РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ
2016, том 3, выпуск 1, с. 92–97

К 70-ЛЕТИЮ АО «РОССИЙСКИЕ КОСМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ» (НИИ-885)

О создании первой в мире стратегической ракеты дальнего действия Р-7 и ее системы управления

В. К. Старцев
к. т. н., лауреат премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники, директор Историко-технического музея

On Creating the World's First Strategic Long-Range Missile R-7 and Its Control System

V. K. Startsev
candidate of engineering science

Разработка ракеты Р-7 (8К71) производилась в соответствии с Постановлением Правительства от 20 мая 1954 г.

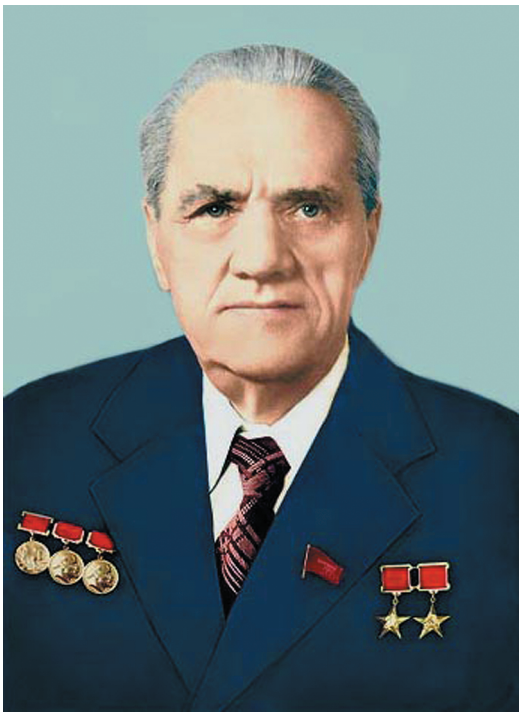
Постановлением были определены: головной разработчик ОКБ-1 НИИ-88 (главный конструктор С. П. Королев) и соисполнители ОКБ-456 (двигатель, главный конструктор В. П. Глушко), НИИ-885 (система управления, главные конструкторы М. С. Рязанский и Н. А. Пилюгин), НИИ-10 (гироприборы, главный конструктор В. И. Кузнецов), ГСКБ «Спецмаш» (наземное оборудование, главный конструктор В. П. Бармин).

Эскизный проект по ракетному комплексу Р-7 был завершен в июле 1954 г.

Для рассмотрения эскизного проекта была создана экспертная комиссия во главе с президентом Академии наук СССР М. В. Келдышем, в которую входили видные ученые и представители заказчика. Экспертная комиссия сделала вывод, что материалы эскизного проекта обосновывают правильность выбора принципиальной схемы ракеты, ее двигательных установок, системы управления полетом в комплексе с наземным оборудованием и могут быть положены в основу дальнейших работ.

20 ноября 1954 г. эскизный проект ракеты Р-7 был одобрен Советом Министров СССР.

Рязанский Михаил Сергеевич
С 1955 по 1985 гг. — заместитель директора НИИ-885 по науке, главный конструктор системы радиоуправления ракеты Р-7



Пилюгин Николай Алексеевич
С 1955 по 1963 гг. — главный конструктор автономной системы управления ракеты Р-7

Конструктивно ракета Р-7 — двухступенчатая, выполненная по пакетной схеме. Ее первая ступень представляет собой четыре боковых блока, расположенных симметрично вокруг центрального блока, который является второй ступенью (рис. 1).

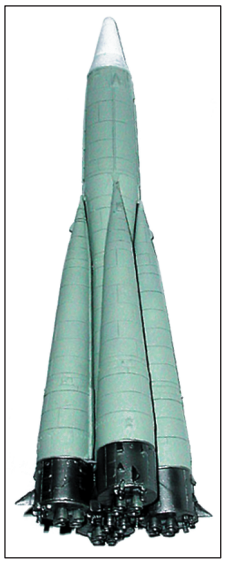


Рис. 1. Общий вид ракеты Р-7

Центральный блок состоит из приборного отсека, баков окислителя (охлажденный кислород) и горючего (керосин) и силовой установки.

Разработка конструкторской документации на ракетный комплекс и его составные части началась еще в 1953 г.

Первый летный образец ракеты в конце 1956 г. был направлен на вновь построенный полигон Тюра-Там (Байконур).

Создание полигона производилось в соответствии с Постановлением Совета Министров СССР от 12.02.1955 г., которое называлось «О новом полигоне для Министерства обороны».

