

Пятьдесят лет тому назад, 16 марта 1962 года был произведен успешный запуск первого украинского спутника (ДС-2), получившего название «Космос». И спутник, и двухступенчатая ракета-носитель (спроектирована на базе серийной боевой ракеты 8К63) созданы под руководством Главного конструктора днепропетровского ОКБ-586 академика М.К. Янгеля. Систему управления для носителя разработало харьковское ОКБ-692 («Хартрон»). Всего было произведено 165 запусков различных объектов (спутники серий «Космос» и «Интеркосмос») с двух стартовых позиций. Комплекс эксплуатировался до 18 июня 1977 г.

УДК 629.7.036.5

Ю.А. МИТИКОВ¹, В.А. АНТОНОВ², М.Л. ВОЛОШИН², А.И. ЛОГВИНЕНКО²

¹ *Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара, Украина*

² *ГП «КБ «Южное» им. М.К. Янгеля», Днепропетровск, Украина*

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ НАДЁЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ РАКЕТНЫХ КОМПЛЕКСОВ

На примере совершенствования систем наддува топливных баков, важнейших составляющих систем питания двигательных установок, проведен анализ путей повышения надёжности и безопасности эксплуатации ракетных комплексов. Показано существенное влияние систем наддува на надёжность, стоимость и эксплуатационные характеристики не только ракет, но и стартовых комплексов, стендовой и производственной базы. Рассмотрены и сопоставлены системы наддува современных космических носителей и МБР, созданных в ГП «КБ «Южное им. М.К. Янгеля». Выявлены и обоснованы приоритеты – автономные (независимые от стартового комплекса) наукоёмкие конструктивно простые системы наддува. Показана последовательность решения сложнейших технических и научных проблем повышения надёжности, начиная с первых «янгелевских» ракет Р-11 и Р-12, приведшая к созданию шедевров мирового ракетостроения, таких как МБР 18М («Сатана») и РН «Зенит». Показано заметное отставание уровня газобаллонных гелиевых систем наддува современных космических носителей от автономных систем наддува МБР разработки прошлого столетия. Намечены пути совершенствования систем наддува космических носителей.

Ключевые слова: автономные и газобаллонные системы наддува, надёжность, упрощение эксплуатации ракетного комплекса

Введение

Рассматривая пути повышения надёжности и безопасности эксплуатации ракетных комплексов на примере разработок КБ «Южное», необходимо отметить высочайший уровень подготовки, инженерную волю и последовательность в решении этой проблемы основоположника КБ, его Главного конструктора М.К. Янгеля, столетний юбилей которого в прошлом году широко отмечался научной общественностью.

М.К. Янгель получил прекрасное образование (в 1937 году закончил с отличием МАИ по специальности «Самолётостроение», чем далеко не все главные конструктора, его современники, могли похвастаться). Руководил его дипломным проектом

выдающийся авиаконструктор – «король истребителей» того времени Н.Н. Поликарпов. Принимал активное участие в серийных разработках истребителей, в создании уникальных конструкций, существенно опережающих время, был на стажировке в авиапроме США. Глубоко узнал производственные проблемы, работая заместителем директора авиационного завода, занимался его эвакуацией, а затем и рэвакуацией. После войны работал в аппарате Министерства авиационной промышленности (1946–1948), где координировал развитие самолетостроения. С отличием окончил Академию авиационной промышленности (1950).

Свои первые годы в ракетной технике М.К. Янгель провёл в головном институте НИИ-88, приобретая опыт, в том числе, в филиале №1 указанного

института. Следует заметить, что в нём работали, находясь в «почётном плену», немецкие ракетчики (учившиеся в своё время у Нобелевских лауреатов, например, у Л. Прандтля), руководимые Гельмутом Гретруппом, бывшим ближайшим сподвижником Вернера фон Брауна.

Накопленный огромный теоретический, производственный и политический багаж, добытый, в том числе, и в крайне напряженное военное время, позволял Михаилу Кузьмичу чувствовать себя уверенно среди своих современников-руководителей в новой для страны ракетной отрасли. Он, как никто другой, знал экономические возможности послевоенного СССР, уровень отечественного научного обеспечения разработок военной техники, потенциал вероятного противника. Всё это вместе взятое открывало ему горизонты на много лет вперёд, давало возможность с опережением времени системно закладывать основы перспективных направлений развития ракетной техники как таковой, так и важнейших её составляющих.

