

*Из истории техники*  
*From the History of Technology*

DOI: 10.31857/S0205960625030042

EDN: UYMTQM

**ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ И РАЗВИТИЯ В СССР КОСМИЧЕСКИХ  
ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКИХ СРЕДСТВ  
(ВТОРАЯ ПОЛОВИНА 1940-х – 1970-е гг.)**

**КУКУШКИН Михаил Александрович** – Военно-космическая академии имени А. Ф. Можайского; Россия, 197198, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, д. 13;  
эл. почта: vka@mil.ru

**ЛОСИК Александр Витальевич** – Балтийский государственный технический университет «Военмех» им. Д. Ф. Устинова; Россия, 190005, Санкт-Петербург, ул. 1-я Красноармейская, д. 1/21; эл. почта: bgtu@voenteh.ru

© М. А. Кукушкин, А. В. Лосик

В статье рассмотрена история создания и развития в СССР космических телеметрических средства, позволяющих отслеживать функционирование космических систем с Земли. Авторами была предложена периодизация этого процесса, основанная на таких характеристиках телеметрических средств, как тип их элементной базы и применявшиеся в них принципы обработки информации. Всего в период со второй половины 1940-х и до 1970-х гг. были выделены семь поколений советских космических телеметрических средств. В статье рассмотрены основные конструкции советской телеметрической техники, приведены ее тактико-технические характеристики, указаны достоинства и недостатки аппаратов каждого поколения. Подчеркивается, что в ряде случаев при создании телеметрической техники советские ученые и конструкторы использовали прорывные для своего времени технологии.

*Ключевые слова:* радиотелеметрическая система, поколения космических телеметрических средств, датчики, быстро меняющиеся параметры, медленно меняющиеся параметры.

Статья поступила в редакцию 27 марта 2024 г.

Принято к печати 24 декабря 2024 г.

## THE HISTORY OF CREATION AND DEVELOPMENT OF SPACE TELEMETRY FACILITIES IN THE USSR (SECOND HALF OF THE 1940s – 1970s)

**KUKUSHKIN Mikhail Aleksandrovich** – *A. F. Mozhaysky Military Space Academy; Ul. Zhdanovskaya, 13, St. Petersburg, 197198, Russia; E-mail: vka@mil.ru*

**LOSIK Alexander Vitalievich** – *Baltic State Technical University “VOENMEH” named after D. F. Ustinov; Ul. 1-ya Krasnoarmeyskaya, 1/21, St. Petersburg, 190005, Russia; E-mail: bgtu@voenmeh.ru*

© М. А. Kukushkin, А. V. Losik

*Abstract:* The article reviews the history of the establishment and development of space telemetry facilities in the USSR that enable ground-based tracking of the functioning of space systems. The authors propose a periodization of this process, based on telemetry system parameters such as the type of their element base and information processing principles used in these facilities. Seven generations of Soviet space telemetry facilities were distinguished during the period from the second half of the 1940s through the 1970s. The article looks into the basic constructions of Soviet telemetry devices, provides its performance characteristics, and identifies each generation’s advantages and shortcomings. It is emphasized that in some cases, when creating telemetry equipment, Soviet scientists and engineers employed breakthrough technologies of the time.

*Keywords:* radio telemetry system, generations of space telemetry facilities, sensors, fast-changing parameters, slow-changing parameters.

*For citation:* Kukushkin, М. А., and Losik, А. V. (2025) Istoriia sozdaniia i razvitiia v SSSR kosmicheskikh telemetricheskikh sredstv (vtoraia polovina 1940-kh — 1970-e gg. [The History of Creation and Development of Space Telemetry Facilities in the USSR (Second Half of the 1940s – 1970s)], *Voprosy istorii estestvoznaniia i tekhniki*, vol. 46, no. 3, pp. 489–510, DOI: 10.31857/S0205960625030042, EDN: UYMTQM.

После окончания Великой Отечественной войны в связи с начавшейся холодной войной между СССР и США началась гонка за освоение космоса. В связи с этим стало активно развиваться отечественное ракетостроение, а вместе с ним и космические телеметрические средства, позволяющие отслеживать функционирование космических систем с Земли <sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Постановление Совета Министров СССР «Вопросы реактивного вооружения» // Советская космическая инициатива в государственных документах. 1946–1964 гг. / Ред. Ю. М. Батулин. М.: РТСофт, 2008. С. 30–36; Докладная записка Н. Д. Яковлева и других И. В. Сталину о результатах пусков ракет Фау-2 от 28 ноября 1947 г. // Задача особой государственной важности. Из истории создания ракетно-ядерного оружия и Ракетных войск стратегического назначения (1945–1959 гг.). Сборник документов / Сост. В. И. Ивкин, Г. А. Сухина. М.: РОССПЭН, 2010. С. 135–143; Из краткого технического отчета государственной комиссии о проведении опытных пусков ракет дальнего действия А-4 (Фау-2)

Для каждого ракетносителя, разгонного блока, космических аппаратов, в зависимости от решаемых ими на различных этапах задач, создавались свои телеметрические средства. Периодизация их развития может проводиться с использованием различных критериев. Например, в работе В. А. Победоносцева<sup>2</sup> периодизация давалась в привязке к этапам развития отечественного ракетостроения. Цель данной статьи – построить периодизацию развития телеметрической техники, используя в качестве критерия как уровни развития элементной базы, на которой она строилась, и принципы обработки информации, так и создание новых технических решений на уже имеющейся элементной базе, в этом случае каждая радиотелеметрическая конструкция была принципиально новой для своего времени технической системой.

В развитии отечественных космических телеметрических средств с середины 1940-х по конец 1970-х гг. можно условно выделить семь поколений, представленных в табл. 1. Используемые при составлении табл. 1 и в тексте статьи сокращения представлены в табл. 2.

**Таблица 1.** Образцы телеметрических систем и их основные характеристики

Название телеметрических систем		Годы разработки, разработчик	ТТХ систем					
			$N_k$	И, изм./сек.	$F_0$ , кГц	Модуляция	А/Ц	Ком.
ММП	БМП							
I поколение (1945–1948)								
«Мессина-1»		1944–1947, НИИ-20	4	–	–	ЧМ-ЧМ	А	–
«Бразилионит»		1947–1948, НИИ-20	8	–	–	ЧМ-ЧМ	А	–
II поколение (1948–1955)								
«Индикатор-Т»	–	1948, ОКБ МЭИ	32	500	125	ВИМ-ЧМ	А	Эл.
СТК-1 «Дон»	–	1948–1949, НИИ-885	16 / 25	1000	62,5	ВИМ-АМ	А	Эл.
РТС-2 («Нева»)	–	1950–1952, СКБ-567 (НИИ-885)	28 / 30	1400 / 1500	50	АИМ-ЧМ	А	Мех.
РТС-3	–	1952–1954, СКБ-567	56	3000	50	ВИМ-ЧМ	А	Мех.
РТС-4	–	1952–1954, СКБ-567	28	3000	50	АИМ-ЧМ	А	Мех.

на Государственном центральном полигоне МВС в октябре – ноябре 1947 года от 28 ноября 1947 г. // Там же. С. 143–155.

<sup>2</sup> Победоносцев В. А. Краткий очерк развития отечественной ракетной радиотелеметрии в 1946–2006 гг. на фоне организации и развития отрасли отечественного ракетостроения ОАО «РК РКП и ИС» // Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы. 2016. Т. 3. Вып. 2. С. 97–99.

Таблица 1. Окончание

Название телеметрических систем		Годы разработки, разработчик	ТТХ систем					
			$N_k$	И, изм./сек.	$F_0$ , кГц	Модуляция	А / Ц	Ком.
ММП	БМП							
РТС-6	–	1954–1956, СКБ-567	28	3000	50	АИМ-ЧМ	А	Мех. / Эл.
РТС-7/8	–	1954–1956, СКБ-567	56	3000	57	ВИМ-АМ	А	Мех. / Эл.
III поколение (1954/55–1956)								
–	РТС-5	1955–1956, СКБ-567	8	50 000	6250	ШИМ-ЧМ	А	Эл.
«Трал»	–	1954–1958, ОКБ МЭИ	48	6000	125	ВИМ-АМ	А	Эл.
IV поколение (1955/57–1960)								
–	БРС-1/2	1957–1960, НИИ-88	20	160 000	8000	АИМ-ЧМ	А	Эл.
V поколение (1961–1964)								
РТС-9	–	1961–1962, СКБ-567	256	18 200	100	ВИМ-АМ	А	Эл.
БРС-4		1962–1964, НИИ-88	40	320 000	8000	АИМ-ЧМ	А	Эл.
VI поколение (1964–1970)								
РТС-9Ц	–	1964–1965, НИИ-885 (СКБ-567)	256	25 600	100	КИМ-ЧМ	Ц	Эл.
«Орбита»	–	1967, ОКБ МЭИ		$R = 1\,200\,000$ бит / сек. $R = 3\,140\,000$ бит / сек.		КИМ-ФМ	Ц	Эл.
VII поколение (1970–1979)								
БРС-4М		1971–1978, НИИ-88	40	640 000	8000	КИМ-ЧМ	Ц	Эл.
БРС-4МК		1979, НИИ-88	80	1 280 000	8000	КИМ-ЧМ	Ц	Эл.