Постановление предусматривало:

- создать в 1955–1958 гг. научно-исследовательский испытательный полигон Министерства обороны для летной отработки изделий Р-7, «Буря» и «Буран» с расположением головной части полигона в Кзыл-Ординской и Карагандинской областях Казахской ССР в районе между Казалинском и Джусалы, района падения головных частей изделий в Камчатской области РСФСР у мыса Озерный, района падения первых ступеней изделия Р-7 на территории Актюбинской области Казахской ССР в районе озера Тенгиз;
- в трехмесячный срок подготовить мероприятия по организации строительства указанного полигона.

Выбор места полигона оказался очень непростой задачей, т. к. эскизный проект ракеты Р-7 предусматривал обязательное наличие системы радиоуправления, которая требовала симметричного расположения по обе стороны от старта на расстоянии 250 км главного и зеркального пунктов радиосистемы, что диктовалось необходимостью обеспечить точность измерения бокового отклонения ракеты на активном участке полета.

Варианты расположения полигона в Закавказье и на Дальнем Востоке были отвергнуты.

В составе полигона на обширной территории по трассе полета ракеты Р-7 и на полях падения головных частей был сформирован полигонный измерительный комплекс (ПИК) из наземных пунктов, оборудованных радиотехническими и оптическими системами измерения траекторных параметров.

Для решения этих задач было развернуто строительство стартовых и технических сооружений, автомобильных и железных дорог, жилья и соцкультбыта.

Главной силой при этом были люди, которые в суровых климатических условиях должны были в короткие сроки выполнить задания Правительства.

15 января 1955 г. на станцию Тюра-Там прибыл первый отряд военных строителей под командованием старшего лейтенанта И. Н. Денежкина, а уже 15 мая 1955 г. было заложено первое здание жилого городка испытателей — поселка Заря, нынешнего города Байконур.

В декабре 1956 г. были проведены самолетные облеты всех пунктов ПИК, а специальной комиссией сделано заключение об их нормальном функционировании и готовности к работе.

Трудности, с которыми встретились военные строители и испытатели при создании полигона и полигонного измерительного комплекса, были связаны не только с тяжелыми климатическими условиями, но и с крайне сжатыми сроками строительства и отсутствием опыта создания подобных объектов.

В марте 1957 г. на техническую позицию полигона прибыла первая ракета Р-7 для проведения летно-конструкторских испытаний (ЛКИ).

10 апреля 1957 г. состоялось заседание Государственной комиссии по проведению ЛКИ. Госкомиссия была утверждена Советом Министров СССР, председателем комиссии был назначен В. М. Рябиков, начальник ГУ «Главспецмонтаж» Министерства среднего машиностроения, а техническим руководителем — С. П. Королев.

15 мая 1957 г. Госкомиссия подписала акт о приемке стартового комплекса в эксплуатацию и готовности полигона к первому пуску ракеты Р-7.

Первые пуски ракет (15 мая, 11 июня и 12 июля 1957 г.) оказались аварийными, в основном из-за неисправностей двигательной установки.

Четвертый пуск 21 августа 1957 г. стал успешным, и ракета впервые достигла района цели.

НИИ-885 для стратегической ракеты Р-7 и обеспечения заданных отклонений головной части ракеты создавалась комбинированная (радио- и автономная) система управления. При этом интегратор кажущейся скорости автономной системы настраивался на границу области возможных выключений двигателя, соответствующую перелету головной части ракеты от цели по дальности.

Для решения поставленной задачи в НИИ-885 были организованы два новых комплекса: комплекс № 1 по разработке автономной системы управления, возглавляемый Н. А. Пилюгиным, и комплекс № 2 по созданию системы радиоуправления, возглавляемый М. С. Рязанским.

В комплекс № 1 входили четыре отдела:

1) по разработке автомата стабилизации (начальник отдела Г. П. Глазков);
2) по проектно-теоретическим работам (начальник отдела М. С. Хитрик);
3) по разработке комплексных схем, системы электропитания и бортовой кабельной системы (начальник отдела Я. С. Жуков);
4) по созданию элементных средств (начальник отдела М. С. Дойников).

В комплекс № 2 входили два отдела:

1) по разработке низкочастотной аппаратуры и комплексу в целом (начальник отдела Е. Я. Богуславский);
2) по разработке высокочастотной аппаратуры и антенным устройствам (начальник отдела М. И. Борисенко).

