

УДК 621.355.019.3

**К.В. БЕЗРУЧКО¹, А.О. ДАВИДОВ¹, Л.Ю. САБАДОШ², В.М. СВИЩ¹,
А.А. ХАРЧЕНКО¹, С.Я. ЯЦЕНКО²**¹ *Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина*² *Государственное НПО «Объединение Коммунар», Харьков, Украина*

СТРУКТУРЫ ПРОВЕРОЧНО-ПУСКОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Рассмотрена структура ракетно-космического комплекса. Отмечено наличие в составе ракетно-космических комплексов таких технических средств, как технологическое оборудование и технические системы. Обозначено место технологического оборудования в структуре ракетно-космического комплекса. Рассмотрены назначение, состав и структуры одной из главных составляющих технологического оборудования ракетно-космических комплексов – наземного проверочно-пускового оборудования. Приведенные структуры наглядно показывают тенденции развития, и изменение схем компоновки наземного проверочно-пускового оборудования с течением времени и развитием науки и техники.

Ключевые слова: *ракета космического назначения, технологическое оборудование, проверочно-пусковое оборудование, космодром, стартовый комплекс, ракета-носитель, космический аппарат.*

Введение

В настоящее время сложно найти область деятельности человека в которой не использовались бы космические технологии. Развитие космической техники произошло благодаря многим отраслям науки и техники, использованию практически всех достижений научно-технического прогресса, значительным затратам материальных, финансовых, временных и людских ресурсов.

Для подготовки ракет-носителей к пуску требуется развитая наземная инфраструктура, обеспечивающая решение всех задач эксплуатации объектов космической техники.

Целью данной статьи является анализ структур ключевого технологического оборудования ракетно-космических комплексов – наземного проверочно-пускового оборудования, а также исследование тенденции развития структур наземного проверочно-пускового оборудования с течением времени.

1. Ракетно-космический комплекс

Ракетно-космический комплекс состоит из ракет космического назначения, технических средств и сооружений, обеспечивающих прием, хранение, подготовку и пуск ракеты. Такие комплексы предназначены для завершения процессов создания ракеты космического назначения, ее подготовки к пуску и выведения космического аппарата, а также для проведения операций с ракетой в случае несостоявшегося пуска.

Работы по завершению создания ракеты космического назначения выполняются специальной технической структурой – техническим комплексом, который является совокупностью технических средств ракетно-космического комплекса, размещенных на специально оборудованной в инженерном отношении позиции. На территории технического комплекса организуются и выполняются необходимые сборочные работы, а также проверки всех агрегатов и систем ракеты перед ее транспортировкой на стартовый комплекс. На стартовом комплексе завершается процесс достижения функциональной готовности ракеты космического назначения к пуску и полету. Для ракетно-космических комплексов с возвращаемыми с орбит аппаратами может быть создан посадочный комплекс. Таким образом, в состав ракетно-космического комплекса в общем случае входят средство выведения (ракета космического назначения) и три комплекса (технический, стартовый и посадочный), а также комплекс средств измерения, сбора и обработки информации, здания, сооружения и инженерные коммуникации между ними.

Все технические средства наземного оборудования ракетно-космических комплексов различают по степени их влияния на изменение технической готовности ракеты космического назначения к пуску. При этом выделяют [1]:

– технологическое оборудование (совокупность подвижных и стационарных агрегатов, и стационарных систем, предназначенных для выполнения операций непосредственно с ракетой в период ее предпусковой эксплуатации);

– технические системы (совокупность агрегатов и систем, предназначенных для создания условий нормального функционирования технологического оборудования и ракеты космического назначения и для обеспечения жизнедеятельности обслуживающего персонала);

– вспомогательное оборудование (предназначено для эксплуатации, восстановления и ремонта технологического оборудования и технических систем).

Наиболее разветвленной, сложной, дорогостоящей и определяющей большинство характеристик подкомплексов ракетно-космического комплекса, является технологическое оборудование. Состав и структура технологического оборудования при создании каждого нового комплекса формируются и нормируются каждый раз по-новому. Кроме того, отечественные структуры технологического оборудования и ракетно-космических комплексов в целом не похожи на зарубежные.

Технологическое оборудование изменяется вместе с развитием ракетно-космического комплекса. Поэтому важно проследить тенденции развития технологического оборудования ракетно-космических комплексов.

2. Наземное проверочно-пусковое оборудование ракеты космического назначения

Наземное проверочно-пусковое оборудование предназначено для проведения проверок систем ракеты космического назначения на старте. Проведения предстартовой подготовки, контроля основных систем до отрыва изделия от стола, пуска изделия и проведения заключительных операций на стартовом комплексе после пуска.