Таблица 2. Сокращения, используемые в табл. 1 и тексте статьи

РТС	Радиотелеметрическая система	$F_0$	Частота опроса по каналам
ММП	Медленно меняющиеся параметры	АМ	Амплитудная модуляция
БМП	Быстро меняющиеся параметры	ЧМ	Частотная модуляция
И	Информативность	АИМ	Амплитудно-импульсная модуляция
$N_k$	Количество каналов в РТС	ВИМ	Времяимпульсная модуляция
А / Ц	Системы РТС (аналоговая или цифровая)	ШИМ	Широтно-импульсная модуляция
Ком. Мех. / Эл.	Используемый в РТС коммутатор (механический или электронный)	КИМ	Кодоимпульсная модуляция

Следует отметить, что временные границы периодизации иногда несколько размыты. Это связано прежде всего с тем, что создание телеметрических систем происходило в несколько этапов: разработка экспериментальных образцов, проведение лабораторных экспериментов, доработка, проведение летных испытаний, доработка и серийное производство, и этот процесс мог проходить в течении нескольких лет. Рассмотрим поколения развития советских телеметрических систем более подробно.

## **I поколение: создание в СССР первых ракетно-космических телеметрических средств (1944–1948)**

Создание отечественной космической телеметрии началось с копирования немецкой телеметрической системы «Мессина-1», которую в конце Великой Отечественной войны доставили в СССР вместе с фрагментами немецкой ракеты Фау-2<sup>3</sup>. Следует отметить, что немцами при первых пусках Фау-2 изначально обрабатывалась без телеметрической системы «Мессина-1», причина разрушения определялась путем использования дедуктивного метода Ш. Холмса (поиск по обнаруженным следам), из-за чего точность полета ракет была крайне низкой; это обстоятельство сделало очевидным необходимость разработки телеметрических систем.

Заметим, что восстановлением системы «Мессина-1» с 1945 г. занимались специалисты НИИ-20 В. В. Бугаев, А. И. Данилюк и Т. И. Столяров, ими были решены многочисленные частные задачи от разбора схем и конструкций трофейных датчиков, блоков питания и др. до разработки текстовой документации, программ по испытаниям, инструкций по эксплуатации<sup>4</sup>. И уже в мае – июне 1947 г. во время полигонных испытаний на Главном испытательном полигоне (ГИП) Капустин Яр немецкой ракеты А-4 применялась восстановленная телеметрическая система «Мессина-1», а в 1948 г. во время полигонных испытаний отечественных изделий Р-1<sup>5</sup> и Р-2 использовалась уже созданная на отечественной элементной базе радиотелеметрическая система «Бразилионит»<sup>6</sup>.

Обе названные выше модели РТС, по нашему мнению, можно отнести к первому поколению рассматриваемой нами телеметрической техники, хотя в некотором смысле восстановленную систему «Мессина-1» можно

---

<sup>3</sup> Постановление Государственного Комитета Обороны СССР от 31 мая 1945 г. № 8897 сс «О проведении работы по выявлению и вывозу заводского и лабораторного оборудования, чертежей и опытных образцов немецких реактивных снарядов» // [https://rvsn.info/library/docs/doc\\_1\\_0001.html](https://rvsn.info/library/docs/doc_1_0001.html); Докладная записка Шахурина А. И. Маленкову Г. М. от 8 июня 1945 г. о результатах обследования германского реактивного научно-испытательного института в Пенемюнде // [https://rvsn.info/library/docs/doc\\_1\\_0002.html](https://rvsn.info/library/docs/doc_1_0002.html).

<sup>4</sup> Докладная записка Н. Д. Яковлева и других...; *Сковорода-Лузин В. И.* Телеметрия. Глаза и уши Главного конструктора. М.: ООО «Оверлей», 2009. С. 248.

<sup>5</sup> Из протокола совещания у командующего артиллерией Вооруженных сил СССР по вопросу о возможности принятия ракеты Р-1 на вооружение от 25 февраля 1950 г. // Задача особой государственной важности... С. 189–197.

<sup>6</sup> Краткая справка-доклад заместителя начальника ГАУ ВС генерал-майора инженерно-артиллерийской службы Соколова о результатах испытаний на ГЦП МВС ракет Р-1 №№ 7, 4, 3 и 8 по предварительным данным технического руководства испытаниями от 29 сентября 1948 г. // [https://rvsn.info/library/docs/doc\\_1\\_0033.html](https://rvsn.info/library/docs/doc_1_0033.html).

рассматривать как предтечу собственно отечественных телеметрических систем.

Созданным в том же НИИ-20 (главный конструктор Г. И. Дегтяренко) на отечественной элементной базе РТС «Бразилионит» были решены задачи, схожие с задачами РТС «Мессина». Контроль осуществлялся путем долетной и послеполетной калибровки тракта регистрации. Регистрация измеряемых процессов осуществлялась на шлейфных осциллографах на бумажную фотоленту.

Система «Бразилионит» оказалась промежуточной и вынужденной конструкцией, но в то же время ее использование принесло понимание необходимости идти иным путем в развитии РТС.

Отличительной особенностью отечественной РТС стало увеличение вдвое количества измеряемых каналов. Характеризуя технический облик первого поколения, отметим следующее:

- данные с ракет через РТС «Мессина-1» и «Бразилионит» передавались на наземную приемно-регистрирующую аппаратуру. В системе использовался принцип частотного разделения каналов, т. е. для каждого канала отводился отдельный поддиапазон частот, что позволяло передавать измеренный сигнал непрерывно;
- наземная приемная станция находилась в спецпоезде, пришедшем из Германии, там же и проводилась фотообработка осциллограмм после регистрации (в вагоне-фотолаборатории)<sup>7</sup>.

Основные тактико-технические характеристики РТС первого поколения были следующими<sup>8</sup>: а) 4 / 8 измерительных каналов; б) частотное разделение каналов (ЧРК); в) частота опроса одного канала – 2 кГц; г) регистрация наземной аппаратурой осуществлялась на фотоленте; д) мощность передатчика – 4 Вт; е) длина волны – 4,5 м; ж) погрешность трактов телеизмерений составляла 15–18 %.

Имел место парадоксальный случай – РТС первого поколения с частотной модуляцией «Мессина» и «Бразилионит» при крайне малом числе измерительных каналов (четыре и восемь соответственно) давали возможность зарегистрировать случайный высокочастотный процесс – вибрацию, для чего в лаборатории Д (измерительной техники) НИИ-88 к середине 1950 г. были разработаны индуктивный датчик ИУ-205 и преобразователь ИУ-206<sup>9</sup>.

К основным недостаткам радиотелеметрических систем того времени можно отнести:

- ограниченное число каналов, невозможность их запараллеливания и невысокая точность;
- попытки увеличения пропускной способности систем с ЧМ-ЧМ приводили к увеличению полосы занимаемых частот, ухудшению отношения сигнал / шум на выходе системы, снижению точности за счет увеличения перекрестных искажений;
- неуверенность в стабильности измерительного тракта, что приводило к необходимости калибровки до и после полета ракеты-носителя;

<sup>7</sup> Сковорода-Лузин. Телеметрия... С. 12.

<sup>8</sup> Победоносцев. Краткий очерк развития... С. 90–91.

<sup>9</sup> Сковорода-Лузин. Телеметрия... С. 15.

– данные системы не удовлетворяли даже текущие потребности телеметрического обеспечения, требовалось значительное увеличение числа каналов и точности измерений радиотелеметрических систем.