Тут уместно вспомнить техническое кредо М.К. Янгеля, – Заказчику надо не то, что он хочет, а то, что ему нужно ...

Постановка задачи исследований

В конце сороковых годов советская ракетная техника (военная, другой не было) стояла на распутье – по какому пути двигаться дальше? Принципиально, таких путей было два.

Первый, эволюционный, заключался в дальнейшем улучшении эксплуатационных характеристик ракет, аналогов Фау-2, на уже привычном топливе кислород и спирт (впоследствии – керосин). Однако этот путь уже не устраивал передовую часть руководства Советской Армии в силу дороговизны обслуживания ракет на криогенном компоненте, громоздкости и невозможности соответствующей защиты стартового комплекса ракет с криогенным топливом.

Второй, революционный путь, заключался в создании баллистических ракет на новых (для этого класса ракет) высококипящих компонентах. Именно второй путь мог обеспечить заметное повышение надёжности и боеготовности, удешевление всего ракетного комплекса, существенное упрощение его эксплуатации, возможность создания мобильных комплексов.

Целью данной статьи является анализ путей повышения надёжности и безопасности эксплуатации ракетных комплексов на примере совершенствования систем наддува топливных баков, важнейших составляющих систем питания двигательных установок (ДУ) ракет-носителей (РН).

Система питания компонентами топлива ДУ занимает своеобразное место среди других систем ракетного комплекса. В её состав в общем случае, как известно, входят [1]:

- топливная система (баки, заборные устройства, расходные магистрали);
- системы заправки ДУ сжатыми газами и компонентами топлива;
- системы дренажа и предохранения баков от недопустимых величин давлений;
- системы предпускового и полётного наддува топливных баков и др.

Значимость рассматриваемых систем питания определяется не только их определяющим вкладом в массовую сводку носителя. Системы питания, и в первую очередь – системы наддува (СН), во многом формируют как конструктивную сложность ракеты (а, следовательно, и её надёжность), так и, что не менее важно, структуру и стоимость стартовой позиции, стендовой испытательной базы, производственных и технологических мощностей, количество обслуживающего персонала.

Изложение основного материала исследования

Наличие в составе ракетного комплекса любого дополнительного компонента к двум уже выбранным (окислитель и горючее) сразу же приводит к необходимости осуществления целого ряда технически сложных и дорогостоящих мероприятий. К таким дополнительным компонентам в начале пятидесятых годов в СССР, США, Англии и Франции относились:

- перекись водорода (для работы турбонасосного агрегата);
- сжатые воздух и азот (для наддува баков);
- вода (для охлаждения стартового стола, а во Франции – для охлаждения двигателя и для балластирования генераторного газа с целью снижения его температуры) и др.

Дорогостоящие «дополнительные» мероприятия – это проектирование, отработка и изготовление комплекса хранения (получения) каждого дополнительного компонента, транспортировки его к стартовым позициям, так и к испытательной базе, заправки им штатной ракеты и всех экспериментальных установок, созданных для отработки. Естественно, необходимо подготовить (а в дальнейшем регулярно контролировать и повышать технический уровень) штат специалистов для работы на этих дополнительных комплексах в каждом из указанных мест.

Далее, использование для наддува топливных баков РН такого распространённого в ракетной тех-

нике рабочего тела как сжатый гелий требует постоянного достаточного дорогостоящего контроля подземных ёмкостей (сосудов высокого давления) на герметичность, прочность, чистоту, не только на стартовой позиции, но и на действующей испытательной базе. Также в постоянном контроле состояния нуждаются и все многочисленные агрегаты автоматики, участвующие (и дублирующие) в заправке хранилищ, хранении и последующей заправке ракеты дополнительными компонентами.

Учитывая, что запуски практически всех современных РН происходят всего лишь 3 – 6 раз в год с одной стартовой позиции, становится понятным, что «наземная» составляющая стоимости запуска космического объекта «благодаря» введению дополнительных компонентов на борту носителя заметно возрастает. Сейчас себе это трудно представить, но на момент разработки («всего лишь» 36 лет тому назад) известнейшей РН «Зенит» (тогда изделие 11К77) планировалось до 40 пусков её в год! При такой интенсивности работ, естественно, вклад наземной части на 1 пуск был существенно меньше.