Проверочно-пусковое оборудование включает в себя [2]:

– систему контроля заправки (для преобразования, отображения и документирования информации от бортовых датчиков, для формирования команд на автоматическое управление заправкой топливных баков ракеты-носителя и отмену пуска ракеты космического назначения при отклонении контролируемых параметров от допустимых значений);

– система контроля температуры (для измерения, индикации и документирования значений температуры в узлах и отсеках ракеты космического назначения, для выдачи сигналов «Не норма параметров СКТ» в наземный проверочно-пусковой комплекс для реализации циклограммы аварийного прекращения пуска при проведении работ по подготовке и проведению пуска);

– наземный проверочно-пусковой комплекс системы управления ракеты-носителя (для проведения испытаний и предстартовой подготовки системы управления ракеты-носителя);

– систему автоматизированного дистанционного управления пневмогидравлической системы ракеты-носителя (для управления элементами пневмогидравлической системы ракеты космического назначения при стыковке (расстыковке) заправочных коммуникаций, заправке (сливе) компонентами топлива и сжатыми газами, для контроля за состоянием ее элементов и узлов при нахождении ракеты космического назначения на стартовом комплексе);

– пульт командира (для выдачи необходимого набора команд, обеспечивающих руководителю работ функцию управления процессами предстартовой подготовки и пуска, а также для выдачи информации о ходе предстартовой подготовки, пуска и полета ракеты космического назначения);

– систему прицеливания (для прицеливания ракеты-носителя в заданную плоскость полета).

3. Структуры наземного проверочно-пускового оборудования

Наземное проверочно-пусковое оборудование первых ракет космического назначения, таких как «Восход» и «Восток», представляло набор аппаратуры для автономных испытаний различных подсистем ракеты [3]. Почти без изменений такая же структура наземного проверочно-пускового оборудования применялась и на ракете «Союз» (рис.1).

Она состоит из наземной кабельной сети, с помощью которой автономные системы проверки, подготовки и пуска подключаются к соответствующим системам ракеты космического назначения. С помощью этих автономных систем, операторы каждой системы проводят проверку исходного состояния подсистем ракеты после установки ее на стартовой позиции, а также осуществляют проверку подсистем и подготовку к пуску (включая ввод полетного задания и пуск изделия). Затем операторы проводят заключительные операции на наземном оборудовании.

Программы проверки, подготовки и пуска передаются операторам в виде инструкций на бумаге. Синхронизацию работы операторов осуществляют оператор подготовки и командир.

В дальнейшем проводились усовершенствования эргономики аппаратуры проверки, вводилась автоматизация отдельных измерительных систем и операций, выполняемых операторами, однако принципиально структура проверочно-пускового оборудования не менялась.

Однако наземное проверочно-пусковое оборудование ракеты «Протон К» отличается довольно высокой степенью автоматизации автономных испытаний отдельных систем изделия и особенно комплексных испытаний (рис. 2) [4]. Программы испытаний заложены в автоматике подсистем (автомата стабилизации, кажущейся скорости, тангажа, автоматике двигательной установки и разделения, главных распределителей) автономных и комплексных испытаний. Роль операторов при проведении испытаний сводится к контролю индикации прохождения команд.



Рис. 1. Структура наземного проверочно-пускового оборудования ракеты космического назначения «Союз»

Программы испытаний заложены в автоматике аппаратуры, а изменяемая часть программы представлена в виде механических кодирующих устройств.

Аппаратура автономных испытаний вынесена в отдельный комплекс, с помощью которого проводится первый этап испытаний ракеты космического назначения. Программы испытаний заложены в автоматике подсистем аппаратуры автономных испытаний: автомата стабилизации кажущейся скорости, автоматике двигателей установки и разделения, главных распределителей. К подстольному оборудованию относится аппаратура энергоснабжения и термостатирования, масштабирования РКС и релейной автоматике обеспечения подготовки и пуска. Ввод полетного задания и прицеливание осуществляется с пульта автономной подготовки командного пункта, а пуск производится с выносного командного пункта. Также на выносной командный пункт заведены команды готовности объекта и блокировки несанкционированного пуска.

Коренным образом структура наземного проверочно-пускового оборудования изменилась с появлением систем управления на основе бортовых цифровых комплексов (рис. 3) [4]. Такие изменения были обусловлены возможностями бортовых цифровых комплексов при организации самопроверок и достаточно глубокого самоконтроля ракеты, а также возможностью гибкой перестройки структуры системы управления ракеты в реальном масштабе времени и программ самоконтроля.

