

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА ПРИ ИСПЫТАНИЯХ КОСМИЧЕСКИХ СРЕДСТВ НА КОСМОДРОМЕ БАЙКОНУР

Сергей Яковлевич Нагибин¹, Николай Анатольевич Тихомиров²,
Владимир Владимирович Ясюкевич³

¹Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),
Москва, Российская Федерация, nsy7@rambler.ru

²Межрегиональная общественная организация ветеранов космодрома Байконур,
Санкт-Петербург, Российская Федерация, tihnik1812@yandex.ru

³Межрегиональная общественная организация ветеранов космодрома Байконур,
Королёв, Российская Федерация, 93764.19@gmail.com

Аннотация – В литературе по истории космонавтики наиболее часто вспоминают о главных конструкторах, космонавтах и пилотируемой космонавтике. Опыт применения вычислительной техники при испытаниях космических средств, при подготовке и пусках недостаточно освещен в средствах массовой информации. В данном докладе предпринята попытка более полно осветить применение вычислительной техники в отработке ракетно-космических средств. Рассмотрены вопросы применения вычислительной техники при обработке траекторной и телеметрической информации в 3 Научно-испытательном управлении (3 НИУ), с 1989 г. в Центре испытаний и применения космических средств (4 ЦИП КС), а также при испытаниях ракетно-космической техники на технических и стартовых комплексах 4-го Научно-испытательного управления (с 1989 г. 1275 ЦИП КС) космодрома Байконур. Доклад поможет понять степень применения вычислительной техники при испытаниях ракетно-космической техники.

Ключевые слова – испытания, измерения, ракетно-космическая техника, автоматизированный вычислительный комплекс, вычислительная машина.

I. ВВЕДЕНИЕ

Применение вычислительных средств для обработки траекторной и телеметрической информации, для расчёта полетных заданий, для обеспечения пусков баллистических ракет и ракет-носителей космического назначения на полигоне начинается с вводом в эксплуатацию в ноябре 1957 г. универсальной цифровой вычислительной машины (ЦВМ) «Урал-1» № 2. До этого, начиная с первого пуска МБР Р-7 15 мая 1957 г., обработка результатов траекторных и телеметрических измерений проводилась с использованием арифмометров, электрических счетных машин и логарифмических линеек. Вся информация тогда фиксировалась на фотоплёнках и бумажных лентах.

До середины 1970-х годов на технических и стартовых комплексах космодрома Байконур практически не было управляющей вычислительной техники.

II. ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ЦЕНТРА

Предыстория создания Вычислительного Центра (ВЦ) 5-го Научно-исследовательского испытательного полигона (НИИП-5) начинается с июля 1955 года. Тогда в отделе анализа службы научно-испытательных работ (НИР) была штатно организована 3-я лаборатория эксплуатации универсальной ЦВМ «Урал-1», которая вошла в состав 16-го отдела математической обработки результатов измерений.

При первом пуске МБР Р-7 15 мая 1957 г. 16-й отдел математической обработки результатов измерений вел обработку результатов траекторных и телеметрических измерений с использованием арифмометров и электрических счетных машин («Феликс», «Рейнметалл», «Мерседес»), а также логарифмических линеек.

Ручные способы обработки измерительной информации требовали значительных трудовых затрат и не удовлетворяли по срокам представления ее результатов. Специальным Постановлением СМ СССР полигону была выделена первая отечественная УЦВМ «Урал-1» (заводской номер 2).

16 отделу были подчинены лаборатория баллистики и лаборатория эксплуатации УЦВМ «Урал-1» (3-я лаборатория 9-го отдела), начальник лаборатории инженер-майор П.П. Полозов, начальник ЭВМ В.А. Комарницкий (впоследствии профессор, автор известных учебников по программированию).

В лаборатории имелась группа инженеров по эксплуатации и группа программистов, но четкого разделения между ними не было. В то время вузы еще не выпускали специалистов по эксплуатации ЭВМ и программистов. Поэтому специалистами, в основном, становились самостоятельно. Было лишь разделение на техников и дипломированных работников-инженеров.

В 1956 г. офицеры лаборатории были направлены в ВЦ-1 МО СССР и ВЦ АН СССР, где изучали электронно-вычислительную технику, системы счисления, а 18 марта 1956 года группа выехала в Пензу на завод Счетно-аналитических машин (САМ), где в это время осуществлялись пуско-наладочные работы (ПНР) доставленного из Москвы опытного образца универсальной ЦВМ «Урал-1». «Урал-1» был разработан в 1954-1955 годах, первый образец был изготовлен в 1955 году на Московском заводе САМ. Этой работой руководил Главный конструктор УЦВМ «Урал-1» Б.И. Рамеев, основными разработчиками были В. Антонов, Б. Бурдаков, А. Коноваленко, В. Мухин, А. Невский, К. Шарий. Наладка осуществлялась СКБ-245. Частично налаженная машина была отправлена в Пензенский филиал (будущий Пензенский НИИ математических машин). Там же с 1957 по 1961 год осуществлялось серийное производство. Всего было произведено 183 машины. Быстродействие «Урал-1» составляло 100 операций в секунду.