Отдельно надо отметить, что стереотипы по проектированию космических ракет и космодромов для достижения, преимущественно, политических целей за бюджетные деньги, сложившиеся в пятидесятые – шестидесятые годы, к сожалению, живы и сегодня. В настоящее же время, когда стремительно идёт коммерциализация космической техники во всём мире, когда растёт число стран, стремящихся оказывать пусковые услуги, во главу угла должна ставиться минимальная стоимость запуска 1 кг полезной нагрузки (не за счёт заработной платы разработчиков) при требуемой надёжности.

Более подробно остановимся на первых ракетах, использующих высококипящие компоненты топлива. Во-первых, именно в их составе стали применяться автономные СН, подчёркивающие преимущества этих топлив. Во-вторых, в технической литературе крайне мало технических сведений о системах питания ДУ тех времён, а та информация, что имеется, зачастую носит противоречивый характер.

Придя в ракетную технику, поработав в ней и разобравшись в сути вопросов, заместитель Главного конструктора ОКБ-1 головного ракетного НИИ-88 (а с мая 1952 года – директор института) М.К. Янгель принял раз и навсегда революционный путь её развития. Этот путь заключался во внедрении в практику ракетостроения высококипящих компонентов топлива и последовательной реализации всех преимуществ, которые они в себе таили: существенное упрощение и удешевление обслуживания ракетного комплекса, повышение его защищённости и, следовательно, надёжности. Именно

этот путь вёл к тому, что баллистическая ракета (впоследствии – межконтинентальная) могла превратиться в настоящее грозное оружие. Этот путь таил много неизведанного, но в случае успеха открывал огромные перспективы.

Именно такими, революционными, и стали первые ракеты Михаила Кузьмича – Р-11 и Р-12. На своей первой одноступенчатой (других тогда ещё не было) ракете Р-11, разрабатываемой по постановлению Совета Министров СССР от 4.12.1950 г., был реализован и опробован ряд перспективных решений, в том числе, и по СН топливных баков, которые он планомерно далее доводил до идеала. Основными идеями разработки Р-11 являлось подтверждение (в минимальные сроки) удобства и упрощения эксплуатации ракет с высококипящими компонентами топлива (горючее Т-1, окислитель АК-20И, пусковое горючее ТГ-02 – «Тонка»), снижение их потребной массы при прочих равных условиях, увеличение срока нахождения ракет в полной боевой готовности, возможность создания на их базе мобильных комплексов. Тактическая ракета Р-11 благодаря этому, имела срок хранения в заправленном состоянии не менее 1 месяца! Небывалый срок для того времени.

Если на прототипе данной ракеты («Wasserfal», Германия, 1943 г.) использовалась азотная газобаллонная вытеснительная система (дополнительный компонент азот), то на Р-11 М.К. Янгелем была применена автономная (не связанная со стартом) горячая (в данном случае – твёрдотопливная, таящая и сегодня ряд технических проблем, в силу чего она не находит подходящего применения). Но этот шаг позволял упростить старт путём исключения из его состава азотодобывающей станции с обслуживающим её персоналом, исключить дополнительные связи со стартом, облегчить ракету, убрав из её конструкции баллоны высокого давления с агрегатами автоматики. При разработке Р-11 были принесены в жертву многие уже хорошо известные (в перспективности которых не было сомнений) технические решения (турбонасосная система подачи топлива, достаточно точная система управления, заборные устройства и др.), но только не решения, снижающие автономность ракеты, в нашем случае это СН.

В итоге ракета Р-11 получилась легче аналога Р-1 (Фау-2) в 2,5 раза при той же дальности, надёжнее, проще в обслуживании и дешевле. Неудивительно, что она стала основой последующих тактических мобильных комплексов, стоящих на вооружении Советской Армии. Именно дешевизна, неприхотливость и простота обслуживания позволили потом продавать их в огромных количествах дружественным странам азиатского и африканского континентов.