## **II поколение: развитие отечественных ракетно-космических телеметрических средств (1948–1955)**

Ко второму поколению отечественных ракетно-космических телеметрических средств относятся такие системы, как «Индикатор-Т», СТК-1 «Дон»<sup>10</sup>, РТС-2-4/6-8<sup>11</sup>, в них применялся принцип временного разделения каналов и они позволяли проводить измерения исключительно медленно меняющихся параметров<sup>12</sup>.

Созданием РТС «Индикатор-Т» занимался Московский энергетический институт, ведущую роль в этом процессе сыграл В. А. Котельников (будущий академик АН СССР), а разработчиками фазоимпульсного метода передачи телеметрической информации схемы коммутатора каналов, основанной на «расщеплении» фазы переменного тока частоты 500 Гц (умфометра), стали М. Е. Новиков и Л. И. Кузнецов. В июне 1951 г. система «Индикатор-Т» была использована при пусках изделий Р-2, главным конструктором которых был С. П. Королев.

Радиотелеметрические системы СТК-1 «Дон» и РТС-2-4/6-8 были разработаны в НИИ-885<sup>13</sup>. При разработке СТК-1 «Дон» главным конструктором был Е. Я. Богуславский, затем разработкой РТС-2-4/6-8 руководил Е. С. Губенко.

Данные системы в дальнейшем нашли широкое применение. Например, РТС-2 «Нева» использовалась в ракете Р-101 главного конструктора Е. В. Сивельщикова, РТС-4 нашла широкое применение в ракетах типа «воздух – воздух» и др., а РТС-7 планировалось для ракеты Р-7, однако в доработанном виде, как РТС-8, стала широко применяться предприятиями авиационной промышленности для отработки самолетов и зенитно-управляемых ракет.

Технический облик отечественных космических телеметрических систем II поколения:

- количество измеряемых каналов – от 16 до 56;
- режимы модуляции – ВИМ-ЧМ, ФИМ-АМ, АИМ-ЧМ (амплитудно-импульсный, времяимпульсный и фазоимпульсный с амплитудной и частотной модуляцией несущей частоты);
- опросность по каналу – от 500 до 3000 опросов в секунду;
- наряду с встроенными в РТС механическими коммутаторами уже стали использоваться и электронные.

К основным достижениям советских телеметристов указанного периода можно отнести следующие:

<sup>10</sup> *Краснов Л. А.* Испытатели легендарной ракеты Р-7: команда Котельникова и Богомолова. М.: ОКБ МЭИ, 2019. С. 27.

<sup>11</sup> *Фаворский В. В., Мещеряков И. В.* Космонавтика и ракетно-космическая промышленность. В 2 кн. М.: Машиностроение, 2003. Кн. 1: Зарождение и становление (1946–1975). С. 44.

<sup>12</sup> *Сковорода-Лузин.* Телеметрия... С. 251–253.

<sup>13</sup> НИИ-885 с 1952 г. стал именоваться СКБ-567.

– была создана радиотелеметрическая аппаратура на прорывных технологиях того времени, а именно на абсолютно новом принципе временного разделения каналов, что, в свою очередь, позволило повысить в разы количество измеряемых каналов;

– у наземных приемных станций появились системы электронных мониторов, позволявшие вести наблюдение в реальном масштабе времени, не дожидаясь проявления и сушки пленок;

– вместо записи на бумаге результатов измерений с помощью шлейфовых осциллографов впервые была применена запись результатов измерений на киноленту с помощью электронного осциллографа, благодаря чему можно было более точно воспроизводить результаты измерений и использовать их в дальнейшем для более тщательного анализа;

– появилась канальная калибровка – установка максимума и минимума измерительной шкалы, что, в свою очередь, позволило значительно повысить точность проведенных измерений;

– благодаря оснащению приемной станции экраном, на котором отображались 16 измерительных каналов в виде диаграмм с изменяющимися по амплитуде элементами, повысилась визуализация проводимых измерений, были введены несколько скоростей записи, а также стало осуществляться программирование каналов, выводимых на экран визуального наблюдения;

– уменьшились массогабаритные характеристики бортовых средств измерения. Была создана РТС с малогабаритной бортовой аппаратурой весом всего четыре килограмма, что было большим достижением для того времени.

К основным недостаткам рассмотренных радиотелеметрических систем можно отнести следующие:

– все разработанные радиотелеметрические системы не позволяли измерять быстро меняющиеся параметры;

– калибровка каждого канала – максимума и минимума измерительной шкалы – проводилась в начале и конце измерений, однако требовалось калибровка и во время проведения самих измерений, так как во время полета изданий происходили сбои шкалы, что снижало точность измерений.

Таким образом, главным отличием радиотелеметрических систем второго поколения от РТС первого поколения стало применение абсолютно нового принципа – принципа временного разделения каналов.

### **III поколение: развитие отечественных космических телеметрических систем, измеряющих медленно меняющиеся параметры, и создание первых телеметрических систем, измеряющих быстро меняющиеся параметры (1954/55–1956)**

К третьему поколению принадлежали радиотелеметрические средства, предназначенных для измерения как медленно меняющихся – «Трал», так и быстро меняющихся параметров – РТС-5<sup>14</sup>.

<sup>14</sup> *Победоносцев*. Краткий очерк развития... С. 95.

Основными тактико-техническими характеристиками космических телеметрических систем, измеряющих ММП<sup>15</sup>, были следующие:

- 12 рабочих фотоблоков;
- три рабочих частоты в диапазоне 60–80 МГц;
- модуляция ВИМ-АМ;
- 48 измерительных каналов по 125 опросов в секунду по каждому;
- синхронизация обеспечивалась основным маркером из четырех импульсов типа меандр и трех дополнительных маркеров из трех импульсов шириной 2,2 мкс;
- длительность опорных и измерительных импульсов составляла 1 мкс;
- чувствительность приемника – 15 мкв;
- эффективная поверхность антенны – 8–10 кв. м;
- дальность работы – до 10 тыс. км.

Информативность РТС была выбрана равной шести тысячам измерений в секунду, т. е. в шесть раз больше, чем у СТК-1. Число каналов – сорок восемь с частотой опроса по каждому сто двадцать пять измерений в секунду. Так же как у радиотелеметрической системы второго поколения СТК-1 «Дон», каналы не были идентичными по шкале измерений, поэтому каждый из них калибровался (*min – max*), выполняя тем самым контроль измерительной шкалы в течение полета.

На первом искусственном спутнике Земли (ИСЗ) бортовая аппаратура системы «Трал» была установлена на второй ступени ракеты-носителя, и с этого момента она стала по-настоящему телеметрической системой. А уже на втором ИСЗ бортовая телеметрическая аппаратура позволяла передавать на активном участке полета сведения о работе агрегатов и систем ракеты-носителя, а в дальнейшем – данные с датчиков, закрепленных на манекенах, собаках<sup>16</sup> и первом космонавте<sup>17</sup>.

Основные тактико-технические характеристики космических телеметрических систем, измеряющих БМП, были таковы:

- станция работала на двух рабочих частотах в диапазоне 40–60 МГц;
- использовалась широтно-импульсная модуляция с частотной модуляцией несущей частоты (ШИМ-ЧМ);
- станция имела восемь измерительных каналов по 6250 опросов каждый;
- регистрация осуществлялась с электронно-лучевой трубки фотоблока на киноплёнку;
- на киноплёнке записывались данные четырех измерительных каналов, для каждого была выделена своя часть ширины пленки;
- периодически осуществлялась калибровка масштаба канала в пять уровней, штрихами разной длины ставились метки времени для секунд, десятых и сотых долей секунды и проводилась оцифровка секунд, регистрируемых

<sup>15</sup> Сковорода-Лузин. Телеметрия... С. 254–255.

<sup>16</sup> Записка С. И. Ветошкина, Л. А. Гришина и др. в ЦК КПСС о запуске в космос ракеты с подопытными собаками // Советская космическая инициатива... С. 80–82.

<sup>17</sup> Постановление Совета Министров СССР «О подготовке полета человека в космическое пространство» // Там же. С. 101–106.

от электромеханического счетчика, работающего на просвет при вспышках специальной неоновой лампы;

– точность измерения параметров составляла 5 %.

Станция РТС-5 была выполнена на пальчиковых лампах и имела высокую надежность (за исключением лентопротяжного механизма). Опорно-поворотное устройство разборной антенны станции размещалось на задней стенке КУНГа<sup>18</sup> слева и имело червячный механизм подъема вверх из транспортного положения и редукторы ручного механического привода по азимуту и углу места. Антенна представляла собой директорную антенну круговой поляризации со взаимно перпендикулярными вибраторами из трубок, запитанными в турникет, и такими же рефлектором и двумя директорами. Эффективная поверхность антенны – 20 м<sup>2</sup>, чувствительность приемника – 10 мкВ, дальность – до 2000 км.