Главные конструкторы Н. А. Пилюгин и М. С. Рязанский были выдающимися учеными, оба они входили в созданный С. П. Королевым еще в Германии легендарный Совет главных конструкторов.

Стратегическая ракета Р-7 имела значительные конструктивные отличия в сравнении с ракетами малой дальности, в связи с чем на автономную систему управления пришлось возложить решение ряда задач по учету параметров, влияния которых на точность управления в ранее разработанных системах управления были не столь значительны.

В результате автономная система управления, помимо традиционных функций по стабилизации корпуса ракеты в пространстве, стабилизации центра масс относительно расчетной траектории и функции управления по дальности

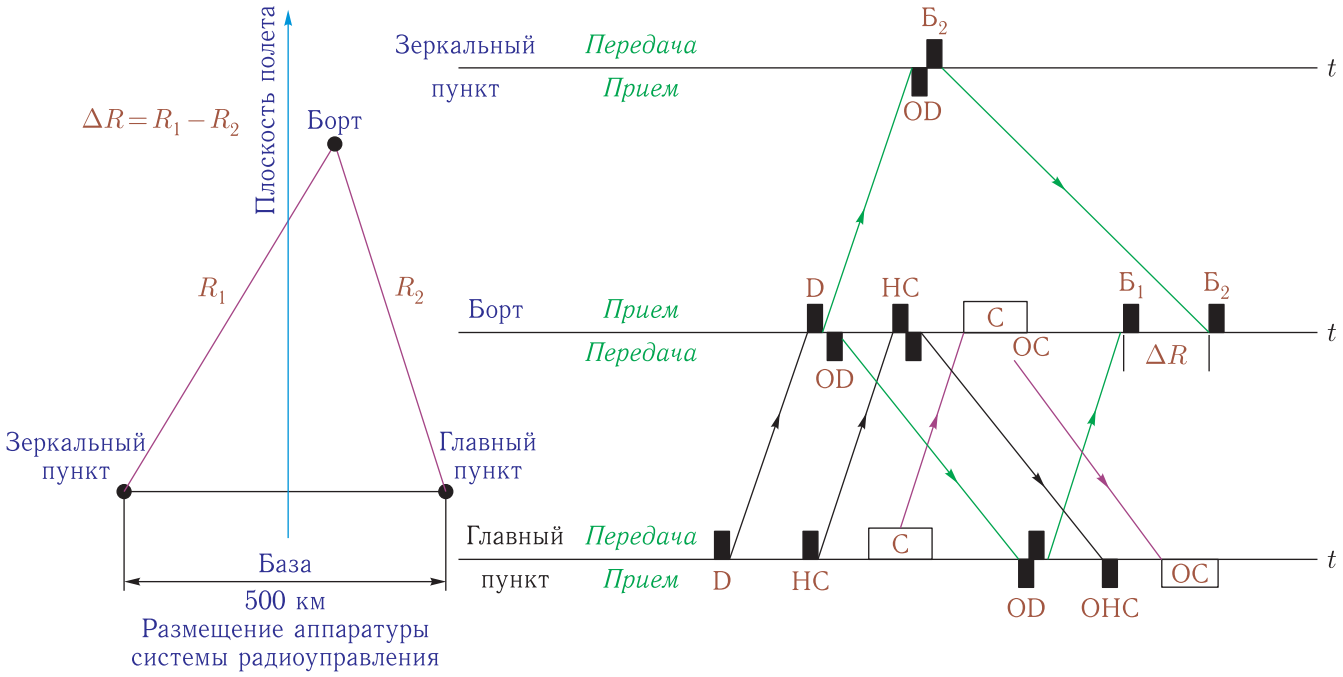


Рис. 2. Схема прохождения радиосигналов в системе радиоуправления ракеты Р-7

полета, обеспечивала непрерывное управление вектором скорости ракеты и регулирование процессом опорожнения топливных баков. Это реализовывалось в созданных системах нормальной и боковой стабилизации центра масс ракеты, системах регулирования кажущейся скорости (РКС), опорожнения баков (СОБ), а также регулирования расхода и соотношения компонентов топлива. Автономная система управляла этими процессами при полете первой ступени, пакетном разделении ступеней и полете второй ступени. Радиосистема производила коррекцию движения ракеты в боковом направлении и управление по дальности путем выдачи боковых команд и команды на выключение двигателя. Исполнительными органами системы управления являлись камеры рулевых двигателей и воздушные рули.