При проектировании и отработке ракеты Р-11 была прочувствована проблематика горячего наддува топливных баков, что дало возможность последовательно развивать это направление в дальнейших разработках. В чём заключалась эта проблематика применительно к внутрибаковым процессам? Первое, далеко не чистые продукты сгорания ПАДов. В их составе, имевшем сугубо восстановительный характер (до 30% H_2 и до 25% CH_4 , что теоретически не желательно для бака с окислителем) имеется конденсированная фаза ($C(s)$, Pb , MgO , TiO_2), которая могла загрязнять верхний слой топлива и внутрибаковые устройства. Далее, в горячих пороховых газах содержится до 20% паров воды, часть которых при остывании внутри бака в результате теплообмена и совершения механической работы вытеснения топлива конденсируется, уменьшая количество газа наддува в баке. При этом увеличиваются прогревы верхнего слоя топлива и конструкции бака (для стальных баков Р-11 это не так важно) за счёт выделения скрытой теплоты парообразования.

Сложнейшие вопросы нестационарных тепловых и массообменных процессов в баках ракет при их горячем наддуве, которые в достаточном объёме и на требуемом уровне не изучены и к сегодняшнему дню, необходимо было решать, причём в кратчайшие сроки. И это удалось сделать инженерным путём. Например, исключение взрывоопасной ситуации в баке окислителя при наддуве газом с избытком горючего достигалось охлаждением продуктов сгорания ПАДа жидким окислителем ниже температуры самовоспламенения паров окислителя и горючего. Возможное загрязнение конденсированными продуктами сгорания и повышенный прогрев верхнего слоя топлива не было критичным из-за заметных остатков незабора топлива (заборные устройства не предусматривались). Можно привести и другие смелые и адекватные технические решения, существенно упростившие схему ракеты.

Сугубо положительный результат разработки ракеты Р-11 позволил Правительству выпустить постановление о проектировании очередной ракеты Р-12 на высококипящих компонентах топлива (горючее ТМ-185, окислитель АК-27, пусковое горючее ТГ-02) на дальность 1000 км. Возглавив в 1954 году днепропетровское ОКБ-586, М.К. Янгель добился у руководства отрасли изменения дальности ракеты в два раза (не было смысла дублировать разработку НИИ-88) и оснащения её полностью автономной системой управления. Также были привнесены в разработку и уже апробированные на Р-11 прогрессивные технические решения, в том числе и по СН.

Так, из первого варианта Р-12 был исключён с борта изделия жидкий азот (а со стартовой позиции добывающая и сжижающая азот станция с обслужи-

вающим персоналом), используемый для наддува обоих топливных баков после испарения и нагрева в специальном теплообменнике. Такая система планировалась и впоследствии была реализована на ракете Р-7 С.П. Королёва (СН с жидким азотом в дальнейшем развитии не получили и не применялись). М.К. Янгель всячески поддерживал инициативу разработчиков системы питания двигателя РД-214 Э.М. Кашанова, В.И. Кукушкина и В.А. Антонова об одновременной проработке ряда новых автономных СН. Особо следует отметить, что Главный конструктор постоянно лично контролировал ход разработки, и зачастую помогал исполнителям в принятии необходимых решений «через головы» промежуточных начальников.

Наилучшие результаты из рассматриваемых систем показала СН бака окислителя продуктами разложения перекиси водорода, которая использовалась на этой ракете для работы турбины двигателя [3]. При этом были решены сложнейшие проблемные вопросы. Так, при попадании в бак такой газ (H_2O+O_2) с начальной температурой более $500^{\circ}C$ после совершения работы выдавливания топлива и теплообмена с граничными поверхностями остывал. В результате указанных процессов его температура заметно падала, и часть паров воды конденсировалась, в том числе и на алюминиевом днище бака окислителя (верхний бак состоял из двух отсеков). Конденсация приводила к недопустимо высокой температуре алюминиевого днища. Интересно отметить, что на ФАУ-2 и Р-11, где баки окислителя впервые наддували соответственно парами кислорода и генераторным газом, происходили аналогичные процессы. Однако отрицательных последствий там не наблюдалось, т.к. баки были стальными.

Проблема перегрева алюминиевого днища на Р-12 была решена достаточно элегантно – введением тонкостенного фальшднища, которое расположили эквидистантно силовому! Для усиления эффекта температура газа на входе в свободный объём бака дополнительно снижалась, что достигалось размещением простейшего трубчатого теплообменника в толще окислителя.