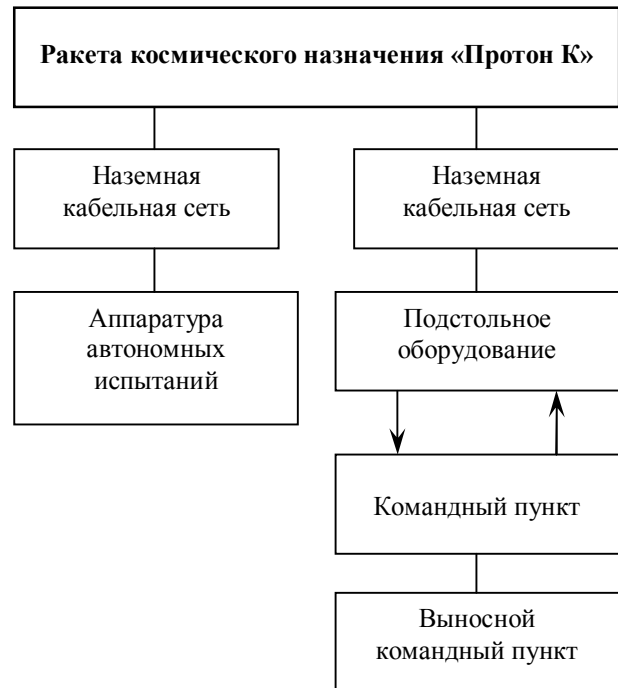


Рис. 2. Структура наземного проверочно-пускового оборудования ракеты «Протон К»

Структура наземного проверочно-пускового оборудования содержит в качестве центрального ядра цифровой вычислительный комплекс с устойчивыми связями с ракетой. Проверки и пуск ракеты осуществляются с помощью цифрового вычислительного комплекса с пульта оператора и пульта командира. Полетное задание вводится с блока ввода полетного задания, а питание подается через силовую релейную автоматику. Внутренний самоконтроль с помощью бортового цифрового вычислительного комплекса и использование цифрового вычислительного комплекса в структуре наземного проверочно-пускового оборудования позволяет значительно сократить время проверки, подготовки и пуска ракеты космического назначения. Также уменьшается влияние человеческого фактора и повышается надежность проведения операций подготовки и пуска.

Информация о ходе испытаний хранится на современных носителях и выводится на современные устройства отображения информации.



Рис. 3. Структура наземного проверочно-пускового оборудования современных ракет космического назначения

В последнее время были разработаны универсальные контрольно-измерительные комплексы для проверок единичных объектов входящих в состав ракеты космического назначения, предназначенные для проверок таких объектов в первую очередь на заводах-изготовителях, а затем уже и на стартовых комплексах.

Структура одного из первых контрольно-измерительных комплексов представлена на рис. 4.

Комплекс состоит из двух уровней – нижнего и верхнего. Нижний уровень представлен коммутатором и системой измерений и управления. Коммутатор функционально разделен на наборное коммутационное поле и поле релейной силовой коммутации. Система измерений состоит из набора измерительных модулей и модулей датчиков сигналов. На верхний уровень вынесены система управления, регистрации и индикации, блок разовых команд и система контроля и выдачи временных параметров.

Программа испытаний наносится на программную ленту и считывается программным устройством в темпе испытаний. Самими испытаниями управляет оператор с помощью системы управления верхнего уровня, системы управления нижнего уровня и коммутатора.

Дальнейшее развитие средств вычислительной техники позволило разработать универсальный контрольно-измерительный комплекс следующего поколения. По сравнению со структурой на рис. 4, на нижнем уровне изменились устройства связи с объектом.

Теперь они управляются через введенные на нижний и верхний уровни системы приема и передачи информации.

Коммутатор, выполненный в виде набора коммутационного поля и силовой релейный коммутатор функционально не изменились.

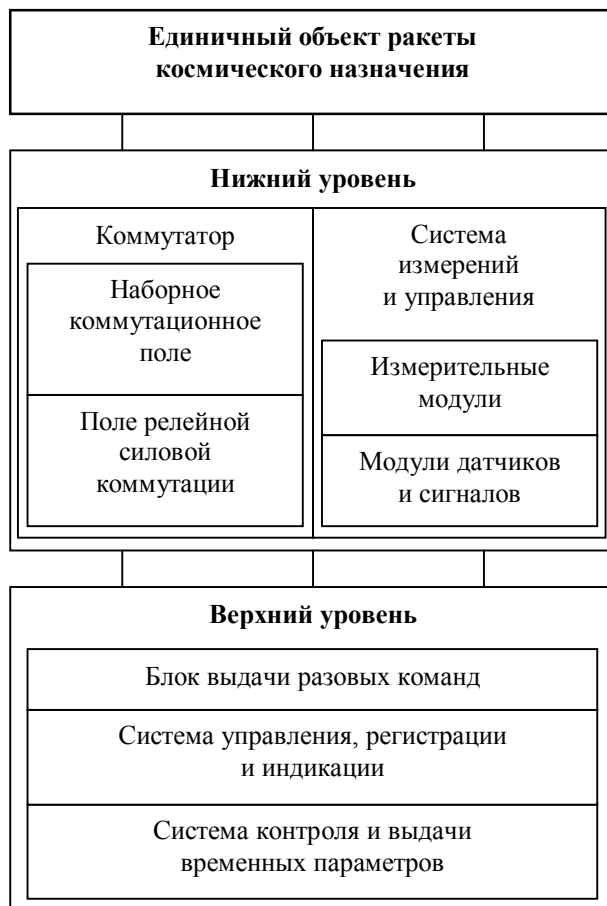


Рис. 4. Структура контрольно-измерительного комплекса

Верхний уровень, кроме системы приема и передачи информации, также включает цифровой вычислительный комплекс и оперативный пульт управления.

