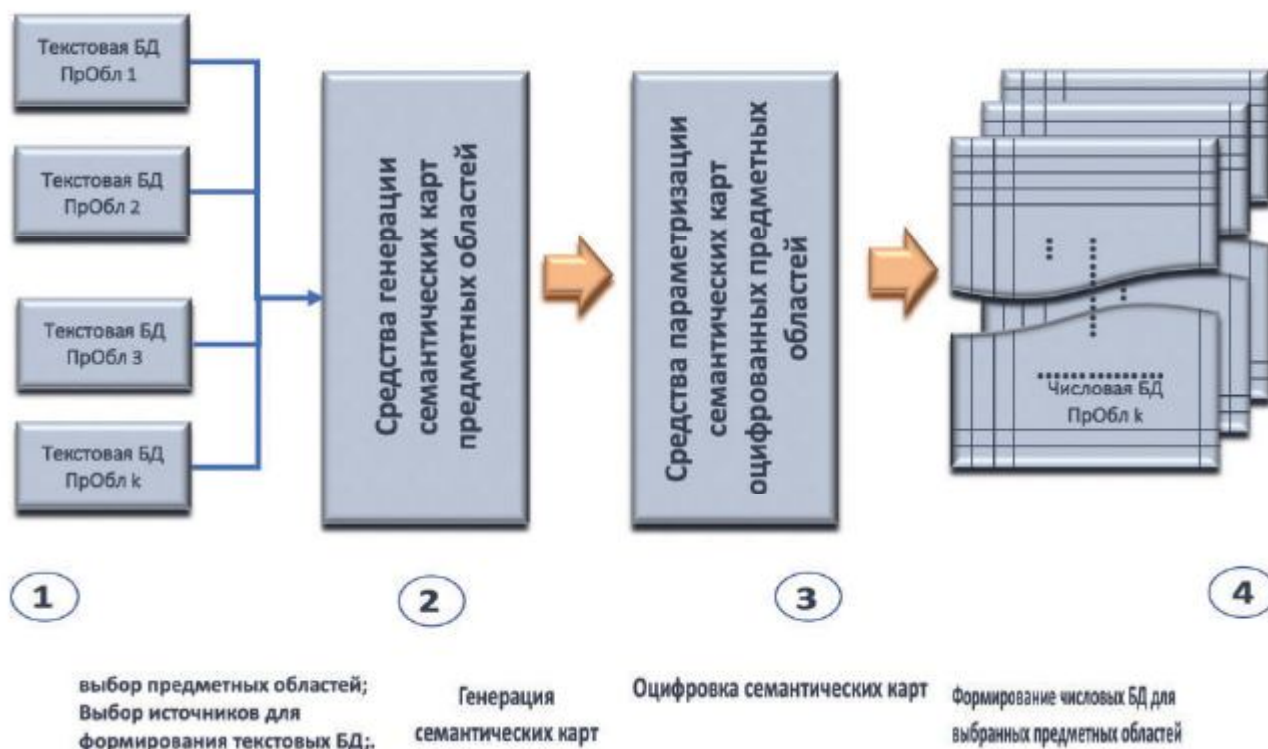


Рис.4. Укрупненные стадии обработки информации для оценки состояния выбранных предметных областей знаний

Минимальной единицей информации является статья (нормативный документ или научно-технический отчет). Любая статья преобразуется при помощи методического и программного обеспечения в семантическую сеть, а семантическая сеть каждой конкретной статьи преобразуется в вектор параметров, характеризующих топологию семантической сети. В исследовании Черкашенко В.Н. проведен анализ вектора размерностью 122 параметра.

Последовательность обработки «атомарных» текстов (статей, документов, научно-технических отчетов) включает четыре стадии (рис. 4).

Эти стадии направлены на превращение потока текстов – отдельных статей, отчетов и монографий в предметной области – в семантические карты анализируемых научно-технических текстов и создание на этой основе семантической карты предметной области для текущего момента времени, которая характеризует смысловую структуру предметной области.

По сформированной БД числовых параметров, описывающих топологические свойства семантических сетей последовательности статей, посредством настраиваемых фильтров, внутрь которых попадает определенное множество статей, и для каждого положения фильтра осуществляется визуализация многомерных данных, целью которой выделение текущего состояния научной предметной области.

Наличие устойчивых кластеров на такой карте предметной области и достаточно простые (с точки зрения геометрии) границы между кластерами делают возможным прогнозирование как момента научного прорыва, так и его носителей (персоналий и/или учреждений).

Эти стадии обработки используются для оценки состояния предметной области, его идентификации (стационарное или переходный процесс) и прогноза – когда и кто сделает следующий научно-технический прорыв в области.

Таким образом, применение системы поискового прогностического исследования на базе

комплекса методов морфологического анализа и сетевых методов позволит обеспечить формирование определенного множества альтернатив

Выводы

Изложенные общесистемный подход и методология позволяют создать программный инструментарий (систему прогнозирования, анализа и выбора) и на ее основе анализировать, проводить мониторинг и управлять уровнем и темпами научно-технического развития промышленных технологий опережающих космических средств ракетно-космической отрасли Российской Федерации.

Актуальность подхода определяется тем, что данный методический аппарат позволит решить ряд важнейших управленческих задач, стоящих перед руководством ракетно-космической отрасли:

- выявлять возникновение первых признаков «новизны» в потоке научно-технических публикаций различных предметных областей, связанных с отраслью, и заблаговременно фокусировать внимание руководства на тех предметных областях стран-конкурентов, в которых возникает «новизна»;

- выявлять множество носителей вероятного научно-технического «прорыва» (триада «страна-персона/коллектив-момент времени») и фокусировать внимание и активность руководства на работу с ними (оценка технической/технологической реалистичности наметившейся новизны и оценка ее потенциальной важности для развития отрасли и/или проектов);

- выявлять в потоке научно-технической информации «публикации-обманки», генерирующие ложную «новизну» и уводящие предметную область в тупик (такие публикации за счет «новизны» создают в научном сообществе стран-конкурентов иллюзию научной привлекательности и формируют условия для

{Аψ} направлений научно-технических исследований развития промышленных технологий в целях создания перспективных КС.

неэффективной траты научно-технических бюджетов);

- вносить в информационное пространство различных научно-технических областей свои «идеи-обманки»;

- оценивать потенциальные риски и уровень вызванных ими «потерь» при отставании отечественной отрасли в этих областях от конкурентов;

- за счет мониторинга научно-технологического ландшафта, прогнозирования его динамики и сопряженных с этих рисков проводить ранжирование важности тех или иных технологий и на этой основе правильно планировать распределение финансовых, людских и материальных ресурсов для реализации успешного и устойчивого развития отрасли;

- формировать приоритеты направлений фундаментальных исследований опережающего комплексного развития промышленных технологий создания перспективных КС.

Все вышеперечисленное делает проактивной работу руководителей Госкорпорации «Роскосмос», отраслевых головных научно-исследовательских организаций, опытных и серийных производств в части научно-технического развития, обеспечивает работу на опережение и значительно сокращает затраты времени и средств на создание перспективных КС, поскольку позволяет своевременно реагировать на тенденции изменений научно-технического прогресса за счет принятия «прорывных» стратегий на основе проведения мониторинга научно-технической сферы стран-конкурентов, который осуществляется средствами информационных технологий.