Были попытки использовать парогаз и для наддува бака с горючим ТМ-185, но в силу недостатка времени они не были доведены до конца.

Для наддува бака горючего на ракете Р-12 была использована воздушная газобаллонная система, заправляемая на старте от обычного компрессора.

В 1959 году была реализована ещё одна гениальная идея М.К. Янгеля – использование серийно выпускаемого боевого носителя (дешёвого, надёжного, отработанного) для запуска космических объектов различного назначения. Спутники и ракеты-носители этого направления получили название

«Космос». Для этого была спроектирована новейшая вторая ступень для Р-12 с использованием временно неостребованного двигателя РД-119. На ней применили только что освоенное промышленностью горючее НДМГ в паре с жидким кислородом (удельный импульс – 352с!). Баки II ступени наддувались автономными системами – испарённым кислородом и генераторным газом, балластированным горючим.

Интересно отметить, что на следующей ракете Р-14 на компонентах топлива АК-27И и НДМГ были реализованы простейшие неавтономные газобаллонные системы, для бака окислителя воздушные, для бака горючего – азотные. Может возникнуть вопрос, – Почему после стольких трудов и позитивных результатов приняты не автономные СН? Ответ на этот вопрос вытекает из уникального уровня небольших потребных давлений в баках на этой разработке. Ракета Р-14 одноступенчатая на большую дальность (~4500 км), баки длинные и давление на входе в двигатель по линиям обоих компонентов в значительной мере обеспечивалось столбом жидкости (с учётом полётной перегрузки). Более того, чтобы его уменьшить до потребного, в расходной магистрали окислителя (верхнего бака) был даже установлен дроссель! Поэтому, учитывая крайне сжатые сроки (в это время в ОКБ-586 полным ходом шла разработка первой днепропетровской МБР Р-16) и были приняты простые газобаллонные СН небольшой массы, не требующие большого объёма экспериментальной отработки.

В дальнейших разработках янгелевских ракет применялись только автономные системы полётного наддува: скоростным напором воздуха, газогенераторные, смесевые, высокотемпературные газогенераторные. Достаточно быстро были внедрены и автономные системы предпускового наддува, так называемые химические (впрыск самовоспламеняющихся компонентов топлива в свободные объёмы баков). Такие новаторские решения потребовали колоссальной концентрации усилий разработчиков систем, привлечения ведущих научных организаций страны, большого объёма комплексных уникальных экспериментальных исследований. Внедрение эффективных автономных СН дало возможность существенно упростить стартовую позицию, свести к минимуму обслуживающий персонал за счёт размещения всех потребных ресурсов для старта и полёта ракеты на её борту.

Несомненным движением вперёд является и внедрение в практику ракетостроения такого новаторского решения как безлюдный старт, существенно повышающего надёжность старта ракеты и безопасность её эксплуатации. Уже на ракетах второго поколения все запраочно-сливные операции прово-

дились бортовыми элементами автоматики дистанционно. Был исключен пресловутый ПЩС (ручной пневмоцилок стартовый), который ранее размещался в непосредственной близости от заправляемой ракеты.

В заключение следует констатировать, что идеи о максимально простом стартовом комплексе, о минимальном объеме предстартовых операций и максимальной простоте обслуживания ракетного комплекса на стартовой позиции (минимальное влияние человеческого фактора в экстремальных условиях), к чему самое непосредственное отношение имеют системы предпускового и полётного наддува, продолжают жить и реализовываться. Так, путём последовательной разработки изначально плодотворных идей, и были созданы шедевры современного ракетостроения, которые ещё долго будут служить эталонами в своих классах. В первую очередь, это конверсионная РН «Днепр» (межконтинентальная ракета Р18), ракета Р18М, больше известная как «Сатана», находящаяся на боевом дежурстве в полной боевой готовности 25 лет. Эти отечественные РН имеют на борту все ресурсы для старта. Тут уместно отметить и РН «Зенит», подготовка к старту которой максимально (среди космических носителей) ускорена и полностью автоматизирована (безлюдный старт).