К основным достижениям развития телеметрии того времени можно отнести следующие:

– впервые удалось решить проблему измерений вибраций с помощью радиотелеметрической станции измерения быстро меняющихся параметров РТС-5, созданной в Советском Союзе в 1955–1956 гг. коллективом под руководством главного конструктора Е. С. Губенко в СКБ-567; это было особенно актуально, так как долго не могли определить причины серий аварий на ракетах Р-2<sup>19</sup>. Система РТС-5 успешно использовалась на верхних ступенях ракеты Р-7 для измерения быстро меняющихся параметров<sup>20</sup>;

– разработчикам системы «Трал»<sup>21</sup> удалось для ее использования в ракете Р-7 с целью измерения медленно меняющихся параметров эффективно применить схемотехнические решения того времени<sup>22</sup>, а именно:

а) использование время импульсного кода в радиоканале, что обеспечило максимальную помехоустойчивость при передаче сообщений в условиях помех;

---

<sup>18</sup> КУНГ – кузов универсальный нулевого (нормального) габарита (стандартизированный по габаритам тип закрытого кузова-фургона военных грузовых автомобилей и прицепов, состоящих на вооружении Советской армии и стран Варшавского договора. Предназначались для размещения в них различных мастерских, аппаратных, лабораторий, полевых кухонь и т. п.).

<sup>19</sup> Порошков В. В. Ракетно-космический подвиг Байконура. М.: Патриот, 2007. С. 27.

<sup>20</sup> Доклад В. М. Рябикова, М. И. Неделина, С. П. Королева в ЦК КПСС о причинах ненормального полета ракеты Р-7 при первом экспериментальном пуске 15 мая и о мероприятиях, проведенных по подготовке к пуску второй ракеты от 4 июня 1957 г. / Задача особой государственной важности... С. 563–564.

<sup>21</sup> «Трал», по сути, был усовершенствованной версией ранее разработанной системы «Индикатор-Т», его создателями были В. А. Котельников, А. Ф. Богомолова, Л. И. Кузнецов, С. М. Попов, М. Е. Новиков, Л. А. Куракин, А. Г. Николаев, П. Ж. Крис, Б. М. Мальков, В. П. Бычков, А. С. Альтман, Н. А. Терлецкий (см.: *Победоносцев*. Краткий очерк развития... С. 95).

<sup>22</sup> Из докладной записки В. М. Рябикова и Г. Н. Пашкова в Президиум ЦК КПСС о ходе разработки ракеты Р-7 № 3844 от 25 июля 1955 г. // [https://rvsn.info/library/docs/doc\\_1\\_0122.html](https://rvsn.info/library/docs/doc_1_0122.html); Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР № 379-243 «Об издании Р-7» от 20 марта 1956 г. // [https://rvsn.info/library/docs/doc\\_1\\_0137.html](https://rvsn.info/library/docs/doc_1_0137.html).

б) использование второй ступени коммутации в системе «Трал» с целью передачи большего числа медленно меняющихся (инерционных) параметров типа температурных, а также редко или одноразово изменяющихся сигнальных параметров (прохождение команд или их исполнение) с помощью временного их разграничения или контроля положения коммутирующего устройства, что позволило получать большой объем разносторонней информации без искажений и потерь.

Таким образом получилось повысить информативность РТС до шести тысяч измерений в секунду, что в шесть раз больше, чем у радиотелеметрической системы второго поколения СТК-1 «Дон».

К основным недостаткам телеметрии рассматриваемого времени можно отнести:

– малое количество измеряемых каналов РТС-5, недостаточный диапазон контролируемых частот, недостаточную скорость опроса измеряемых параметров, чрезвычайно малый временной интервал для одного канала, по которому осуществлялось измерение;

– метод контроля измерительной шкалы в РТС «Трал», а именно калибровка каждого канала, проводимая в ходе передачи сообщений, помимо положительного эффекта приводил и к кратковременной, но постоянной потере передаваемой информации. В аварийных случаях такая потеря могла быть критической, и такие случаи бывали и обходились испытателям очень дорого.

Таким образом, главным отличием РТС третьего поколения от РТС второго поколения стало создание первой системы, позволяющей измерять БМП, используя решения, связанные с применением нового принципа – временного разделения каналов с модуляцией несущей ШИМ-АМ – и пальчиковых ламп; также при создании системы «Трал» удалось реализовать удачные схемотехнические решения теории того времени.

#### **IV поколение: развитие отечественных космических телеметрических систем, измеряющих быстро меняющиеся параметры (1955/57–1960)**

В качестве примера образца техники четвертого поколения возьмем разработанное в 1955 г. ОКБ-586 радиотелеметрическое средство «БРС-1 и БРС-2» (БРС-1 – бортовая система, БРС-2 – наземная система)<sup>23</sup>, выполненное на радиолампах миниатюрной серии «Дробь». Его экспериментальный образец был изготовлен в 1956 г., а в 1957 г. опытный образец мобильной БРС-1, изготовленный заводом «Геофизика» (Москва), был подвергнут самолетным испытаниям. Ведущим разработчиком бортовой аппаратуры вибрационных измерений стал Е. В. Дивин, ему помогали О. Н. Новоселов, А. Ф. Косорук, Г. С. Анурьев, И. П. Ляшенко и др. Созданием магнитного регистратора системы БРС-2 с использованием метода непосредственной записи занимался Г. Ф. Шамин.

<sup>23</sup> Порошков. Ракетно-космический подвиг Байконура... С. 141.

В 1960 г. благодаря очередному научному прорыву в области микроэлектроники, а именно появлению в промышленности первых транзисторов, система «БРС-1 и БРС-2» была переведена на полупроводники, также для нее были разработаны новые антенно-фидерные устройства ИС-1891, ИС-1825, ИС-1721 и 35-мм 12-дорожечный магнитофон ИС-1786. Серийное производство БРС-1 началось на Ижевском мотозаводе, БРС-2 – на Киевском радиозаводе<sup>24</sup>.

Таким образом, обновленная радиотелеметрическая система для измерения быстро меняющихся параметров «БРС-1 и БРС-2» обладала следующими тактико-техническими характеристиками<sup>25</sup>:

– информативность новой системы «БРС-1 и БРС-2» – 160 000 измерений в секунду, более чем в три раза больше, чем у радиотелеметрической системы третьего поколения РТС-5, у которой этот параметр равнялся 50 000 измерениям в секунду;

– число измеряемых каналов – 20 (вместо 8 у РТС-5);

– частота опроса канала – 8000 раз в секунду, что обеспечивает четырехкратный опрос одного периода максимально передаваемой по каналу частоты – 2000 Гц;

– бортовая аппаратура была выполнена на лампах типа «Дробь», которая включала датчики, коммутатор с тактовой частотой 160 кГц и передатчик метрового диапазона;

– наземная аппаратура была выполнена на пальчиковых лампах и включала в себя приемник на три несущих частоты, коммутатор, блок интерполяционных фильтров, блок управления, блок времени, блок кадровой записи на кинолентку.

К основным достижениям развития радиотелеметрических систем того времени можно отнести следующие:

– уменьшены переходные искажения между каналами системы и в два раза увеличена мощность излучения передатчика по сравнению с режимом  $Q = 1$  за счет введения импульсного излучения в передатчике, где скважность (отношение периода импульсов к длительности импульсов)<sup>26</sup>  $Q = 2$ ;

– улучшена система синхронизации приемного устройства за счет выделения первой гармоники тактовой частоты  $f_T = 160$  кГц и формирования маркерного импульса, а также предложенного принципа передачи контрольного сигнала (эталонная синусоида частотой 1000 Гц) по одному из служебных каналов;

– повышена помехозащищенность системы синхронизации приемных устройств благодаря предложенному способу кварцевания тактовой частоты, что, в свою очередь, позволило значению первой гармоники тактовой частоты  $f_T$  использовать на земле в качестве бортового времени;

<sup>24</sup> Кудряшов В. А. Измерительному комплексу космодрома Байконур – 50 лет. Исторический очерк (исправленный и дополненный). СПб.: [б. и.], 2011. С. 52–54.