Библиографический список

1. Исаченко В.А., Костоломов Э.Ф. Методические основы интенсификации работ по технологическому обеспечению цикла «Разработка-производство» // ЦНТИ Поиск. Технология производства. – 1984. – Вып.2. – С. 20–25.
2. Исаченко В.А. Новые принципы подхода и формирования научных исследований в области техники и технологии/ Труды XIX чтений, посвященных разработке научного наследия и развития идей К.Э. Циолковского. – М.: ИИЕТ АН СССР, 1985. – С.17–23.
3. Кун Т. Структура научных революций. Перевод с англ. яз. И.З. Налетова. – М., 1975. – 274 с.
4. Герасимов В.В. Ценность науки в предвидении // Военно-промышленный курьер. – 2013, №8 (476). – С.1–3.
5. Денисов А.В. Выбор технологических процессов на ранних стадиях проектирования изделий при многокритериальной оценке вариантов// Тез. докл. Всесоюз. семинара Проектирование систем ракетного и артиллерийского вооружения. – М.: МВТУ, 1987. – С.33–34.
6. Пантелеев К.Д. Разработка типовой методики формирования организационно- технологической структуры производства изделий ракетной техники с ранних стадий проектирования конструкции и технологии: дис. канд. техн. наук: 05.02.08.: защищена в 1993 г.: утв. 20.12.1993 / Пантелеев Константин Дмитриевич. – М., 1992. – 180 с. – Машинопись.
7. Исаченко В.А. Методологические основы технологического обеспечения проектирования изделий ракетной техники: дис. д-р. техн. наук: 05.07.04.: защищена 27.05.1986: утв. 25.09.1986 / Исаченко Вадим Александрович. – М., 1986. – 383 с. Машинопись.
8. Белов В.В., Пантелеев К.Д. Формирование рациональной организационно-технологической структуры производства изделий на ранних стадиях проектирования // Вестник МГТУ. Сер. Машиностроение. – 1992, №1. – С.115–125.
9. Основы синтеза систем летательных аппаратов: Учебник/А.А. Лебедев, Г.Г. Аджимамудов, В.Н. Баранов, В. Г. Бобронников др. Под ред. А.А. Лебедева. – М.: МАИ, 1996. – 444 с.: ил.
10. Радвик Б. Военное планирование и анализ систем. Сокр. перевод с англ. В. Базарова, Л. Какунина, К. Трофимова. Под редакцией А.М. Пархоменко. – М.: Воениздат, 1972. – 480 с.
Рабочая книга по прогнозированию/ Редкол.: И.В. Бестужев-Лада (отв. ред.) – М.: Мысль, 1982. – 430 с.
11. Экономика промышленных исследований и разработок. Пер. с нем. под ред. В. Хайде. – М.: Прогресс, 1983. – 502 с.
12. Чуев Ю.В., Михайлов Ю.Б., Кузьмин В.И. Прогнозирование количественных характеристик процессов. – М.: Сов. радио, 1975. – 400 с.
13. Ясин Е.Г., Ракитская Г.Я. К вопросу о классификации функций управления//Сб. статей Статистика и электронно-вычислительная техника в экономике. – Вып. 2. – М. – 1968. – С. 3–21.
14. Матвеев Ю.А. Методы прогнозирования характеристик летательных аппаратов. – М.: МАИ, 2004. – 79 с.: ил.
15. Мироносецкий Н.Б. Моделирование процессов создания и выпуска новой продукции. – Новосибирск, Наука, 1976. – 167 с.
16. Мишин В.М. Исследование систем управления: Учебное пособие. – М.: Юнити-Дана, 2007. – 527 с.: ил.
17. Семенов С.С. Оценка качества и технического уровня сложных систем: Практика применения экспертных оценок. – М.: Ленанд, 2015. – 352 с.
18. Чуев Ю.В., Михайлов Ю.Б. Прогнозирование в военном деле. – М.: Воениздат, 1975. – 280 с.

19. МЫЛЬНИК В.В., ТИТАРЕНКО Б.П., ВОЛОЧИЕНКО В.А. Исследование систем управления: Учебное пособие для вузов. – 4-е изд. – М.: Академический проект; Трикста, 2006. – 352 с.
20. СОЛОМОНОВ Ю.С., ШАХТАРИН В.К. Большие системы: гарантийный надзор и эффективность. – М.: Машиностроение, 2003. – 368 с.: ил.
21. Стратегическое планирование/Под ред. Уткина Э.А. М.: Ассоциация авторов и издателей «Тандем». – Издательство ЭКМОС, 1999. – 440 с.
22. ЯНЧ Э. Прогнозирование научно-технического прогресса: Пер. с англ. – М.: Прогресс, 1970. – 586 с.
23. РАСТРИГИН Л.А. Современные принципы управления сложными объектами. – М.: Сов. радио, 1980. – 232 с.
24. Нечеткие множества и теория возможностей. Последние достижения: Пер. с англ./Под ред. Р.Р. Ягера.- М.: Радио и связь, 1986.-408с.: ил. Основы синтеза систем летательных аппаратов: Учебник/ А.А. Лебедев, Г.Г. Аджимамудов, В.Н. Баранов, В.Т. Бобронников др. Под ред. А.А. Лебедева. – М.: МАИ, 1996. – 444 с.: ил.

Пантелеев Константин Дмитриевич –
канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник
ФГУП «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева».
Тел.: 8(495) 689-95-26.
E-mail: K.Panteleev@tm.fsa

Рахмилевич Евгений Георгиевич –
заместитель директора ФГУП «НПО «Техномаш»
им. С.А. Афанасьева».
Тел.: 8(495) 689-95-26.
E-mail: E.Rahmilevich@tmnp.ru

Юрцев Евгений Сергеевич –
директор центра ФГУП «НПО «Техномаш» им.
С.А. Афанасьева.
Тел.: 8(495) 689-95-26.
E-mail: E.Yurcev@tmnp.ru

Panteleev Konstantin Dmitrievich –
candidate of technical sciences, Leading Researcher
FSUE «NPO «Technomash» named after S.A.
Afanasyev.
Tel.: +7(495) 689-95-26.
E-mail: K.Panteleev@tm.fsa

Rahmilevich Evgeni Georgievich –
Deputy Director of Center for technological
development of the rocket and space industry FSUE
«NPO «Technomash» named after S.A. Afanasyev.
Тел.: +7 (495) 689-95-26.
E-mail: E.Rahmilevich@tmnp.ru

Yrcev Evgeni Sergeevich –
director of Center for technological development of the
rocket and space industry FSUE «NPO
«Technomash» named after S.A. Afanasyev.
Тел.: +7 (495) 689-95-26.
E-mail: E.Yurcev@tmnp.ru

УДК 623.338.984

Кондратенко А.Н., Сафоник И.В., Щеглов А.М.

Разработка рационального состава критериев и комплексного показателя оценки эффективности количественного и качественного выполнения государственного оборонного заказа в части капитальных вложений в объекты РКП

Kondratenko A.N., Safonik I.V., Scheglov A.M.

Development of a Rational Criteria Composition and a Comprehensive Indicator for the Effectiveness Evaluation of Quantitative and Qualitative Implementation of the State Defense Order In Terms of Capital Investments in the Aerospace Objects

Предложены необходимый и достаточный состав критериев и комплексный показатель оценки эффективности количественного и качественного выполнения государственного оборонного заказа в части капитальных вложений в объекты промышленности, а также разработана методика их расчета.

Ключевые слова: государственный оборонный заказ, капитальные вложения, критерии, показатели, эффективность.

A necessary and sufficient set of criteria and a comprehensive indicator for the effectiveness evaluation of the quantitative and qualitative implementation of the State Defense Order in terms of capital investments in industrial facilities have been proposed, and a methodology for their calculation has been developed.

Keywords: State Defense Order, capital investments, criteria, indicators, effectiveness.

Государственная политика по совершенствованию оборонно-промышленного комплекса Российской Федерации (ОПК) в части ракетно-космической промышленности [1, 2] (РКП) реализуется в государственных программах Российской Федерации «Развитие ОПК». Для безусловного обеспечения выполнения стратегических задач в сфере космической деятельности действует государственная программа «Космическая деятельность России» [3], включающая ряд федеральных целевых космических программ (ФЦП), в том числе Федеральную космическую программу России. Указанные государственные программы (ГП) предусматривают реализацию мероприятий по производственно-технологической подготовке РКП к разработке, производству

изделий ракетно-космической техники (РКТ) и боевой ракетной техники (БРТ), выполнению целевых задач космических программ. Основные мероприятия по производственно-технологической подготовке РКП [4]:

– разработка и внедрение результатов промышленных базовых и критических технологий в целях создания конкурентоспособной РКТ и требуемой БРТ;

– реконструкция и техническое перевооружение наземной космической инфраструктуры, производственных мощностей организаций РКП, в том числе наземной экспериментально-испытательной базы.