Разработчики прочитали для офицеров НИИП-5 цикл лекций, а потом привлекли их к монтажу машины и пусконаладочным работам (прозвонка электромонтажа, корректировка и вычерчивание схем, разработка описания и т.д.). В ходе пусконаладочных работ выяснилось, что В.А. Комарницкий и Н.С. Ушаков по уровню знаний не уступают разработчикам, поэтому пусконаладочные работы универсальной ЦВМ «Урал-1» № 2, предназначенной для НИИП-5, были доверены офицерам НИИП-5 – В.А. Комарницкому (арифметическое устройство), Н.С. Ушакову (устройство управления), К.И. Николаеву (накопитель на магнитном барабане), В.И. Никитину (перфораторное и цифро-печатающее устройства), В.А. Черных (накопитель на магнитной ленте, печать на перфолену).

Пусконаладочные работы на заводе велись с конца 1956 г. сначала в две, а потом и в три смены, поскольку машина работала неустойчиво, была восприимчива к перепадам температуры. В августе 1957 г. «Урал-1» № 2, наконец, заработал. В августе-сентябре 1957 г. были проведены приемо-сдаточные испытания (сдавали сами себе), демонтаж и упаковка, а в конце сентября «Урал-1» № 2 отправили на НИИП-5. Здесь машину распаковали, смонтировали в здании фотолаборатории и 6 ноября 1957 г. она была принята в эксплуатацию.

К концу 1958 г. программисты разработали 10 программ специального математического обеспечения (СМО), которые позволили автоматизировать вычислительные работы по баллистическим задачам и обработке траекторных измерений. Впоследствии В.Н. Бондаренко, И.Т. Плотников, П.П. Полозов написали один из первых в СССР учебников по программированию «Программирование в системе команд универсальной ЦВМ «Урал-1», который был издан в 1957 г. Артиллерийской инженерной академией им. Ф.Э. Дзержинского.

III. ПРИМЕНЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ НА ВЦ

В начале 1960 года начал реализовываться план по созданию нового измерительного комплекса полигона. Этот план был разработан в 1958 г. в НИИ-4 МО и одним из разделов предусматривал оснащение полигона новыми ЭВМ, организацию сбора траекторной информации по телеграфным линиям связи с измерительных пунктов (ИП) на новую аппаратуру «Гранит-2М» для набивки на перфокарты и ввода её в ЭВМ.

В начале 1960 г. началась поставка новых средств автоматизации обработки: информационных цифровых машин (ИЦМ) «Темп-1» для первичной обработки траекторной информации на измерительных пунктах, полуавтоматических устройств ввода данных в ЭВМ (ПУВД) «Гранит-2М» и ламповых универсальных ЭВМ БЭСМ-2.

Изготовленный в экспериментальном производстве действующий макетный образец первой в СССР системы автоматической обработки телеизмерений в октябре 1959 г. – феврале 1960 г. прошёл государственные испытания и был рекомендован для опытной эксплуатации в НИИП-5. Макетный четырёхканальный образец системы «Старт» прибыл на полигон в 1960 г. По технической документации НИИ-88 завод № 297 освоил серийное производство, и в 1961-1962 гг. выпустил девять комплектов системы «Старт». Специализированная ЦВМ «Старт» предназначена для обработки телеметрической информации станций «Трал-К».

Летом 1960 г. была поставлена ЭВМ БЭСМ-2 с быстродействием 8 тыс. операций в секунду, и уже в ноябре она находилась в эксплуатации. Она была размещена в подвальном помещении лабораторного корпуса, построенного в том же году.

Для решения вопросов эксплуатации и использования новых средств обработки информации в апреле 1960 г., на базе 3-й лаборатории 9-го отдела (лаборатории «Урал-1») и других подразделений в составе службы НИР были созданы два новых отдела: 17 отдел эксплуатации УЦЭВМ и 18 отдел программирования. Первым начальником отдела эксплуатации универсальных ЭВМ стал инженер-подполковник Александр Никитович Кисничан. В отдел входили лаборатории: эксплуатации «Урал-1», БЭСМ-2, аппаратуры «Гранит-2М» и «Старт». 18 отдел возглавил инженер-подполковник Павел Петрович Полозов. Отдел состоял из трех лабораторий: обработки траекторных измерений, обработки телеметрической информации и анализа летно-технических характеристик. В декабре 1960 г. отдел возглавил инженер-подполковник А.П. Семикин.