На стенде комплекса №1 с целью отработки процессов управления и выбора оптимального взаимодействия автономной и радиосистем управления была оборудована специальная моделирующая установка, укомплектованная штатными приборами. Для имитации динамических характеристик самой ракеты как объекта управления в установку была включена вычислительная машина аналогового типа.

Впоследствии моделирующая установка привлекалась для проведения функционального контроля штатных приборов перед их поставкой головному предприятию.

Система радиоуправления представляла собой импульсно-дальномерную систему, включающую наземную и бортовую аппаратуру. Наземная аппаратура размещалась на главном и зеркальном пунктах. Бортовая приемопередающая аппаратура размещалась в приборном отсеке ракеты и сопрягалась с автономной системой управления.

Радиоуправление по дальности производилось на основе измерения шести параметров движения.

Измерение параметров движения и передача команд управления в радиосистеме осуществлялись с использованием единой импульсной многоканальной линии радиосвязи, работающей в трехсантиметровом диапазоне радиоволн кодированными сигналами.

На рис. 2 показана схема прохождения радиосигналов в системе радиоуправления ракеты Р-7.

Состав измеряемых параметров:

1) Радиальная скорость $\dot{R}$. Измерение радиальной скорости производилось путем выделения доплеровского приращения частоты одной

из гармоник спектра сложных сигналов в виде пакета узких импульсов, посылаемых с главного пункта на борт и ретранслируемых обратно.

2) Радиальная дальность R. Измерение радиальной дальности производилось методом активной радиолокации.

3) Боковое отклонение от плоскости полета ΔR. Измерение производилось как разность расстояний между ракетой и главным и зеркальным пунктами.

4) Скорость изменения бокового отклонения $\Delta \dot{R}$. Измерение являлось результатом дифференцирования измеряемой величины бокового отклонения.

5) Угол места и скорость его изменения β и $\dot{\beta}$. Измерение осуществлялось специальным радиопеленгатором, построенным с использованием метода амплитудно-импульсной модуляции.

Боковая радиокоррекция полета осуществлялась на борту ракеты путем выработки сигналов, соответствующих измеренному боковому отклонению и боковой скорости относительно плоскости полета с поправкой, учитывающей влияние вращения Земли, для чего использовались результаты измерений угла места β и скорости его изменения $\dot{\beta}$, производимые радиопеленгатором. Эти сигналы поступали в усилитель-преобразователь автомата боковой стабилизации автономной системы и преобразовывались в команды, подаваемые на механизмы поворота ракеты по углу рысканья.

Первоначально система радиоуправления обладала существенным недостатком: она не позволяла осуществлять изменение направления полета ракеты в приемлемом секторе углов.

В последующем для удовлетворения этого требования в состав аппаратуры главного пункта была введена станция бокового управления с вычислительной машиной, определяющей величину боковой скорости, которую нужно сообщить ракете к моменту выключения двигателя для компенсации накопленных возмущений в конце активного участка полета.

Алгоритм решения задачи вычисления величины боковой скорости предусматривал учет всех шести измеряемых параметров движения.

Станция бокового управления формировала команды, поступающие на борт ракеты для придания ей соответствующего угла рысканья.

Команды бокового управления носили дискретный характер и обозначались «Большая левая», «Малая левая», «Нулевая», «Большая правая», «Малая правая».

Решение алгоритма управления по дальности осуществлялось счетно-решающим устройством, расположенным на главном пункте, которое на основе текущей информации о координатах движения ракеты выдавало команду на выключение двигателя в момент, когда совокупное значение этой информации достигнет заданной величины. Выключение двигателя в целях уменьшения влияния динамических возмущений происходило в два этапа — по предварительной и главной командам.

Наземная аппаратура главного пункта радиосистемы территориально располагалась в поселке Тартугай Казахской ССР и размещалась на 13 станциях, имеющих различное функциональное назначение (приемная и передающая станции, станции шифраторов/дешифраторов, хронизаторов, выделения радиальной скорости, счетно-решающих устройств, локационного наведения антенн; приемо-передающие антенны и радиопеленгатор).

Зеркальный пункт радиосистемы располагался в поселке Сары-Шаган Казахской ССР и служил для ретрансляции излучаемых бортовой аппаратурой радиосигналов. Аппаратура зеркального пункта размещалась на 6 станциях.

Бортовая аппаратура системы радиоуправления включала в себя передающее и приемное устройства, бортовые антенны (одна была направлена на главный пункт, другая — на зеркальный), шифратор/дешифратор, прибор управления антеннами и устройство сопряжения с автономной системой управления.