Апробированным с 1992 года эффективным механизмом и инструментом реализации

мероприятий ГП и ФЦП, является государственный оборонный заказ (ГОЗ) [5] – одна из основных составляющих программно-целевого планирования создания средств вооружения и военной техники, средств выведения и космической техники, производственно-технологического развития РКП.

В условиях бюджетных ограничений, необходимости проведения производственно-технологической подготовки РКП для обеспечения безусловного выполнения заданий государственной программы вооружения в части БРТ и РКТ, для выполнения целевых задач космической деятельности России актуальным является решение задачи разработки необходимого и достаточного состава критериев и комплексного (интегрального) показателя оценки эффективности количественного и качественного выполнения ГОЗ в части технологических НИОКР и капитальных вложений в объекты специального, военного и иного назначения, а также методики порядка их расчета. Актуальность решения указанной задачи обусловлена необходимостью разработки критериального аппарата формализованной оценки эффективности производственно-технологической подготовки промышленности в рамках ГОЗ к разработке и производству изделий специального, военного и иного назначения (научного, социально-экономического назначения), к выполнению целевых задач космических программ [1, 2, 3], а также необходимостью выполнения поручения Аппарата Правительства Российской Федерации от 26.06.2020 № П46-37660.

В настоящей статье разработаны рациональный состав и методика расчета критериев α_n (n – количество критериев) и комплексного (интегрального) показателя $K_{\Sigma} = f(\alpha_n)$ оценки эффективности количественного и качественного выполнения ГОЗ в части капитальных затрат в объекты специального, военного и иного назначения. Цель предлагаемой методики заключается в обеспечении контроля эффективности количественного и качественного выполнения ГОЗ в части капитальных вложений, в том числе

эффективности планирования и контроля расходования бюджетных средств на капитальные вложения, повышении обоснованности принимаемых управленческих решений при планировании и реализации капитальных вложений. Разработка методики основана на методах экспертных оценок и сводных показателей [6-9].

Состав критериев и показателей эффективности ГОЗ по капитальным вложениям определяются исходной информацией содержания ГОЗ и ежегодной (ежеквартальной) сводной отчетности по ГОЗ, регламентируемой нормативными документами [10,11]. ГОЗ по капитальным вложениям включает полную номенклатуру и количество $K_{ДСплан}$ запланированных к реализации инвестиционных проектов (ИП) – название каждого ИП, ежегодное бюджетное финансирование ИП (по трем планируемыми годам), мероприятия по ИП сгруппированы по ФЦП, подпрограммам, а по некоторым ФЦП по изделиям РКТ и БРТ, в обеспечение создания которых запланированы ИП.

Для дальнейшего изложения примем обозначения:

порядковый номер ИП в ГОЗ по капитальным вложениям в части j -программы (ФЦП, ГП) – m , где $1 < m < K_{ДСплан}$ количество программ, по которым реализуется (планируется) ГОЗ по капитальным вложениям – J , $1 < j < J$,

Сводная отчетность по ГОЗ в части капитальных вложений по j -программе содержит:

– отчетную информацию по номенклатуре и количеству $K_{ДСфакт}$ заключенных на реализацию капитальных вложений, включенных в ГОЗ на текущий год, договоров (для АО) об участии РФ в собственности субъекта инвестиций и соглашений (для предприятий с организационной формой собственности ФГУП или казенное предприятие (ФКП)) о передаче Застройщику полномочий государственного заказчика на заключение и исполнение от имени Российской Федерации и от лица Госкорпорации «Роскосмос» государственных контрактов (далее – договоры и соглашения);

– количество фактически заключенных Застройщиками государственных контрактов с подрядными организациями:

$$K_{jГКфакт} = \sum_{m=1}^{K_{ДСфакт}} K_{jГКфакт\ m}, \quad (1)$$

где $K_{jГК\ m}$ – количество фактически заключенных государственных контрактов с подрядными организациями по m ИП;

– количество планируемых (требуемых) к заключению Застройщиками государственных контрактов с подрядными организациями:

$$K_{jГКплан} = \sum_{m=1}^{K_{ДСплан}} K_{jГКплан\ m}, \quad (2)$$

где $K_{jГК\ m}$ – количество требуемых (необходимых) к заключению государственных контрактов с подрядными организациями по m -му ИП;

– фактический кассовый расход Госкорпорации «Роскосмос» на обеспечение реализации капитальных вложений, включенных в ГОЗ на текущий год:

$$K_{jКРфакт} = \sum_{m=1}^{K_{ДСфакт}} K_{jКРфакт\ m}, \quad (3)$$

где $K_{jКРфакт\ m}$ – фактический кассовый расход Госкорпорации «Роскосмос» на обеспечение реализации капитальных вложений, включенных в ГОЗ на текущий год, по m -му ИП;

– плановый кассовый расход Госкорпорации «Роскосмос» на обеспечение реализации капитальных вложений, включенных в ГОЗ на текущий год:

$$K_{jКРплан} = \sum_{m=1}^{K_{ДСплан}} K_{jКРплан\ m}, \quad (4)$$

где $K_{jКРплан\ m}$ – плановый кассовый расход Госкорпорации «Роскосмос» на обеспечение реализации капитальных вложений, включенных в ГОЗ на текущий год, по m -му ИП;

– объемы финансирования выполненных и принятых работ Заказчиками у подрядных организаций, в том числе авансы на изготовление оборудование длительного цикла изготовления:

$$K_{jОФфакт} = \sum_{m=1}^{K_{ДСфакт}} K_{jОФфакт\ m}, \quad (5)$$

где $K_{jОФфакт\ m}$ – объемы финансирования выполненных и принятых работ Заказчиком у подрядных организаций, в том числе авансы на изготовление оборудование длительного цикла изготовления, по m -му ИП;

– плановые объемы финансирования подрядных организаций в текущем отчетном году:

$$K_{jОФплан} = \sum_{m=1}^{K_{ДСплан}} K_{jОФплан\ m}, \quad (6)$$

где $K_{jОФплан\ m}$ – плановые объемы финансирования подрядных организаций в текущем отчетном году, по m -му ИП;

– количество фактически введенных в строй ИП и количество запланированных к вводу ИП в отчетном году соответственно – $K_{jВфакт}$, $K_{jВплан}$;

– годовое финансирование фактически введенных в строй ИП и годовое финансирование запланированных к вводу ИП в отчетном году соответственно – $K_{jВФфакт}$, $K_{jВФплан}$;

В формулах (1-6) значения $K_{ДСфакт}$ и $K_{ДСплан}$ относятся к j -программе.

В таблице 1 в цветных квадратах выделены все возможные попарные выборки параметров, характеризующих ГОЗ и сводную отчетность по ГОЗ:

– серый цвет – выборки одного параметра дважды;

– желтый цвет – выборки, из которых можно получить только удельные характеристики выбираемых величин, которые не относятся к категории критериев и показателей выполнения ГОЗ по капитальным вложениям;

– оранжевый цвет – выборки, из которых нельзя скомбинировать смысловые значения критериев и показателей ГОЗ;

– зеленый цвет – все возможные попарные выборки параметров, характеризующих ГОЗ и сводную отчетность по ГОЗ, из которых можно организовать способ сравнения показатели и критерии выполнения ГОЗ.