<sup>25</sup> Сковорода-Лузин. Телеметрия... С. 242–243.

<sup>26</sup> Останков А. В. Частотные характеристики колебаний и цепей. Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2021. С. 90.

– была решена проблема создания устойчивого к вибрациям частотного модулятора на несущей частоте за счет разработки принципиально новой схемы ЧМ-модулятора быстродействующей РТС на лампе типа «Дробь», где модулятор выполнялся по схеме реактивной лампы с заземленной по высокой частоте сеткой, что, в свою очередь, позволило в конечном итоге повысить информативность всей системы более чем в три раза по сравнению с РТС-5;

– в наземной радиотелеметрической системе «БРС-1 и БРС-2» впервые в отечественной практике для регистрации информации в наземном регистраторе была использована магнитная запись (ранее во всех средствах отечественной радиотелеметрии регистрация информации производилась непосредственно на фотопленку), что позволило повысить качество обработки полученной телеметрической информации.

Реализация вышеуказанных новых идей и совершенствование элементной базы, а именно внедрение полупроводников, позволяет провести условные разграничения между РТС третьего и четвертого поколений.

К основным недостаткам телеметрических систем того времени можно отнести следующие:

– недостаточное внимание было уделено системе синхронизации, как высокочастотной, так и низкочастотной, а также стабильности шкалы и уровня сигнала;

– система данного поколения обладала недостаточным количеством измеряемых каналов;

– для уменьшения массогабаритных характеристик РТС требовалась унификация радиотелеметрических систем как для БМП, так и ММП.

Первые натурные испытания БРС-1 проводились в 1958 г. на ракете Р-12<sup>27</sup> в ходе ее испытаний на полигоне Капустин Яр.

Таким образом, с помощью разработанной системы «БРС-1 и БРС-2», запущенной в 1959–1960-х гг. в серийное производство, была временно решена проблема того времени – нахождение способа измерения быстро меняющихся параметров.

## **V поколение: развитие отечественных космических телеметрических систем (1961–1964)**

Космические телеметрические системы пятого поколения включали в себя усовершенствованные радиотелеметрические средства, предназначенные для измерения медленно меняющихся параметров (РТС-9<sup>28</sup>), и универсальные радиотелеметрические средства (БРС-4<sup>29</sup>), предназначенные для измерения одновременно как медленно меняющихся, так и быстро

<sup>27</sup> Докладная записка Д. Ф. Устинова, К. Н. Руднева, С. М. Лещенко, Е. П. Славского, М. И. Неделина, С. С. Бирюзова в ЦК КПСС о расхождении ракет Р-2, Р-5М, Р-12 для испытаний от 20 ноября 1958 г. // Задача особой государственной важности... С. 728–729.

<sup>28</sup> *Сковорода-Лузин. Телеметрия...* С. 119.

<sup>29</sup> Там же.

меняющихся параметров, которыми укомплектовывались командно-измерительные пункты и полигоны<sup>30</sup>.

Модель РТС-9 представляла собой перспективную унифицированную и многоцелевую систему повышенной информативности, разработанную на полупроводниковых приборах. Ее характеристики<sup>31</sup>:

- дальность действия – от нескольких десятков до 40 000 км в зависимости от диапазона волн и типа антенн;

- погрешность измерения – не более одного процента;

- регистрация телеметрической информации осуществлялась наземной станцией на магнитную ленту;

- для оперативной оценки результатов регистрации в составе станции использовались устройства открытой регистрации с бумажной лентой в качестве носителя информации.

К основным преимуществам РТС-9 можно отнести следующие:

- в систему были заложены два очень важных для ракетчиков достоинства: локальная структура, позволяющая резко сократить бортовую кабельную сеть системы измерений в ракете, и возможность выбора различных наборов аппаратуры в зависимости от нужд каждого конкретного объекта контроля. Благодаря внедрению своего рода стандарта подключения приборов исключалась необходимость переработки всей системы, а достаточно было доработать какой-либо прибор;

- в данной РТС была обеспечена структурная гибкость системы: ее бортовой комплект имел три модификации по информативности – 25 600, 12 800 и 3200 измерений в секунду с числом каналов 512, 256 и 64 соответственно. Кроме того, предусматривалась работа в метровом, дециметровом и сантиметровом диапазонах волн, а передатчики выполнялись в нескольких модификациях, отличающихся диапазонами частот, мощностью, габаритами и весом;

- у системы РТС-9 появилась информационная гибкость – три ступени коммутации давали возможность получать по каналам меньшую частоту опроса – до 1,5 опросов в секунду, запараллеливание 2–4 каналов и использование их в качестве одного позволяло увеличивать частоту опроса по каналам (50, 100, 200), а на третьей ступени коммутации – 1,5; 3; 6, чем достигалось более эффективное использование информативности системы;

- у РТС-9 благодаря предложенным ее разработчиками структуре сигнала и методу синхронизации появилась и возможность повысить сохранность телеметрической информации с помощью созданных многоканальных бортовых запоминающих устройств (ЗУ);

---

<sup>30</sup> Докладная записка И. С. Конева и М. И. Неделина в Совет Министров СССР от 7 января 1960 г. «О модернизации измерительных комплексов на ГЦП и 5 НИИП МО» // Становление ракетной мощи страны. Из истории создания ракетно-ядерного оружия и Ракетных войск стратегического назначения (1960–1964 гг.). Сборник документов / Сост. В. И. Ивкин, Г. А. Сухина, М. Уль. М.: Историческая литература, 2019. Кн. 1: 1960–1961 гг. С. 51–52.

<sup>31</sup> Зверев В. И. Радиотелеметрическая система РТС-9. Л.: ЛВИКА имени А. Ф. Можайского, 1966. Ч. 1. С. 6–9.

– впервые в РТС-9 была предложена и новая функция – автоматизированная обработка результатов измерения<sup>32</sup>.

Отличительной особенностью системы РТС-9 было то, что она практически полностью была выполнена на полупроводниковых приборах, включая наземную приемно-регистрирующую станцию и специализированную электронно-вычислительную машину (ЭВМ) для первичной обработки данных телеизмерений.

К основным недостаткам РТС-9 можно отнести:

- отсутствие универсальной наземной станции, позволяющей осуществлять прием информации с различных бортовых телеметрических систем;
- невозможность полной автоматизированной обработки результатов телеметрических измерения с помощью ЭВМ общего назначения.

Модель РТС БРС-4 представляла собой уже универсальную космическую телеметрическую систему пятого поколения, которая позволяла осуществлять измерения как БМП, так и ММП. Ее тактико-технические характеристики следующие:

- информативность – 320 000 измерений в секунду, в два раза больше, чем у системы «БРС-1 и БРС-2» (160 000 измерений в секунду)<sup>33</sup>;

- число измеряемых каналов – 40 (вместо 20);

- полоса измеряемых частот – 0–2000 Гц, при этом предусмотрено увеличение полосы до 8000 Гц за счет сокращения числа каналов, а также увеличение числа каналов за счет их информативности ( $1 \times 2000 = 16 \times 125$ ).

Особое внимание в БРС-4 было уделено системе синхронизации, как высокочастотной, так и низкочастотной, и стабильности шкалы и уровня сигнала. БРС-4 уже работала в трех метровых (М1, МП, МПП) и одном дециметровом (Д1) диапазонах волн на пяти рабочих частотах<sup>34</sup>.

К основным достижениям развития радиотелеметрической системы БРС-4 можно отнести следующие:

- бортовая аппаратура имела минимальные на то время вес и размеры за счет того, что была выполнена на полупроводниках;

- тактовая частота каналов была синхронизирована с помощью кварцевого генератора, что существенно улучшило помехозащищенность радиолинии;

- имелась возможность оперативного наглядного представления зарегистрированной информации (ММП) испытателю;

- имелась возможность эффективно распределять ресурсы РТС БРС-4, варьируя число «быстрых» и «медленных» каналов, отдавая под «медленные» большее или меньшее количество каналов системы.

К основным недостаткам телеметрических систем БМП того времени можно отнести отсутствие гибкости радиотелеметрической системы БРС-4. Расширение частотного диапазона каналов измерений высокочастотных

---

<sup>32</sup> Урманчеев С. И., Гертуг О. Ю. Радиотелеметрическая система РТС-9. Л.: ЛВИКА имени А. Ф. Можайского, 1969. Ч. 3: Специализированная электронная вычислительная машина обработки телеметрической информации МО-9М. С. 3–6.