Предварительная летная отработка автономной системы управления производилась на ракетах Р-5РД, а радиосистемы — на ракетах Р-5Р при их пусках с ракетного полигона Капустин Яр.

Идеологические основы создания системы радиоуправления были заложены выдающимися учеными НИИ-20, внесшими значительный вклад в развитие отечественной телемеханики и радиолокационной техники, впоследствии переведенными

в НИИ-885: Б. М. Коноплевым, М. С. Рязанским, Э. М. Манукяном, Е. Я. Богуславским. Значительные работы были проведены по исследованию вопросов распространения радиоволн сотрудниками НИИ-885 Е. Ф. Дубовицкой, К. И. Грингаузом, Ю. С. Павловым, М. И. Борисенко, а также рядом организаций Академии наук СССР.

Основными разработчиками системы радиоуправления в НИИ-885 были:

1) по наземной аппаратуре: Е. Я. Богуславский, М. И. Борисенко, Ф. И. Токарев, Г. А. Вилков, А. М. Трахтман, С. П. Пешнев, К. К. Зыков, Р. А. Чигирев, Е. А. Розенман, Г. Я. Гуськов, Б. Г. Сергеев, В. А. Гришмановский;
2) по бортовой аппаратуре: Н. Е. Иванов, И. Я. Сытин, Е. П. Молотов, В. Г. Буряк, В. Ф. Грушецкий, В. П. Кузовкин, Ю. Ф. Макаров, Т. Д. Фатькина.

Завершение разработки ракеты Р-7, в том числе системы управления ракеты, были отмечены высокими правительственными наградами: М. С. Рязанский, Н. А. Пилюгин, Э. М. Манукян, П. А. Туник стали лауреатами Ленинской премии; Е. Я. Богуславскому, М. И. Борисенко, Г. П. Глазкову и рабочим опытного завода В. И. Рябову, С. И. Михайлову было присвоено звание Героя Социалистического Труда. Всего орденами и медалями в НИИ-885 были награждены 304 человека.

Учитывая большое научное, практическое и общественное значение работ, выполненных по созданию новой техники, главные конструкторы М. С. Рязанский и Н. А. Пилюгин были избраны членами-корреспондентами Академии наук СССР, а двенадцати сотрудникам НИИ-885 были присуждены ученые степени доктора технических наук без защиты диссертаций.

В процессе создания ракеты Р-7 и ее системы управления был решен ряд научно-технических проблем, составивших фундаментальную научно-техническую базу дальнейшего совершенствования ракетных и космических разработок.

Ракета Р-7 и ее система управления стали базовыми для создания ряда модификаций.

Так, двухступенчатая ракета Р-7 — ракета-носитель «Спутник» (8К71ПС и 8А91) обеспечила запуск трех первых искусственных спутников Земли, что позволило начать исследование околоземного космического пространства.

Трехступенчатая ракета-носитель 8К72 с блоком Е («Восток») и 11А511 с блоком И («Союз») позволили начать исследования дальнего космоса и Луны, осуществили полеты пилотируемых космических кораблей «Восток» и «Восход», а в дальнейшем и кораблей «Союз». Четырехступенчатая ракета-носитель 8К78 с блоками И, Л («Молния») позволила расширить проводимые исследования дальнего космоса и Луны, осуществить полеты автоматических межпланетных станций к планетам Марс и Венера.

Ракета Р-7 и ее модификации позволили развернуть разностороннее исследование космического пространства и создать условия для прикладного использования ракетно-космической техники в интересах науки, обороны и народного хозяйства. В дальнейшем эти ракеты-носители использовались для запуска космических кораблей типа «Зенит», «Метеор», «Электрон», «Прогресс» и др.

Сегодня на базе этих ракет продолжаются исследования и эксперименты в научных и народнохозяйственных целях.

Список литературы

1. Вехи истории. 65 лет ОАО «Российские космические системы». М.: Медиа Паблишер, 2011. 128 с.
2. Космонавтика. Энциклопедия. М.: Советское издательство, 1985. 528 с.
3. *Черток Б. Е.* Ракеты и люди. М.: Машиностроение, 1996. 446 с.
4. Байконуру — 50. История космодрома в воспоминаниях ветеранов. М.: Типография «Новости», 2005. 833 с.
5. *Фаворский В. И.*, *Мещеряков И. В.* Космонавтика и ракетно-космическая промышленность. Т. 1, 2. М.: Машиностроение, 2003. 344, 429 с.