Таблица 1. Возможные попарные выборки параметров, характеризующих ГОЗ и сводную отчетность по ГОЗ

	$K_{ДС\text{факт}}$	$K_{ДС\text{план}}$	$K_{jГК\text{факт}}$	$K_{jГК\text{план}}$	$K_{jКР\text{факт}}$	$K_{jКР\text{план}}$	$K_{jО\text{факт}}$	$K_{jО\text{план}}$	$K_{jВ\text{факт}}$	$K_{jВ\text{план}}$	$K_{jВФ\text{факт}}$	$K_{jВФ\text{план}}$
$K_{ДС\text{факт}}$												
$K_{ДС\text{план}}$												
$K_{jГК\text{факт}}$												
$K_{jГК\text{план}}$												
$K_{jКР\text{факт}}$												
$K_{jКР\text{план}}$												
$K_{jО\text{факт}}$												
$K_{jО\text{план}}$												
$K_{jВ\text{факт}}$												
$K_{jВ\text{план}}$												
$K_{jВФ\text{факт}}$												
$K_{jВФ\text{план}}$												

Симметричные относительно главной диагонали выборки отнесем к одной выборке, поскольку в них содержатся одинаковые попарные характеристики ГОЗ.

Таким образом, получены максимально возможная номенклатура и количество возможных попарных выборок характеристик ГОЗ по капитальным вложениям, из которых можно различными комбинациями получить критерии и показатели эффективности выполнения ГОЗ – ($K_{ДС\text{план}}$, $K_{ДС\text{факт}}$), ($K_{jГК\text{план}}$, $K_{jГК\text{факт}}$), ($K_{jКР\text{план}}$, $K_{jКР\text{факт}}$), ($K_{jО\text{план}}$, $K_{jО\text{факт}}$), ($K_{jВ\text{план}}$, $K_{jВ\text{факт}}$), ($K_{jВФ\text{план}}$, $K_{jВФ\text{факт}}$).

Максимальное возможное число критериев α_{j1} эффективности количественного и качественного выполнения ГОЗ в части капитальных вложений в объекты РКП – $n=6$.

Для оценки эффективности количественного выполнения заданий ГОЗ по j -программе в части капитальных вложений предлагается два критерия, определяемые по формулам (7), (8):

$$\alpha_{j1} = K_{jДС\text{факт}} / K_{jДС\text{план}} \quad (7)$$

$$\alpha_{j2} = K_{jГК\text{факт}} / K_{jГК\text{план}}, \quad (8)$$

где α_{j1} – доля заключенных на реализацию капитальных вложений, включенных в ГОЗ на текущий год, договоров (для АО) об участии РФ в собственности субъекта инвестиций и соглашениях (для предприятий с организационной формой собственности ФГУП или казенное предприятие (ФКП)) о передаче Застройщику полномочий государственного заказчика на заключение и исполнение от имени Российской Федерации и от лица Госкорпорации «Роскосмос» государственных контрактов; α_{j2} – доля заключенных Застройщиками с подрядными организациями государственных контрактов на выполнение работ по капитальным вложениям.

Интегральный показатель, оценивающий эффективность количественного выполнения заданий ГОЗ в части капитальных вложений [7]:

$$K_{jК\Sigma} = f_k(\alpha_{j1}, \alpha_{j2}) = \alpha_{j1} \times \alpha_{j2}, \quad (9)$$

Для оценки эффективности качественного и финансово-экономического исполнения заданий

ГОЗ по j -программе в части капитальных вложений предлагается два критерия, определяемые по формулам (10), (11):

$$\alpha_{j3} = K_{jKR\text{факт}} / K_{jKR\text{плн}} \quad (10)$$

$$\alpha_{j4} = K_{jДС\text{факт}} / K_{jДС\text{план}} \quad (11)$$

где α_{j3} – доля фактически исполненного кассового расхода Госкорпорации «Роскосмос» на обеспечение реализации капитальных вложений, включенных в ГОЗ на текущий год; α_{j4} – доля фактического финансового исполнения государственных контрактов (договоров подряда) по капитальным вложениям, заключенных Застройщиками с подрядными организациями.

Интегральный показатель, по которому оценивается эффективность качественного и финансово-экономического исполнения заданий ГОЗ по j -программе в части капитальных вложений [7]:

$$K_{j\Phi\Sigma} = f_{\Phi\Sigma}(\alpha_{j3}, \alpha_{j4}) = \alpha_{j3} \times \alpha_{j4}, \quad (12)$$

Для оценки эффективности качественного выполнения заданий ГОЗ по вводу объектов в строй по j -программе в части капитальных вложений предлагается два критерия, определяемые по формулам (13), (14):

$$\alpha_{j5} = K_{jВ\text{факт}} / K_{jВ\text{плн}} \quad (13)$$

$$\alpha_{j6} = K_{jВ\Phi\text{факт}} / K_{jВ\Phi\text{плн}} \quad (14)$$

где α_{j5} – доля фактически введенных в строй ИП; α_{j6} – доля годового финансирования фактически введенных в строй ИП от общего годового финансирования запланированных к вводу в текущем году ИП.

Интегральный показатель, оценивающий эффективность качественного выполнения заданий ГОЗ по вводу объектов в строй по j -программе в части капитальных вложений [7]:

$$K_{jK\Sigma} = f_{K\Sigma}(\alpha_{j5}, \alpha_{j6}) = \alpha_{j5} \times \alpha_{j6}, \quad (15)$$

Комплексный (интегральный) показатель оценки эффективности количественного и качественного выполнения заданий ГОЗ по

j -программе в части капитальных вложений [7, 8]:

$$K_{j\Sigma} = f_{K\Sigma}(\alpha_{j1}, \alpha_{j2}, \alpha_{j3}, \alpha_{j4}, \alpha_{j5}, \alpha_{j6}) = (K_{jK\Sigma} + K_{j\Phi\Sigma} + \alpha_{j5} \times \alpha_{j6}) / 3 \quad (16)$$

Для расчета критериев и показателей эффективности количественного и качественного выполнения заданий ГОЗ в части капитальных вложений в целом по всем программам, по которым реализуется ГОЗ (1-15) в формулах (1)-(15) следует опустить индекс j и расчеты проводить по всем мероприятиям ГОЗ.

Показано, что разработанная система критериев α_i является необходимой и достаточной для описания эффективности количественного и качественного выполнения заданий ГОЗ в части капитальных вложений на основе данных, содержащихся в ГОЗ и сводной отчетности по ГОЗ, регламентируемых нормативными документами [10,11]. Критерий α_{j1} – доля заключенных на реализацию капитальных вложений договоров и соглашений позволяет количественно оценивать исполнительскую дисциплину предприятий по разработке проектно-сметной документации, осуществления эмиссии акций для осуществления капитальных вложений, подготовку необходимой документации для заключения с Госкорпорацией «Роскосмос» договоров и соглашений на реализацию капитальных вложений, критерий α_{j2} – доля заключенных Застройщиками с подрядными организациями государственных контрактов позволяет количественно оценивать наличие фактически исполняемых подрядными организациями строительно-монтажных и проектно-изыскательских работ. Критерий α_{j3} – доля фактически исполненного кассового расхода Госкорпорации «Роскосмос» на обеспечение реализации капитальных вложений показывает положение дел с фактическим доведением до предприятий годового бюджетного финансирования на капитальные вложения, а критерий α_{j4} – доля фактического финансового исполнения государственных контрактов (договоров подряда)

Таблица 2. Характеристика уровней комплексного показателя эффективности количественного и качественного выполнения заданий ГОЗ по капитальным вложениям

№ уровня	Интервал значения $K_{j\Sigma}$	Описание
1	[0,0 – 0,4)	Срыв выполнения заданий ГОЗ в части капитальных вложений для обеспечения производственно-технологическую подготовку предприятий РКП и наземной космической инфраструктуры к разработке, производству изделий РКТ и БРТ, выполнению целевых задач космических программ
2	[0,4 – 0,6)	Большинство ИП находится на начальном этапе реализации или большинство ИП, запланированных к вводу в текущем году, не введены в строй
3	[0,6 – 0,8)	ГОЗ выполнен не в полном объеме – наблюдается рост дебиторской задолженности при реализации капитальных вложений, недофинансирование плановых заданий ГОЗ, рост числа объектов капитального строительства не введенных в строй.
4	[0,9 – 1,0]	Выполнение ГОЗ обеспечивает своевременную и необходимую производственно-технологическую подготовку предприятий РКП и наземной космической инфраструктуры к разработке, производству изделий РКТ и БРТ, выполнению целевых задач космических программ

по капитальным вложениям, заключенных Застройщиками с подрядными организациями, показывает фактическое освоение годовых финансовых средств на капитальные вложения, а также суммарную долю роста дебиторской задолженности Застройщиков, образовавшуюся в результате не освоения финансирования на капитальные вложения. Критерий α_{j5} – доля фактически введенных в строй ИП и критерий α_{j6} – доля годового финансирования фактически введенных в строй ИП от общего годового финансирования запланированных к вводу в текущем году ИП позволяют провести количественную оценку

влияния осуществленных капитальных вложений на выполнение целевых задач космических программ и ГПВ.