<sup>33</sup> Сковорода-Лузин. Телеметрия... С. 242–243.

<sup>34</sup> Победоносцев. Краткий очерк развития... С. 95.

вибраций, который составлял всего два килогерца, могло осуществляться только за счет других каналов.

## **VI поколение: развитие отечественных космических телеметрических систем (1964–1970)**

К моделям шестого поколения относились радиотелеметрические средства «Орбита»<sup>35</sup> и РТС-9Ц<sup>36</sup>, предназначенные для измерения медленно меняющихся параметров.

Тактико-технические характеристики РТС-9Ц:

- количество измеряемых каналов – 256;
- информативность системы – 25 600 измерений в секунду;
- вид модуляции – КИМ-ЧМ;
- автоматизированная обработка телеметрической информации (ТМИ) осуществляется на базе ЭВМ общего назначения РТС-9Ц – МО-9М – М-20;
- в качестве сигнала синхронизации низкочастотного маркера в системе РТС-9Ц использована *m*-последовательность.

Тактико-технические характеристики цифровой РТС «Орбита»:

- дальность передачи радиотелеметрической информации – до 36 000 км (до высоты геостационарной орбиты);
- вид модуляции – КИМ-ФМ;
- информативность системы – 1 200 000 бит / сек.;
- коммутатор – электронный.

К основным достижениям развития радиотелеметрических систем того периода времени можно отнести:

– использование в 1962–1963 гг. коллективом СКБ-567, который был влит в Научно-исследовательский институт приборостроения (НИИП), нового, прорывного для этого периода времени принципа цифровой передачи информации в радиотелеметрической системе РТС-9Ц, что, в свою очередь, позволило значительно повысить ее ТТХ;

– благодаря совместной разработке НИИП с Ижевским мотозаводом единой наземной станции МА-9МКТ системы РТС-9Ц, позволявшей осуществлять прием сигналов как циклической структуры, так и адресной, появилась возможность осуществлять прием информации как с РТС-9, так и с «Трала»;

– первое применение автоматизированной системы обработки телеметрической информации благодаря разработке НИИП и НИИ-885 в 1965 г. первого в стране автоматизированного комплекса обработки ТМИ на базе отечественных ЭВМ общего назначения РТС-9Ц – МО-9М – М-20, где функции по декоммутации кадров РТС и обработке временной информации выполнялись специализированными устройствами, а ЭВМ производила счетные операции по определению физических значений передаваемых параметров;

<sup>35</sup> Сковорода-Лузин. Телеметрия... С. 174.

<sup>36</sup> Там же. С. 110.

- увеличение информативности системы «Орбита» до 1,2 Мбит / сек.;
- достижение универсальности системы «Орбита», которая заключалась в возможности принимать сигналы не только своей системы, но и телеметрических систем пятого поколения РТС-9 и БРС-4;
- увеличение дальности передачи радиотелеметрической информации вплоть до геостационарной орбиты (36 000 км) и далее, что позволяло осуществлять получение телеметрической информации из дальнего космоса.

К основным недостаткам телеметрических систем того времени можно отнести:

- отсутствие у РТС-9Ц универсальности – т. е. возможности одновременно с ММП измерять БМП;
- отечественная элементная база 1960-х гг. не позволяла превратить систему «Орбита» в действительно в совмещенную, обеспечивающую измерения как ММП, так и БМП.

## **VII поколение: развитие отечественных космических телеметрических систем (1970–1979)**

К отечественным космическим телеметрическим системам седьмого поколения относились такие РТС, как БРС-4М и БРС-4МК, которые предназначались для измерения быстро меняющихся параметров<sup>37</sup>. РТС этого поколения включали в себя бортовую аппаратуру, наземную антенну, приемно-регистрирующую аппаратуру (ПРА), аппаратуру обработки, контрольно-испытательную аппаратуру. Особенности техники данного поколения:

- наличие аппаратуры обработки, которая позволяла оперативно осуществлять перезапись и обработку зарегистрированной на магнитный носитель телеметрической информации (аппаратура ИС-1915 и ее сокращенный вариант ИС-1940), статистическую обработку аналоговой информации высокочастотных и среднечастотных параметров (аппаратура типа «Спектр») и полную обработку телеметрической информации (аппаратура «Лотос-ЗА» с универсальной ЭЦВМ «Урал-11»);
- использование следующих методов модуляции: АИМ-ВИМ для параметров, передаваемых в аналоговой форме, и АИМ-КИМ-ВИМ для параметров, передаваемых в цифровой форме;
- высокая информативность – до 320 000 измерений в секунду, позволяющая обеспечить одновременное измерение функциональных параметров как высокочастотных (с шириной спектра до 4000 Гц), так и среднечастотных (спектр до 1000 Гц) и низкочастотных (спектр до 25 Гц), а также сигнальных параметров и цифровых данных БЦВМ<sup>38</sup>;
- сочетание аналоговых и цифровых методов передачи с использованием четверичного кода, система допускала одновременную передачу (за один

<sup>37</sup> Морозов В. М., Смирнов А. Н. Радиотелеметрическая система БРС-4М. Л.: ВИКИ имени А. Ф. Можайского, 1982. С. 6–11.

<sup>38</sup> Бянкин А. А., Дорошенко В. В., Дроздов А. Г. Принципы построения аппаратуры ПРА-МК. Л.: ВИКИ имени А. Ф. Можайского, 1998. С. 7–9.

цикл работы основного коммутатора) информации в цифровой и аналоговой форме;

– технический ресурс работы бортовой аппаратуры составлял более 2000 часов, время непрерывной работы – два часа с последующим перерывом на один час.

К основным достижениям развития радиотелеметрических систем того периода можно отнести:

– реализацию гибкости радиотелеметрической системы благодаря возможности приема либо двух независимых потоков информации с разнесением каждого из радиосигналов по поляризациям каждого, либо одного потока с разнесением по диапазонам (например, метры и дециметры) и по поляризации в каждом диапазоне с последующим сшиванием принятой информации в один поток благодаря наличию четырехканального высокочастотного приемного тракта;

– использование при конструировании БРС-4М микроэлектронной элементной базы (в отличие от БРС-4), что позволило значительно улучшить ее эксплуатационные и технические характеристики;

– наличие многоступенчатой системы коммутации, допускающей использование локальных аналоговых и кодовых коммутаторов второй степени, цифровых коммутаторов БЦВМ второй степени, локальных аналоговых коммутаторов – терморпар и терморезисторов – третьей степени. Причем коммутаторы первой и второй степени работали синхронно и синфазно;

– увеличение частоты опроса параметров, контролируемых каналами первой, второй и третьей ступеней коммутации, в два и четыре раза;

– наличие возможности контроля состояния телеметрического канала связи и качества регистрируемой и обрабатываемой информации;

– наличие возможности автоматизированного контроля режимов работы и функционирования устройств приемно-регистрирующей аппаратуры с отображением результатов контроля на видеоконтрольных устройствах;

– осуществление комплексной микроминиатюризации радиотелеметрических средств, в частности бортовой системы «Сириус», благодаря внедрению в конце 1960-х гг. гибридно-пленочной технологии и многослойных печатных плат;

– применение в системе БРС-4М с 1973 г. запоминающего устройства УЗУ-1, что повысило сохранность полученной телеметрической информации.

В новой системе БРС-4МК уже использовалась приемно-регистрирующая аппаратура ПРА-МК и бортовое устройство «Кварц». Применение наземной станции ПРА-МК<sup>39</sup> позволило работать одновременно от двух устройств «Сириус» или одного «Кварц», что, в свою очередь, повысило информативность до 1 280 000 бит / сек. Кроме бортовой и наземной аппаратуры в системе БРС-4МК также были доработаны и антенные системы.

<sup>39</sup> Сообщение ТАСС о работе на Луне самоходного аппарата «Луноход-1» от 18 ноября 1970 г. // Борьба СССР за мирное использование космоса, 1957–1985: документы и материалы. В 2 т. М.: Политиздат, 1985. Т. 1. С. 121–122.

## Заключение

Обобщая все сказанное выше, можно сделать следующие выводы.

При внимательном рассмотрении характеристик поколений отечественных радиотелеметрических систем можно отметить тенденцию повышения их информативности. Если первые системы, построенные по принципу временного разделения каналов, обладали информативностью 1000 измерений в секунду, то последние – до 1 280 000.