Заключение

Как видно из проведенного анализа структуры наземного проверочно-пускового оборудования определяются прежде всего структурой системы управления ракеты космического назначения и видоизменяются вместе с изменением ракет. Изменения, как правило, направлены на уменьшение влияния человеческого фактора путем автоматизации процессов проверки, подготовки и пуска. В результате чего происходит сокращение времени готовности к пуску и повышение надежности проведения всех операций.

Литература

1. Основы проектирования ракетно-космических комплексов: монография / Г.П. Бирюков, Б.К. Гранкин, В.В. Козлов, В.Н. Соловьев. – СПб.: Алфавит, 2002. – 320 с.

2. Козлов В.В. Основы проектирования ракетно-космических комплексов: монография / В.В. Козлов – СПб.: ВИКУ им. А.Ф. Можайского, 1999. – 366 с.

3. Теория и практика эксплуатации объектов космической инфраструктуры: монография: монография. Т. 1 / Н.Д. Аникейчик, О.А. Антропов, Л.Т. Баранов [и др.]. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 400 с.

4. Технологические объекты наземной инфраструктуры ракетно-космической техники: монография. Книга 1 / Под общ. ред. проф. И.В. Бармина. – М., 2005. – 283 с.

Поступила в редакцию 19.11.2010

Рецензент: д-р физ.-мат. наук, проф., проф. кафедры А.В. Бастеев, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков.

СТРУКТУРИ ПЕРЕВІРОЧНО-ПУСКОВОГО ОБЛАДНАННЯ
РАКЕТНО-КОСМІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ

К.В. Безручко, А.О. Давидов, Л.Ю. Сабодош, В.М. Свищ, А.А. Харченко, С.Я. Яценко

Розглянуто структуру ракетно-космічного комплексу. Відзначено наявність у складі ракетно-космічних комплексів таких технічних засобів, як технологічне обладнання та технічні системи. Позначено місце технологічного обладнання в структурі ракетно-космічного комплексу. Розглянуто призначення, склад та структури однієї з головних складових технологічного обладнання ракетно-космічних комплексів – наземного перевірочно-пускового обладнання. Приведені структури наглядно показують тенденції розвитку та зміни схем компонування наземного перевірочно-пускового обладнання із часом та розвитком науки та техніки.

Ключові слова: ракета космічного призначення, технологічне обладнання, перевірочно-пускове обладнання, космодром, стартовий комплекс, ракета-носій, космічний апарат.

STRUCTURES OF VERIFICATION-STARTING EQUIPMENT
OF SPACE-ROCKET COMPLEXES

K.V. Bezruchko, A.O. Davidov, L.J. Sabadosh, V.M. Svisch, A.A. Kharchenko, S.J. Jacenko

The structure of space-rocket complex is considered. The such technology, as a technological equipment and technical systems is marked in composition the space-rocket complexes. The place of technological equipment is marked in the structure of space-rocket complex. The composition and one structure of main constituents of technological equipment of space-rocket complexes is considered – terrestrial verification-starting equipment. The given structures evidently show progress trends and change of charts of arrangement of terrestrial verification-starting equipment in time and by development of science and technique.

Keywords: rocket of the space setting, technological equipment, verification-starting equipment, spaceport, launching site, launcher, spacecraft.

Безручко Константин Васильевич – д-р техн. наук, проф., проректор по научно-педагогической работе Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина, e-mail: khai@ai.kharkov.ua.

Давидов Альберт Оганезович – канд. техн. наук, докторант кафедры энергоустановок и двигателей космических летательных аппаратов Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина.

Сабодош Любомир Юрьевич – Генеральный директор Государственного научно-производственного предприятия «Объединение Коммунар», Харьков, Украина.

Свищ Владимир Митрофанович – д-р техн. наук, проф. кафедры систем управления летательных аппаратов Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина.

Харченко Андрей Анатольевич – научный сотрудник кафедры энергоустановок и двигателей космических летательных аппаратов Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина.

Яценко Сергей Яковлевич – генеральный конструктор Научно-технического специального конструкторского бюро "Полисивит" Государственного научно-производственного предприятия «Объединение Коммунар», Харьков, Украина.