Комплексный (интегральный) показатель $K_{j\Sigma}$ оценки эффективности количественного и качественного выполнения заданий ГОЗ позволяет оценить уровень исполнения заданий ГОЗ, таблица 2. В дальнейшем при оценках выполнения ГОЗ требуется апробация и возможное уточнение методики определения комплексного показателя $K_{j\Sigma}$ и интервалов значения $K_{j\Sigma}$ на основе метода экспертных оценок.

Библиографический список

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 апреля 2013 года № Пр-906).

4. 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 // ж. Вестник «НПО «Техномаш». – 2017. – № 3. – С. 61-65.
5. Кондратенко А.Н., Олексенко И.А., Панов Д.В. О новых подходах и о роли головных научно-исследовательских организаций по планированию и сопровождению реализации государственных и федеральных целевых программ в части производственно-технологического развития ракетно-космической промышленности // Вестник «НПО «Техномаш». – 2018. – № 6. – С. 4-9.
6. Литвак Б.Г. Экспертная информация: методы получения и анализа. – М.: Радио и связь, 1982. – 184 с.
7. Хованов Н.В. Оценка сложных экономических объектов и процессов в условиях неопределенности. К 95-летию метода сводных показателей А.Н. Крылова. // Вестник СПбГУ, Сер.5, 2005, Вып. 1. С.138-144.
8. Гмошинский В.Г. Инженерное прогнозирование. – М.: Энергоиздат, 1982. – 208 с.
9. Кондратенко А.Н., Олексенко И.А. Методические подходы рассмотрения и отбора мероприятий по реконструкции и техническому перевооружению предприятий и технологическим НИОКР для включения в программные мероприятия ГП и ФЦП в части производственно-технологического развития РКП // Вестник «НПО «Техномаш». – 2019. – № 9. – С. 19-27.
10. Об утверждении правил формирования и реализации Федеральной адресной инвестиционной программы, Постановление Правительства Российской Федерации от 13 сентября 2010 г. № 716.
11. О реализации Постановления Правительства Российской Федерации от 13 сентября 2010 г. № 716 Об утверждении правил формирования и реализации Федеральной адресной инвестиционной программы. Приказ Министерства экономического развития Российской Федерации от 22 марта 2019 г. № 150.

Кондратенко Александр Николаевич –
канд. техн. наук, директор центра планирования и
реализаций инвестиционных проектов и
капитального строительства
ФГУП «НПО «Техномаш» им С.А. Афанасьева.
Тел.: 8(495) 689-96-90.
E-mail: A.Kondratenko@tmnpo.ru

Сафоник Иван Васильевич –
канд. техн. наук, и.о. заместителя генерального
директора– директор центра сводного планирования
ФГУП «НПО «Техномаш» им С.А. Афанасьева.
Тел.: 8 (495) 689-96-90.
E-mail: I.Safonik@tmnpo.ru

Щеглов Александр Михайлович –
заместитель директора центра
ФГУП «НПО «Техномаш» им С.А. Афанасьева.
Тел.: 8 (495) 689-95-56.
E-mail: alex_s@tmnpo.ru

Kondratenko Alexander Nikolaevich –
Ph.D. in Engineering Sciences, Center Director
for Planning and Implementation of the Investment
Projects and Capital Construction
of FSUE «NPO «Technomash» named after S.A. Afanasyev.
Tel.: 8(495) 689-96-90.
E-mail: A.Kondratenko@tmnpo.ru

Safonik Ivan Vasilievich –
Ph.D. in Engineering Sciences, Deputy CEO–Master
Planning Center Director of FSUE «NPO
«Technomash» named after S.A. Afanasyev.
Tel.: 8 (495) 689-96-90.
E-mail: I.Safonik@tmnpo.ru

Scheglov Alexander Mikhailovich –
Center Director of FSUE «NPO «Technomash»
named after S.A. Afanasyev.
Tel.: 8 (495) 689-95-56.
E-mail: alex_s@tmnpo.ru

◆ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 629.78

Афанасьев Н.Ю., Должанский Ю.М., Илингина А.В.

Создание сверхтяжелых носителей – путь к освоению Луны и планет дальнего космоса¹

N.Y. Afanasyev, Y. M. Dolzhansky, A. V. Ilingina

Super heavy-lift launch vehicle engineering is the only way to the Moon and deep space planets exploration²

Проведен экскурс в историю зарубежной разработки ракет-носителей «тяжелого класса» и приведены результаты технологической экспертизы эскизного проекта отечественной ракеты сверхтяжелого класса «Енисей».

Ключевые слова: освоение Луны, дальний космос, ракета-носитель, тяжелый класс, сверхтяжелый класс, технология, технологическое оборудование, специальная технологическая оснастка, подготовка производства.

A historical background of foreign super heavy-lift launch vehicles and results of expert evaluation of «Yenisei» Russian super heavy-lift launch vehicle draft project are given.

Keywords: The Lunar exploration, deep space, launch vehicle, heavy-lift launch vehicle, super heavy-lift launch vehicle, technology, process equipment, special tooling, manufacturing preparation.

Первые шаги по созданию ракет тяжелого класса сделаны в США, одним из которых стала ракета Вернера-фон-Брауна «Сатурн-5», впервые доставившая человека на Луну. В СССР к таким носителям относятся уникальный ракетный комплекс «Энергия» – проект, намного опередивший своё время, но, к сожалению, по разным причинам преждевременно закрытый.

Когда в 2003 году все вдруг дружно засобирались на Луну и Марс, оказалось, что ни один из существующих носителей не сможет этого сделать, в связи с чем остро встал вопрос о создании совре-

менных ракетных систем «тяжелого» и «сверхтяжелого» классов, способных доставлять до достаточно большие грузы хотя бы на лунную и марсианскую орбиты. Все это и явилось стартом мировой «лунно-марсианской» космической гонки.

Первым полетевшим «тяжёлым» носителем нового поколения можно считать ракетный комплекс «Falcon Heavy» компании Илона Маска. Правда, в «табели о рангах» сверхтяжелых ракет его носитель занимает лишь одну из самых нижних строчек, поскольку способен выводить на околоземные орбиты не более 50 тонн полезной нагрузки,

¹ В статье без частных ссылок использованы материалы аналитических обзоров В.Л. Точило «Актуальные новости космической деятельности по материалам открытых отечественных информационных ресурсов».

² The article uses the materials of analytical reviews by V. L. Tochilo without particular links – «Breaking news of space activities based on materials of open russian informational resources».