Выводы и перспективы дальнейших работ в данном направлении

В контексте рассматриваемого вопроса надо отметить, что конструкции СН современных космических РН, использующих самые распространённые компоненты топлива жидкий кислород и РГ-1, таят большие резервы. На эксплуатируемых сегодня носителях до сих пор применяются (и планируются к применению) дорогостоящие тяжёлые газобаллонные СН, усложняющие саму РН, стартовую позицию, стендовую и производственную базы [2].

Тут необходимы пояснения, каким образом появились гелиевые газобаллонные системы на РН «Зенит», который является эталоном для ракетостроителей всего мира уже долгие годы. Дело в том, что в постановлении Правительства от 1976 г. на разработку РН 11К77 (впоследствии РН «Зенит») указано, что её I ступень должна быть максимально унифицирована с I ступенью РН «Энергия» (11С25) многократного использования (ступень до 10 раз, двигатель – до 20 раз [3]). Это, естественно, привнесло ряд существенных ограничений, в том числе, на чистоту применяемых рабочих тел наддува и температуру конструкций. Так, например, максимально допустимая температура верхнего днища бака окислителя изделия 11С25 не должна была

превышать всего 50⁰С. При этом, на РН «Энергия» в штатной ситуации на этапе работы I ступени при отказе любого блока выключалась его двигательная установка, и с ~ 40 с полёта (уход от старта) начинался интенсивный слив кислорода из него [4]. Таким образом, генераторные, испарительные, смешиваемые и другие автономные СН, использующие работающий двигатель, исключались. Так появились гелий в СН баков I ступени РН «Зенит», и, соответственно, на стартовой позиции. В этом случае, его целесообразно было применять и на II ступени.

Особо следует подчеркнуть, что разработчики ПГСР КБ «Южное», прошедшие сложнейший путь совершенствования СН для МБР, экспериментальную отработку СН баков РН «Зенит» провели и для генераторных, и для испарительных, и для политропных (самонадув) систем. Причём, поиск новых решений, расчётные и экспериментальные исследования оригинальных автономных СН как для бака с криогенным окислителем, так и для бака с РГ-1, успешно продолжался вплоть до 1992 года. Результаты модельных испытаний были сугубо оптимистичными.

К сожалению, в мировом ракетостроении не наблюдается прогресса в совершенствовании СН баков РН на компонентах топлива жидкий кислород и РГ-1. Так, на 60, 61 и 62 Международных конгрессах по астронавтике (Точжон, Прага и Кейптаун) лишь один доклад был посвящён проблематике, связанной с наддувом. Причём, он касался не новых идей, а только лишь возможности (невозможности) моделирования параметров СН.

Объяснить такое положение дел, по нашему мнению, можно следующим:

– отсутствием у зарубежных ракетчиков опыта разработки и эксплуатации ряда поколений жидкостных МБР с разнообразными автономными СН (за исключением двигателей Украины и Российской Федерации, которые в настоящее время испытывают определённые проблемы с финансированием науч-

но-исследовательских и опытно-конструкторских работ);

– чрезвычайной сложностью взаимосвязанных процессов, протекающих внутри топливных баков при их наддуве неинертным высокотемпературным газом на активном участке траектории полёта РН;

– дороговизной исследований указанных процессов с имитацией основных влияющих факторов полётных условий.

В настоящее время в связи с постоянным возрастанием количества стран, создающих свои РН и производящих запуски космических аппаратов, растёт конкуренция на рынке пусковых услуг. И побеждать в ней в дальнейшем будет естественно тот, кто обеспечит при потребной надёжности, минимальную стоимость запуска космических аппаратов и простоту обслуживания космического ракетного комплекса. Заметную роль тут будут играть и системы питания ДУ космических РН, которые, безусловно, должны совершенствоваться по пути, проложенному М.К. Янгелем.

Литература

1. Беляев, Н.М. Системы наддува топливных баков ракет [Текст] / Н.М. Беляев. – М.: Машиностроение, 1976. – 366 с.

2. Митиков, Ю.А. Газобаллонные системы наддува и ракеты-носители нового поколения [Текст] / Ю.А. Митиков // Космическая техника. Ракетное вооружение: Сб. науч.-техн. ст. 2012. – Вып.1 – Днепропетровск: ГП «КБ «Южное». – С. 179 – 185.