Начиная со второго поколения радиотелеметрические системы уже создавались на прорывных технологиях того времени, с использованием абсолютно нового принципа – временного разделения каналов, что, в свою очередь, позволило в разы повысить количество измеряемых каналов.

Благодаря появлению канальной калибровки – установки максимума и минимума измерительной шкалы в РТС – начиная со второго поколения РТС повысилась точность измерений.

У наземных приемных станций телеметрических систем постоянно появлялись новые средства визуализации, такие как электронные мониторы у РТС второго поколения, позволявшие вести наблюдение в реальном масштабе времени и удовлетворять любопытство начальства в случае аварии, не дожидаясь проявления и сушки пленок.

Уменьшались массогабаритные характеристики бортовых средств измерения при выполнении того же функционала, – например, была создана РТС-4 с малогабаритной бортовой аппаратурой весом всего 4 кг, что в дальнейшем позволило использовать ее не только в космической технике, но и в танковом, противотанковом и пехотном реактивном оружии, в ракетах типа «воздух – воздух», «воздух – корабль» и «земля – корабль».

Начиная с РТС третьего поколения стали появляться радиотелеметрические системы, позволяющие измерять вибрацию. У РТС-5 информативность была всего 50 000 измерений в секунду, а у РТС седьмого поколения – 1 280 000 измерений в секунду.

У РТС пятого поколения (впервые у РТС-9) появилась новая функция – автоматизированная обработка результатов измерения с помощью дополнительной очень компактной аппаратуры на полупроводниках (МО-9), которая была выполнена как спецвычислитель, осуществляющий процедуры дешифровки с выдачей результатов обработки в виде графиков на термочувствительной бумаге; в последующих поколениях РТС дополнительно к специализированным средствам обработки стали применяться универсальные ЭВМ того периода, что еще более увеличило возможности по обработке информации.

Таким образом, начиная с середины 1950-х и по конец 1970-х гг. облик радиотелеметрических систем потерпел большие изменения: был пройден путь от простейших РТС, в состав которых входили только датчики в первых ракетах и простейших спутниках и приемно-регистрирующие станции, до сложных систем, имеющих многокаскадную конструкцию на новой элементной базе и использующих самые передовые технические решения своего времени.

## References

- Biankin, A. A., Doroshenko, V. V., and Drozdov, A. G. (1998) *Printsipy postroeniia apparatury PRA-MK [Construction Principles of PRA-MK Equipment]*. Leningrad: VIKI imeni A. F. Mozhaiskogo, 1998.
- Doklad V. M. Riabikova, M. I. Nedelina, S. P. Koroleva v TsK KPSS o prichinakh nenormal'nogo poleta rakety R-7 pri pervom eksperimental'nom puske 15 maia i o meropriiatiiakh, provedennykh po podgotovke k pusku vtoroi rakety ot 4 iunია 1957 g. [Report by V. M. Ryabikov, M. I. Nedelin, and S. P. Korolev to CPSU the Central Committee on the Causes of the Abnormal Flight of the R-7 Rocket during the First Experimental Launch on May 15 and on the Measures Taken to Prepare for the Launch of the Second Rocket on June 4, 1957] (2010), in: Ivkin, V. I., and Sukhina, G. A. (comp.) *Zadacha osoboi gosudarstvennoi vazhnosti. Iz istorii sozdaniia raketno-iadernogo oruzhiia i raketnykh voisk strategicheskogo naznacheniiia (1945–1959 gg.)*. *Sbornik dokumentov [The Task of Special National Importance. From the History of the Creation of Nuclear Missile Weapons and Strategic Missile Forces (1945–1959). Collection of Documents]*. Moskva: ROSSPEN, pp. 563–564.
- Dokladnaia zapiska D. F. Ustinova, K. Kh. Rudneva, S. M. Leshchenko, E. P. Slavskogo, M. I. Nedelina, S. S. Biriuzova v TsK KPSS o raskhodovanii raket R-2, R-5M, R-12 dlia ispytaniia ot 20 noiabria 1958 g. [A Memorandum by D. F. Ustinov, K. Kh. Rudnev, S. M. Leshchenko, E. P. Slavsky, M. I. Nedelin, S. S. Biryuzov to the CPSU Central Committee on Using Up R-2, R-5M, R-12 Missiles for Testing, as of November 20, 1958] (2010), in: Ivkin, V. I., and Sukhina, G. A. (comp.) *Zadacha osoboi gosudarstvennoi vazhnosti. Iz istorii sozdaniia raketno-iadernogo oruzhiia i Raketnykh voisk strategicheskogo naznacheniiia (1945–1959 gg.)*. *Sbornik dokumentov [The Task of Special National Importance. From the History of the Creation of Nuclear Missile Weapons and Strategic Missile Forces (1945–1959). Collection of Documents]*. Moskva: ROSSPEN, 2010, pp. 728–729.
- Dokladnaia zapiska I. S. Koneva i M. I. Nedelina v Sovet Ministrov SSSR ot 7 ianvaria 1960 g. “O modernizatsii izmeritel'nykh kompleksov na GTsP i 5 NIIP MO” [I. S. Konev and M. I. Nedelin’s Memorandum to the USSR Council of Ministers, as of January 7, 1960 “On the Modernization of Measuring Complexes at the GTsP and 5 NIIP MO”] (2019), in: Ivkin, V. I., Sukhina, G. A., and UF, M. (comp.) *Stanovlenie raketnoi moshchi strany. Iz istorii sozdaniia raketno-iadernogo oruzhiia i Raketnykh voisk strategicheskogo naznacheniiia (1960–1964 gg.)*. *Sbornik dokumentov [The Establishment of the Country’s Missile Power. From the History of the Creation of Nuclear Missile Weapons and Strategic Missile Forces (1960–1964). Collection of Documents]*. Moskva: Istoricheskaia literatura, book 1: 1960–1961 gg. [1960–1961], pp. 51–52.
- Dokladnaia zapiska N. D. Iakovleva i drugikh I. V. Stalinu o rezul'tatakh puskov raket Fau-2 ot 28 noiabria 1947 g. [A Memorandum by N. D. Yakovlev and Others to I. V. Stalin on the Results of the V-2 Rocket Launches, as of November 28, 1947] (2010), in: Ivkin, V. I., and Sukhina, G. A. (comp.) *Zadacha osoboi gosudarstvennoi vazhnosti. Iz istorii sozdaniia raketno-iadernogo oruzhiia i Raketnykh voisk strategicheskogo naznacheniiia (1945–1959 gg.)*. *Sbornik dokumentov [The Task of Special National Importance. From the History of the Creation of Nuclear Missile Weapons and Strategic Missile Forces (1945–1959). Collection of Documents]*. Moskva: ROSSPEN, 2010, pp. 135–143.
- Dokladnaia zapiska Shakhurina A. I. Malenkovu G. M. ot 8 iunია 1945 g. o rezul'tatakh ob sledovaniia germanskogo reaktivnogo nauchno-ispytatel'nogo instituta v Penemiunde [A Memorandum by Shakhurin A. I. to Malenkov G. M. as of June 8, 1945 on the Results of the Examination of the German Jet Research and Testing Institute in Peenemünde], [https://rvsn.info/library/docs/doc\\_1\\_0002.html](https://rvsn.info/library/docs/doc_1_0002.html).
- Favorskii, V. V., and Meshcheriakov, I. V. (2003) *Kosmonavtika i raketno-kosmicheskaiia promyshlennost'. V 2 kn. [Cosmonautics and the Rocket and Space Industry. In 2 books]*. Moskva: Mashinostroenie, book 1: Zarozhdenie i stanovlenie (1946–1975) [Emergence and Formation (1946–1975)].
- Iz dokladnoi zapiski V. M. Riabikova i G. N. Pashkova v Prezidium TsK KPSS o khode razrabotki rakety R-7 № 3844 ot 25 iulია 1955 g. [From V. M. Ryabikov and G. N. Pashkov’s