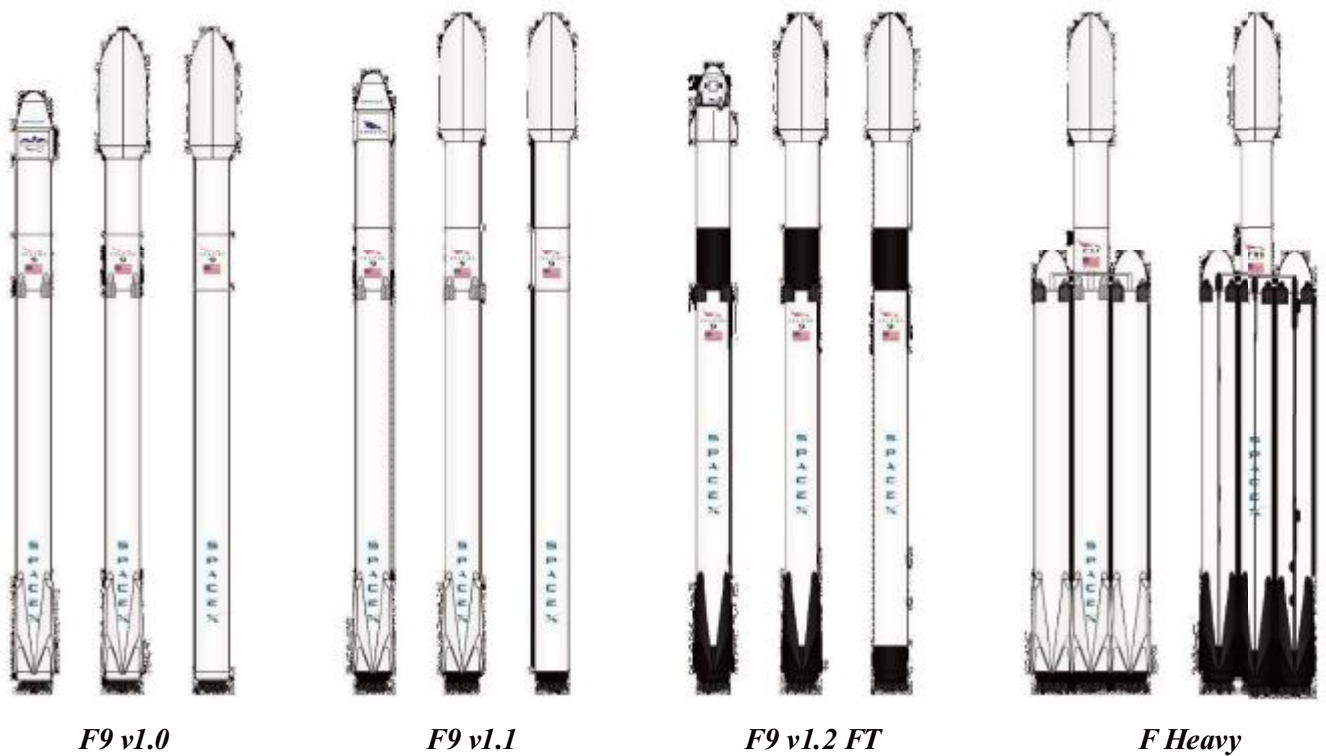


Рис. 1 Тяжелые РН компании SpaceX

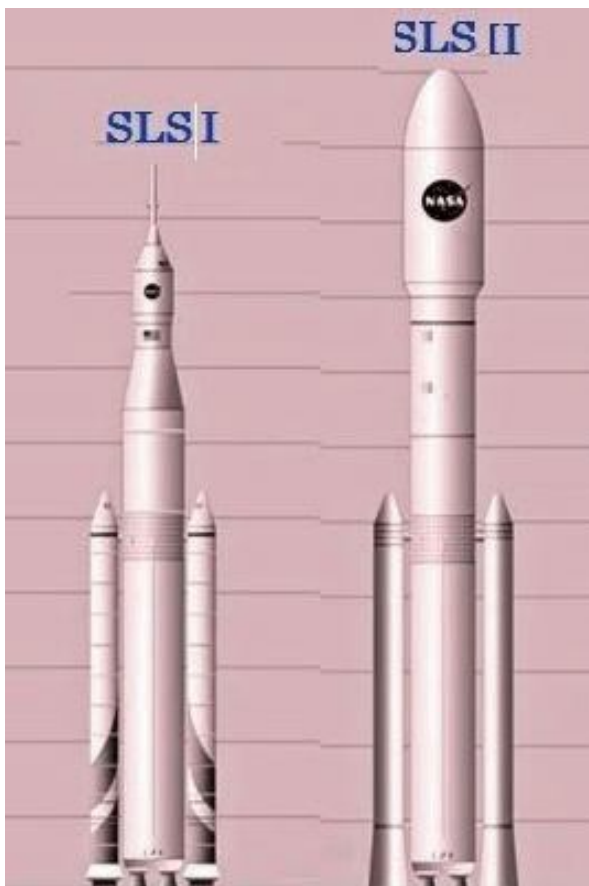


Рис. 2. Тяжелые РН компании Boeing (слева - легендарный «Saturn V»)

что практически вдвое меньше требуемой для реализации проектов освоения дальнего космоса.

В России планировалось, что на Луну полетит сверхтяжелый вариант «Ангарты». Однако, изучив тенденции и перспективы современной лунной гонки, принято принципиальное решение строить целевой отечественный носитель сверхтяжелого класса, который смог бы доставлять на лунные орбиты до 30 тонн грузов. При этом предполагалось:

- наличие надежных и мощных двигателей в новой модификации и возможностью многократного использования;
- на второй ступени будет использоваться РД-171МВ или ставший почти легендарным двигатель РД-180;
- на первой ступени носителя будет работать связка из шести двигателей РД-171МВ. Третья ступень полетит с вновь разрабатываемым двигателем РД-0150.

В США в настоящее время проектируют несколько «тяжелых» и «сверхтяжелых» носителей. Наиболее продвинутыми из них можно считать ракеты линейки F9 компании SpaceX Илона Маска (рис. 1) и носители компании Boeing (рис. 2).

Интересно отметить, что впервые о разработке компанией Илона Маска тяжёлых ракет заявлено ещё в 2011 году, а уже 6 февраля 2018 года его первый «сверхтяж» «Falcon Heavy» отправил на марсианскую орбиту манекен водителя в ярко-красном автомобиле.

Создание «Falcon Heavy» уложилось в очень сжатые сроки. Решение проблемы свелось к тому, что к штатной ракете «Falcon» добавились ещё два аналогичных носителя, тем самым увеличив количество одновременно работающих на старте двигателей до 27.

С точки зрения традиционного ракетостроения «сверхтяж» «Falcon Heavy» содержит не одно неоптимальное техническое решение, и прежде всего потому, что работу 27 двигателей необходимо строго синхронизировать, и до первого запуска многие не верили, что SpaceX сумеет решить эту задачу. Маск её решил, а современный уровень вычислительной техники помог ему сделать то, чего в своё время не удалось добиться С.П. Королеву на первой в мире советской тяжелой ракете Н-1, когда за четыре опытных пуска 30 одновременно работающих на старте ракеты двигателей так и не сработали синхронно, и раз за разом старты ракеты заканчивались авариями.

По информации, находящейся в открытом доступе, относительно разработок компании «Boing» – для проекта «SLS» («Space Launch System») успешно испытаны основные элементы, а сам носитель собирается в одном из ангаров NASA.

Следует отметить:

- серьёзный конкурент сверхтяжелым носителям США и России создается в Китае (проект «Чакнчжэн-9»);
- ещё одной страной, всерьёз заявившей о намерении разработать тяжелую ракету-носитель, стала Индия (рис. 3);
- амбиции Украины в этом вопросе: КБ «Южное» представило облик перспективных космических ракет-носителей класса «Маяк» (рис. 4),



Рис. 3. Проекты тяжелых носителей Индии

при этом по данным КБ, ракета Mayak-SH-3 способна выводить на низкую околоземную орбиту 59 тонн груза, ракета Mayak-SH-7 – 125 тонн, а ракета Mayak-SH-5 может быть использована для выведения на орбиту космических транспортных систем Земля–Луна–Земля.

С 2018 года работы по созданию носителей тяжелого и сверхтяжелого классов развернуты и в России (рис. 5). В 2019 году разработан и успешно защищён эскизный проект космического ракетного комплекса сверхтяжелого класса – СТК «Енисей» (рис. 6) с массой полезной нагрузки, выводимой на низкие околоземные орбиты (НОО), не менее 88 тонн и способностью вывести на полярную окололунную орбиту пилотируемый транспортный корабль массой 20 тонн³.