3. Призваны временем. Ракеты и космические аппараты конструкторского бюро «Южное» [Текст] / Под общей ред. С.Н. Конюхова. – Д.: Арт-пресс, 2004. – 230 с.

4. Губанов Б.И. Триумф и трагедия «Энергии». Размышления главного конструктора. Т. 3. «Энергия»-«Буран» [Текст] / Б.И. Губанов. – Нижний Новгород: НИЭР, 1988. – 432 с.

Поступила в редакцию 10.02.2012

Рецензент: д-р техн. наук (двигатели летательных аппаратов), профессор, заведующий кафедрой энергетики А.В. Сичевой, Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара, Днепропетровск, Украина.

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ І БЕЗПЕКИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ РАКЕТНИХ КОМПЛЕКСІВ

Ю.О. Мітіков, В.О. Антонов, М.Л. Волошин, А.І. Логвиненко

На прикладі удосконалення систем наддування паливних баків, найважливіших складових систем живлення двигунних установок, уперше здійснено аналіз шляхів підвищення надійності і безпеки експлуатації ракетних комплексів. Показано їх суттєвий вплив на надійність, вартість і експлуатаційні характеристики не тільки ракет, а і стартових комплексів, стандової та виробничої бази. Розглянуті і порівнювані системи наддування сучасних космічних ракет-носіїв і міжконтинентальних балістичних ракет, розроблених в ДП «КБ «Південне» ім.М.К. Янгеля». Виявлено і обґрунтовано пріоритети – автономні (незалежні від стартового

комплексу) наукоємні конструктивно прості системи наддування. Наведено послідовність рішення найскладніших технічних і наукових проблем підвищення надійності, починаючи з перших «янгелевських» ракет Р-11 і Р-12, яка спричинила створення шедеврів світового ракетобудування – МБР 18М («Сатана») і РН «Зеніт». Показано помітне відставання рівня газобалонних гелієвих систем наддування сучасних космічних носіїв від автономних систем наддування МБР розробки минулого століття. Намічено шляхи удосконалення систем наддування космічних носіїв.

Ключові слова: автономні і газобалонні системи наддування, надійність, спрощення експлуатації ракетного комплексу.

WAYS FOR IMPROVING RELIABILITY AND SAFETY IN USAGE OF ROCKET COMPLEX

Y.A. Mitikov, V.A. Antonov, M.L. Voloshin, A.I. Logvinenko

On the example of improving pressurization systems of fuel tanks as the major components of power propulsion systems, an analysis of ways to improve the reliability and safety of exploitation of missile systems was held. A significant effect of pressurization systems on reliability, cost and performance characteristics not only missiles, but the launch facilities, bench and industrial base. Examined and compared pressurization system of modern space vehicles and ICBMs that were created in the Yuzhnoye State Design Office. Identified and justified priorities - autonomous (independent from the starting complex) high-tech but structurally simple supercharging system. the sequence of solutions of complex technical and scientific problems to enhance safety, starting with the first "yangelvska" missile R-11 and F-12, which led to the creation of masterpieces of the world's rocket, such as ICBM 18M ("Satana") and "Zenit", was shown. A noticeable lag level of gas-cylinder liquid-helium pressurization systems between modern space holders and autonomous systems of ICBM boost developments from the last century. Ways of improving the systems boost space vehicles were developed.

Key words: autonomous and gas-bottled pressurization systems reliability, simplification in usage of rocket complex.

Митиков Юрий Алексеевич – канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой двигателестроения, Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара, Днепропетровск, Украина, e-mail: mitikov@yandex.ru.

Антонов Виктор Алексеевич – канд. техн. наук, зам. начальника проектно-конструкторского отдела пневмогидравлических систем подачи топлива, ГП «КБ «Южное» им. М.К. Янгеля», в настоящее время на пенсии, Днепропетровск, Украина.

Волошин Марк Леонидович – начальник проектно-конструкторского отдела пневмогидравлических систем подачи топлива, ГП «КБ «Южное» им. М.К. Янгеля», Днепропетровск, Украина.

Логвиненко Анатолий Иванович – канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник проектно-конструкторского отдела пневмогидравлических систем подачи топлива, ГП «КБ «Южное» им. М.К. Янгеля», Днепропетровск, Украина.