В 1960 г. было начато строительство здания ВЦ (ныне ВЦ-1), и уже в 1962 г. на втором этаже этого здания были размещены универсальная ЦВМ М-20, две первые серийные специализированные ЦВМ «Старт», два комплекта аппаратуры «Гранит-2М» и другое оборудование. В 1963 г. на третьем этаже ВЦ была размещена универсальная ЦВМ «Урал-1».

К 12 апреля 1961 г., когда полетел в космос Ю.А. Гагарин, на БЭСМ-2 решались задачи расчета траектории, полётные задания, задачи обработки телеметрической информации и задачи целеуказаний измерительным станциям.

Начиная с 1964 г., значительно увеличивается количество пусков, связанных с испытаниями боевых ракетных комплексов третьего поколения, испытаниями ракет-носителей «Протон» и Н-1. Произошли значительные организационно-штатные изменения в структуре полигона. 25 апреля 1964 г. сформирована войсковая часть 68526 – 3-е управление измерений и математической обработки, включившее в свой состав большую часть отделов службы НИР полигона, в том числе и ВЦ. В образованное соединение вошли пристартовые измерительные пункты (ИП), а также измерительные пункты и станции вдоль трассы полета ракет в Казахстане и в районе падения головных частей на Камчатке. Основными средствами траекторных измерений, обеспечивающими траекторной информацией пуски ракет, являлись радиотехнические станции «Кама-Н» и «Квант-СП», которые передавали информацию на ВЦ по широкополосным каналам связи.

В состав ВЦ вошли 8 отделов: отдел программирования; три отдела обработки – траекторной информации, телеметрической информации ракет-носителей и телеметрической информации космических аппаратов; четыре отдела эксплуатации: универсальных ЭВМ, специализированной ЦВМ «Старт», специализированной ЭВМ МО-9М и систем энергоснабжения и холодильных машин, а также группа светокопирования материалов обработки. Для обработки возрастающего объема информации быстроменяющихся параметров в июле 1965 г. был создан отдел обработки виброизмерений.

В связи с испытаниями ракеты носителя сверхтяжёлого класса Н-1, особенностью которого является большой объем предстартовых измерений, в январе 1968 г. был создан 14 отдел обработки предстартовых измерений. Машинный парк пополнился специализированной ЭВМ МО-9М – для обработки телеизмерений межконтинентальных баллистических ракет с радиотелеметрической системой РТС-9; специализированной ЭВМ «ЭРА» – для обработки предстартовых измерений ракетно-космического комплекса Н-1 и универсальной ЦВМ «Наири».

Для обеспечения разработки специального математического обеспечения и обработки телеметрической информации систем управления нового поколения ракет-носителей (РН) с ЦВМ на борту (БЦВМ) и новой радиотелеметрической системой БРС-4 в августе 1969 г. был образован 15-й отдел машинных алгоритмов и решения задач анализа ракетных комплексов.

Продолжилось совершенствование парка универсальных ЭВМ. К январю 1965 г. с большими усилиями была введена в строй М-20 с быстродействием 20 тыс. операций в секунду, в 1968 г. – М-220, в 1973 г. – М-222 производительностью 27 тыс. операций в секунду. Обработка траекторной информации проводилась следующим образом: информация с измерительных пунктов поступала на полуавтоматическое устройство ввода данных «Гранит-2М» на 2 этаже здания, набивалась на перфокарты, которые переносились на ЭВМ М-220 на 3 этаже здания, вводились в машины и начиналась обработка информации. Специалисты отдела выполнили в 1972 г. схему стыковки ЭВМ М-220 со специализированной ЭВМ МО-9, что дало возможность обрабатывать на машинах телеметрическую информацию. Очень важной для всего ВЦ и управления стала работа по внедрению схемы сбора информации по телеграфным линиям связи (ТЛГ ЛС). Она позволила обеспечить оперативный сбор траекторной информации в темпе полета изделия по 12 каналам в каждую ЭВМ. Впервые эта схема была испытана в июле 1975 г. при спецработе «Союз-Аполлон». В 1976 г. была произведена стыковка ЭВМ по телефонным каналам связи через аппаратуру «5Ц55М».

В середине 60-х годов Центральным НИИ ракетно-космической отрасли совместно с Пензенским КБ ЭВМ (Главный конструктор Б.И. Рамеев) была разработана принципиально новая конвейерная система автоматической обработки телеметрической информации «Лотос» на базе универсальной ЭВМ «Урал-11» («Урал-11БВ») с быстродействием более 50 тыс. операций в секунду и специализированной аппаратуры преобразования этой информации. В августе 1968 г. на полигон была доставлена аппаратура системы автоматизированной обработки измерительной информации (телеизмерений) «Лотос-3А» и системы цифровой ретрансляции. В апреле 1969 г. системы были приняты в эксплуатацию. Серийное производство системы «Лотос» было организовано на Пензенском заводе ЭВМ, к 1975 году было выпущено 58 комплектов «Лотос-3А». К концу 1972 г. парк вычислительных средств ВЦ пополнился двумя комплектами системы автоматизированной обработки «Спектр-А2», которые заменили всю ранее применявшуюся аппаратуру обработки быстроменяющихся параметров.