³ «ДОН» Должен выводить до 140 тонн на НОО и доставлять на Луну не менее 33 тонн полезной нагрузки.



Рис. 4. Облик линейки РН «Маяк» (Украина)

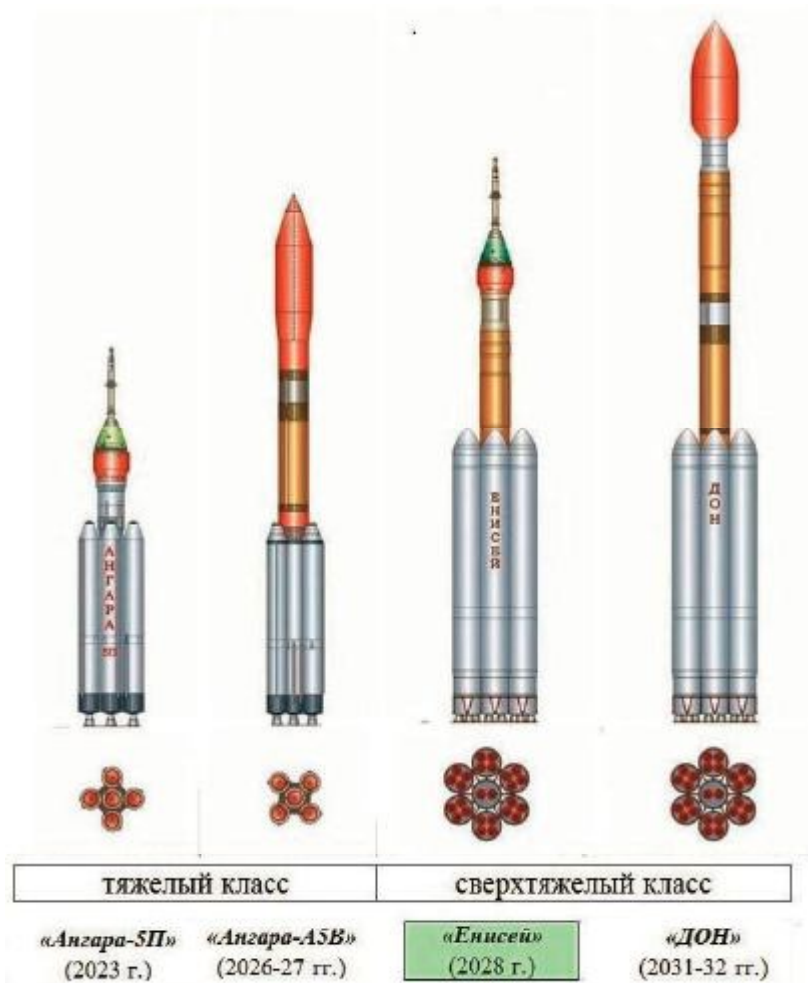


Рис. 5. Перспективные отечественные «тяжелые» ракеты-носители

данного оборудования и СТО, а также освоение технологии СТП составит (с начала заключения соответствующих контрактов) не менее 30–35 месяцев.

Тем не менее необходимость применения технологии СТП вместо сварки плавлением не вызывает сомнений, так как позволяет:

- сократить примерно в четыре раза трудоемкость и общие затраты сборки-сварки корпуса бака;
- сократить примерно в два-три раза длительность цикла изготовления корпуса бака.

3. Взамен технологии изготовления обшивок днищ корпусов баков I и II ступеней из восьми секторов, полученных на обтяжном прессе с последующей обработкой поверхности химическим фрезерованием (стоимость подготовки производства составляет примерно 300 млн руб.), целесообразно использовать эффективную современную технологию изготовления днищ цельной конструкцией ротационной вытяжкой с последующей обработкой зеркальным фрезерованием (стоимость подготовки производства – менее 80 млн руб.).

4. В связи с существенным ужесточением в последнее время требований по обеспечению производственной чистоты при изготовлении деталей сборочных единиц ракетно-космической техники, рекомендовано вместо заложенных в документацию эскизного проекта СТК традиционных технологий ручной очистки использовать, прежде всего, для очистки внутренних полостей топливных баков и других ёмкостных конструкций изделия, современные технологии криогенной углекислотной очистки⁴.

При рабочих давлениях в системах такой очистки в 5–10 кгс/см² и расходе воздуха не более 8 м³/мин технологии криогенной очистки обеспечивают⁵:

- чистоту наружных и внутренних поверхностей ДСЕ РКТ до 3–5 классов без повреждения очищаемых поверхностей и с уровнем остаточных масляных загрязнений не более 25–30 мг/м²;
- отказ от запрещаемых в настоящее время к применению технических хладонов с заменой их на экологически безопасный углекислый газ.

Также технологии криогенной углекислотной очистки предполагают возможность практически полной автоматизации процессов очистки (опытный образец соответствующей роботизированной установки разработан специалистами ФГУП «НПО «Техномаш»).

Ключевой проблемой готовности производственной базы для создания РН СТК является оценка готовности производственно-технологической базы отрасли.

Следует отметить, что в связи с возрастанием производственной программы кооперации исполнителей проекта создания КРК СТК потребуются увеличение производственных мощностей целого ряда предприятий отрасли, что должно быть обязательно учтено при планировании ресурсного обеспечения соответствующих подпрограмм СТК, в том числе мероприятий по реконструкции и техническому перевооружению предприятий-исполнителей проекта КРК СТК.

В целом предприятия ракетно-космической промышленности обладают необходимым научно-техническим опытом, потенциалом и заделом по использованию новых технологий, представленных в эскизном проекте, что позволяет сделать вывод об их реализуемости.

Высокий уровень преемственности конструкторско-технологических решений позволяет реализовать данный проект на производственной базе предприятий-исполнителей с учетом приобретения требуемого дополнительного оборудования и оснащения.

⁴ Технология криогенной углекислотной (безжидкостной) очистки является мягким, неразрушающим методом очистки изделий практически от любых типов загрязнений и заключается в обработке поверхности изделия сверхзвуковой воздушной струей, насыщенной гранулами твердой углекислоты («сухого льда»).

⁵ Типовой технологический процесс ФГУП «НПО «Техномаш» № 922.02207.00050.



В заключение следует подчеркнуть, что реализация проекта «Енисей» станет одним из знаменательных достижений отечественной космонавтики за последние годы и от этого во

многом будет зависеть, какие межпланетные горизонты откроются перед российской космонавтикой в перспективе не столь далёких лет.

Афанасьев Николай Юрьевич –
директор Центра технологических разработок
ФГУП «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева.
Тел.: 8 (495) 689-97-04.
E-mail: N.Afanasyev@tmnpo.ru

Должанский Юрий Михайлович –
д-р техн. наук, главный научный сотрудник
ФГУП «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева.
Тел.: 8 (495) 689-97-04 доб. 24-27.
E-mail: Dolzhansky.Yu@tmnpo.ru

Илингина Алла Валерьевна –
начальник отделения ФГУП «НПО «Техномаш»
им. С.А. Афанасьева
Тел.: 8(495) 689-96-90.
E-mail: a.ilingina@tmnpo.ru

Afanasyev Nikolay Yurevich –
Director of Technological Design Center of FSUE
«NPO «Technomash» named after S.A. Afanasyev.
Tel.: +7 (495) 689-97-04.
E-mail: N.Afanasyev@tmnpo.ru

Dolzhanskiy Yurii Mikhailovich –
Doktor Nauk, Chief Research Scientist
of FSUE «NPO «Technomash» named after S.A. Afanasyev.
Tel.: +7(495) 689-97-04 (add. 24-27).
E-mail: Dolzhansky.Yu@tmnpo.ru

Ilingina Alla Valeryevna –
Head of Department of FSUE «NPO «Technomash»
named after S.A. Afanasyev.
Tel.: +7(495) 689-96-90.
E-mail: a.ilingina@tmnpo.ru

К 90-летию генерал-майора Дохова Михаила Тutowича

To the 90th Anniversary of Major General Dokhov Mikhail Tutovich

Генерал-майор в отставке Дохов Михаил Тutowич – лауреат Государственной премии СССР (1978), Почетный радист СССР, Заслуженный испытатель космической техники, генерал-майор (1984), начальник 1-го Научно-исследовательского центра специальных космических аппаратов.