- Memorandum to the Presidium of the CPSU Central Committee on the Development of the R-7 rocket No. 3844, as of July 25, 1955], [https://rvsn.info/library/docs/doc\\_1\\_0122.html](https://rvsn.info/library/docs/doc_1_0122.html).
- Iz kratkogo tehničkog otčeta gosudarstvennoi komissii o provedenii opytnykh puskov raket dal'nego deistviia A-4 (Fau-2) na Gosudarstvennom tsentral'nom poligone MVS v oktjabre – noiabre 1947 goda ot 28 noiabria 1947 g. [From the State Commission's Brief Technical Report on the Experimental Launches of Long-Range A-4 (V-2) Missiles at the State Central Range of the Ministry of Internal Affairs in October – November 1947, as of November 28, 1947] (2010), in: Ivkin, V. I., and Sukhina, G. A. (comp.) *Zadacha osoboï gosudarstvennoi vazhnosti. Iz istorii sozdaniia raketno-iadernogo oruzhiia i Raketnykh voisk strategičeskogo naznacheniiia (1945–1959 gg.). Sbornik dokumentov [The Task of Special National Importance. From the History of the Creation of Nuclear Missile Weapons and Strategic Missile Forces (1945–1959). Collection of Documents]*. Moskva: ROSSPEN, pp. 143–155.
- Iz protokola soveshchaniia u komanduiushchego artilleriei Vooruzhennykh cil SSSR po voprosu o vozmozhnosti priiniatii rakety R-1 na vooruzhenie ot 25 fevralia 1950 g. [From the Minutes of the Meeting with Artillery Commander of the USSR Armed Forces on the Possibility of Adopting the R-1 Missile, as of February 25, 1950] (2010), in: Ivkin, V. I., and Sukhina, G. A. (comp.) *Zadacha osoboï gosudarstvennoi vazhnosti. Iz istorii sozdaniia raketno-iadernogo oruzhiia i Raketnykh voisk strategičeskogo naznacheniiia (1945–1959 gg.). Sbornik dokumentov [The Task of Special National Importance. From the History of the Creation of Nuclear Missile Weapons and Strategic Missile Forces (1945–1959). Collection of Documents]*. Moskva: ROSSPEN, pp. 189–197.
- Krasnov, L. A. (2019) *Ispytатели легендарной ракеты R-7: команда Котельникова и Богомолова [Testers of the Legendary R-7 Missile: The Team of Kotelnikov and Bogomolov]*. Moskva: OKB MEI.
- Kratkaia spravka-doklad zamestitelia nachal'nika GAU VS general-maiora inženerno-artilleriiskoi sluzhby Sokolova o rezul'tatakh ispytaniia na GTsP MVS raket R-1 №№ 7, 4, 3 i 8 po predvaritel'nyĭm dannym tehničkog rukovodstva ispytaniiami ot 29 sentiabria 1948 g. [Summary-Report by the Deputy Head of the GAU of the Armed Forces, Major General Sokolov of the Artillery Engineering Service, on the Test Results of the R-1 Missiles No. 7, 4, 3 and 8 on the State Testing Ground of the USSR Ministry of Armed Forces (GTsP MVS), Based on Preliminary Data from the Technical Test Manual, as of September 29, 1948], [https://rvsn.info/library/docs/doc\\_1\\_0033.html](https://rvsn.info/library/docs/doc_1_0033.html).
- Kudriashov, V. A. (2011) *Izmeritel'nomu kompleksu kosmodroma Baikonur – 50 let. Istoricheskie ocherk (ispravleniĭ i dopolneniĭ) [Measuring Complex of the Baikonur Cosmodrome Turns 50. Historical Essay (Revised and Expanded)]*. Sankt-Peterburg.
- Morozov, V. M., and Smirnov, A. N. (1982) *Radiotelemetričeskaiia sistema BRS-4M [Radio Telemetry System BRS-4M]*. Leningrad: VIKI imeni A. F. Mozhaiskogo.
- Ostankov, A. V. (2021) *Chastotnye kharakteristiki kolebanii i tsepei [Frequency Characteristics of Oscillations and Circuits]*. Voronezh: Izdatel'stvo VGTU.
- Pobedonostsev, V. A. (2016) *Kratkii ocherk razvitiia otechestvennoi raketnoi radiotelemetrii v 1946–2006 gg. na fone organizatsii i razvitiia otrasli otechestvennogo raketostroeniia [A Brief Outline of the Development of Domestic Rocket Radio Telemetry in 1946–2006 in the Context of the Organization and Development of the Domestic Rocket Industry]*, *Raketno-kosmicheskoe priborostroenie i informatsionnye sistemy*, vol. 3, iss. 2, pp. 97–99.
- Poroshkov, V. V. (2007) *Raketno-kosmicheskii podvig Baikonura [Rocket and Space Feat of Baikonur]*. Moskva: Patriot.
- Postanovlenie Gosudarstvennogo Komiteta Oborony SSSR ot 31 maiia 1945 g. № 8897 ss “O provedenii raboty po vyavleniiu i vyvozu zavodskogo i laboratornogo oborudovaniia, chertezhei i opytnykh obratstov nemetskikh reaktivnykh snariadov” [Resolution of the USSR State Defense Committee of May 31, 1945, No. 8897 ss “On Carrying Out the Work of Discovering and Exporting Factory and Laboratory Equipment, Drawings and Prototypes of German Rockets”, [https://rvsn.info/library/docs/doc\\_1\\_0001.html](https://rvsn.info/library/docs/doc_1_0001.html)].
- Postanovlenie Soveta Ministrov SSSR “O podgotovke poleta cheloveka v kosmicheskoe prostranstvo” [Resolution of the USSR Council of Ministers “On the Preparation of Manned Flight into Outer Space”, in: Baturin, Iu. M. (ed.) *Sovetskaia kosmicheskaiia initsiativa v gosudarstvennykh dokumentakh. 1946–1964 gg. [Soviet Space Initiative in State Documents. 1946–1964]*. Moskva: RTSoft, pp. 101–106.

- Postanovlenie Soveta Ministrov SSSR “Voprosy reaktivnogo vooruzheniia” [Resolution of the USSR Council of Ministers “Issues of Jet Weapons”], in: Baturin, Iu. M. (ed.) *Sovetskaia kosmicheskaia iniciativa v gosudarstvennykh dokumentakh. 1946–1964 gg. [Soviet Space Initiative in State Documents. 1946–1964]*. Moskva: RTSSoft, pp. 30–36.
- Postanovlenie TsK KPSS i Soveta Ministrov SSSR № 379-243 “Ob izdelii R-7” ot 20 marta 1956 g. [Resolution of the CPSU Central Committee and the USSR Council of Ministers No. 379-243 “On the R-7 Product” as of March 20, 1956, [https://rvsn.info/library/docs/doc\\_1\\_0137.html](https://rvsn.info/library/docs/doc_1_0137.html)].
- Skovoroda-Luzin, V. I. (2009) *Telemetriia. Glaza i ushi Glavnogo konstruktora [Telemetry. The Eyes and Ears of the Chief Designer]*. Moskva: OOO “Overlei”.
- Soobshchenie TASS o rabote na Lune samokhodnogo apparata “Lunokhod-1” ot 18 noiabria 1970 g. [TASS Report on the Operation of the *Lunokhod-1* Self-Propelled Spacecraft on the Moon Dated November 18, 1970] (1985), in: *Bor’ba SSSR za mirnoe ispol’zovanie kosmosa, 1957–1985: dokumenty i materialy. V 2 t. [The USSR’s Struggle for the Peaceful Use of Outer Space, 1957–1985: Documents and Materials. In 2 vols.]*. Moskva: Politizdat, vol. 1, pp. 121–122.
- Urmancheev, S. I., and Gertig, O. Iu. (1963) *Radiotelemetricheskaiia sistema RTS-9 [Radio Telemetry System RTS-9]*. Leningrad: LVIKA imeni A. F. Mozhaiskogo, pt. 3: Spetsializirovannaia elektronnaia vychislitel’naia mashina obrabotki telemetricheskoi informatsii MO-9M [Specialized Electronic Computer for Processing Telemetric Information, MO-9M].
- Zapiska S. I. Vetoshkina, L. A. Grishina i dr. v TsK KPSS o zapuske v kosmos rakety s podopytnymi sobakami [A Memorandum by S. I. Vetoshkin, L. A. Grishin, and Others to the CPSU Central Committee on Launching a Rocket with the Experimental Dogs into Space] (2008), in: Baturin, Iu. M. (ed.) *Sovetskaia kosmicheskaia iniciativa v gosudarstvennykh dokumentakh. 1946–1964 gg. [Soviet Space Initiative in State Documents. 1946–1964]*. Moskva: RTSSoft, pp. 80–82.
- Zverev, V. I. (1966) *Radiotelemetricheskaiia sistema RTS-9 [Radio Telemetry System RTS-9]*. Leningrad: LVIKA imeni A. F. Mozhaiskogo, pt. 1.

Received: March 27, 2024.

Accepted: December 24, 2024.