После увольнения в запас (1990) принимал активное участие в общественной работе среди ветеранов Командно-измерительного комплекса.

Активно участвовал в патриотическом воспитании подрастающего поколения. В 2004 году избран председателем Совета МОО «Ветераны КИК».

Награжден орденами «За службу Родине в Вооруженных Силах СССР» 2-й и 3-й степени, орденом «Знак Почета» и 15 медалями, знаками отличия космонавтики Российской Федерации.



Ветеран Вооруженных сил СССР, ветеран Космических войск, председатель Совета МОО Командно-измерительного комплекса
Дохов Михаил Тutowич

Этапы жизненного пути

Михаил Тutowич Дохов родился 12 августа 1930 года в селе Жемтала, Советского района, Кабардино-Балкарской АССР. Отец – Дохов Тут Закирьяевич, погиб в 1943 году при освобождении Киева, мать – Ужа Таутиевна, вырастила и воспитала шестерых детей.

После окончания неполной средней школы, Михаил Тutowич поступил в Ереванскую спецшколу ВВС.

1948–1951 – учащийся спецшколы ВВС. Во время учебы в спецшколе окончил курсы летчиков при аэроклубе. Самостоятельно летал на самолетах ПО-2, УТ-1, ЯК-18, совершил 18 прыжков с парашютом. Получил первые разряды по парашютному спорту и гимнастике.

1951–1953 – курсант Серпуховского авиационного училища, которое окончил с отличием и получил воинское звание техника-лейтенанта.

1953–1957 – начальник группы, инженер полка по радиотехническому оборудованию самолетов ВВС в Заполярье (Мурманская область).

1957–1962 – слушатель Киевского высшего авиационно-инженерного училища, затем переведен в Киевское высшее ракетно-артиллерийское училище, которое окончил в 1962 году и направлен по распределению в Командно-измерительный комплекс, где проходил службу до конца

своей военной карьеры в должностях: начальник станции «Кама», начальник 48-го отделения НИП-6 (две станции «Кама» и станция «Краб»), начальник 1-го отдела НИП-6 (станции траекторных и командных радиолиний «Куб», «Подснежник», «Пост-Д», «Коралл»).

Михаил Тутович умело руководил личным составом отдела, стал первоклассным специалистом, повысив свою квалификацию (на первый класс сдавал по трем станциям: «Подснежник», «Куб», «Пост-Д-1»). Подразделения, которыми командовал майор Дохов М.Т., были одними из лучших не только в части, но и в КИК. Его ставили в пример А.Г. Карась, И.Д. Стаценко, Н.Ф. Шлыков, Г.Л. Туманян. Благодаря усердию, профессиональным данным, волевым и нравственным качествам Михаил Тутович за шесть лет (1962–1969), под руководством начальника НИП-6 полковника Тихонова Ивана Ивановича, прошел должностной путь от начальника радиолокационной станции «Кама» до командира космической части.

В 1963 году награжден медалью «За боевые заслуги».

1966–1968 – командир Сарычальского НИП-11.

1968–1970 – слушатель командного факультета академии им. Ф.Э. Дзержинского.

1970–1974 – командир НИП-15 (Галенки).

1974–1975 – начальник первого управления Центра КИК (КА разведки и наблюдения земной поверхности). Управлял КА «Зенит-2», «Янтарь», «Алмаз», ДОС, работа которых в конечном итоге позволила заключить с США договор по ограничению стратегических вооружений.

1975–1982 – первый заместитель начальника ЦАК.

1982–1990 – начальник 1-го испытательного Центра (Специальные КА Управления 5, 6, 9).

1986 – Высшие академические курсы усовершенствования высшего руководящего состава при Военной академии ГШ ВС СССР.

Будучи начальником 1-го центра, внес крупный вклад в совершенствование новых образцов

космической техники. Много сделал по совершенствованию боевого дежурства.

Уволен в запас в 1990 году.

2004 – председатель совета МОО «Ветераны КИК».

В 2009 году переизбран председателем совета на второй срок. Главная задача совета – пропаганда истории и достижений отечественной космонавтики, роли КИК в освоении космического пространства. Особое внимание уделял защите социальных и гражданских прав ветеранов, патристическому воспитанию личного состава, учащейся и допризывной молодежи.

Биография М.Т. Дохова наполнена интересными событиями. Вот одно из них: в марте 1965 года на НИП-6 прибыл летчик-космонавт Г.С. Титов для ведения переговоров с экипажем КА «Восход-2». После двух суток радиопереговоров с командиром корабля П.И. Беляевым и А.А. Леоновым из ЦКП КИК поступила телеграмма о передаче на борт корабля команды «провести спуск в ручном режиме». Майор М.Т. Дохов в этот день был оперативным дежурным, и ему пришлось непосредственно докладывать содержание телеграммы за подписью командира части на соседнюю площадку, где размещалась станция «Заря». Титов получил вовремя распоряжение и успел передать его Беляеву П.И., пока космический корабль «Восход-2» находился в зоне видимости пункта. Космонавты благополучно в ручном режиме совершили посадку.

За годы службы в КИК М. Дохов вырос до руководителя крупного масштаба со своим специфическим стилем работы.

Отчего зависел его успех? Почему ему оказано такое доверие? Он прекрасно понимал: «Отделение управления от управляемых ведет к бездушному бюрократизму, порождает пассивность и равнодушие». Он был близок к людям, прост, доступен и никогда не показывал своего превосходства.

При вступлении в должность командира НИП-11 Дохов М.Т. начал работу со знакомства с заместителями, начальниками отделов и офицерским

составом. С каждым офицером лично беседовал, вникал в нужды и настроения, искал, на кого можно опереться. Ознакомился с уровнем воинской дисциплины, боевой и политической подготовки, выполнением боевых работ. Побеседовал с членами женсовета и с женами офицеров.

Сразу выявил ряд проблем, которые надо срочно решать – построить среднюю школу при части, обеспечить жен офицеров работой, добиться от городских властей выделения автобуса для поездок жителей городка в город. При знакомстве с состоянием теплосетей, водопровода, котельной сделал вывод: надо срочно добиваться строительства новой котельной. С начальником политотдела рассмотрел проблему обеспечения коммунистами и комсомольцами авангардной роли. Провел офицерское собрание, чтобы лучше понять запросы относительно жилья и организации отдыха, выявить пожелания. С заместителем по материально-техническому обеспечению рассмотрел проблемы, связанные с питанием личного состава.

За два года командования НИП-11 Михаилом Тутовичем сделано немало: начато строи-

тельство новой средней школы, большинство жен офицеров устроено на работу по специальности, в части построена новая гостиница с совмещенным спортивным залом, построен бассейн. Проведена реконструкция зданий для штаба и узла связи, построена солдатская казарма. За счет укрепления подсобного хозяйства улучшилось питание личного состава. Активизировалась работа женсовета – в части интересно проводились вечера отдыха, была хорошая художественная самодеятельность.

По воспоминаниям сослуживцев, душевные и нравственные качества Михаила Тутовича способствовали сплочению коллектива. Его трудолюбию можно было позавидовать. Он был талантливым организатором: творчески подбирал и расставлял кадры, особое внимание уделяя своим заместителям, и через них осуществляя руководство коллективом. Создал систему, которая позволяла оставаться лидером. Всегда был в курсе событий, помогая словом и делом. С ним легко работало, легко дышалось.

12 августа Михаилу Тутовичу исполнилось бы 90 лет. Память о нем и его делах живет в наших сердцах.



НПО ТЕХНОМАШ
ИМ. С.А. АФАНАСЬЕВА

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