С конца 1976 г. началась подготовка к освоению ЭВМ третьего поколения. Она началась с подготовки машинного зала для ЕС-1033 на 3 этаже ВЦ-1 и с лета 1977 г. началось обучение первых специалистов на курсах «Алгоритм» при Пензенском и Казанском центрах. Осенью 1977 г. была создана штатная лаборатория, монтаж ЭВМ выполнили сами совместно со строителями, а пуско-наладочные работы проводило московское РЦО-1. ЭВМ ЕС-1033 производительностью 18 тыс. операций в секунду была введена в эксплуатацию 15 декабря 1978 г. Она работала круглосуточно и сыграла большую роль в освоении личным составом ВЦ современной техники и в разработке нового программного обеспечения. Для оперативного сбора траекторной информации в темпе полета (минуя перфокарты с аппаратуры «Гранит-2М»), специалистами лаборатории во главе с К.В. Кувшиновым было разработано специализированное внешнее устройство (СВУ) для ЕС ЭВМ (ЕС-1033, ЕС-1052, ЕС-1045).

К осени 1982 г. был построен новый корпус Вычислительного центра (НВЦ). В октябре в здании НВЦ был начат монтаж ЭВМ ЕС-1033 и ЕС-1052, новых комплексов обработки телеметрии ВЛ-1033-01 № 1 и № 2, двух комплектов системы «Спектр-Б1». В 1983 г. были введены в строй ЭВМ ЕС-1033 и ЭВМ ЕС-1052 с быстродействием 700 тыс. операций в секунду. Обе машины входили в состав отдела эксплуатации универсальных ЭВМ. В этом же году в здании штаба полигона установили первый универсальный комплекс отображения информации (УКОИ) «Ритм», который также эксплуатировал отдел эксплуатации универсальных ЭВМ.

В 1983 г. началось строительство Информационного Вычислительного Центра (ИВЦ). На него возлагались задачи проведения сбора, оперативной и полной обработки измерений при испытаниях и штатной эксплуатации многообразной космической системы «Энергия-Буран», размножения и выпуска отчетов о результатах математической обработки информации.

В связи с подготовкой к проведению огневых стендовых испытаний РН «Энергия» и задержкой введения в эксплуатацию ИВЦ, было принято решение о модернизации средств вычислительной техники НВЦ. ЭВМ ЕС-1052 в 1986 г. была передислоцирована в здание ВЦ-1, где решала задачи обработки траекторной информации и использовалась в интересах группы АСУ войсковой части 11284, а на ее месте, после проведения необходимой реконструкции помещения, был размещен комплекс ВЛ-1045. На комплексах ВЛ-1033 была произведена замена ЭВМ ЕС-1033 на более мощные ЕС-1045 производительностью 850 тыс. операций в секунду. Обработка телеметрической информации макетных и стендовых образцов изделия 11К25 проводилась на НВЦ с применением комплексов ВЛ-1033, ВЛ-1045, «Спектр-АО». При испытаниях первого летного образца изделия 11К25 (6СЛ) использовались средства НВЦ и частично ИВЦ.

Ввод в строй ИВЦ стал качественно новым этапом в развитии ВЦ, который был центром сбора, обработки и анализа измерительной информации в процессе испытаний ракет-носителей и космических аппаратов (КА). В связи с введением в строй ИВЦ в январе 1987 г. были сформированы пять отделов эксплуатации средств вычислительной техники: два отдела эксплуатации и технического обслуживания комплексов ВЛ-1045; отдел эксплуатации и технического обслуживания комплексов ВК-2М45; отдел эксплуатации и технического обслуживания вычислительных комплексов «Спектр» и «Квант-3А»; отдел эксплуатации и технического обслуживания систем электропитания, кондиционирования и вентиляции воздуха ИВЦ.

15 мая 1987 г. состоялся первый пуск РН «Энергия» с КА «Полнос». ВЦ обеспечил экспресс-обработку и полную математическую обработку измерительной информации, полученной при испытаниях. В состав боевых расчетов ВЦ, участвующих в сборе и обработке измерительной информации в реальном масштабе времени, было включено 312 человек.

Объем обработки характеризует количество выходных материалов: обработано более 17.5 тыс. параметров, получено более 353 тыс. метров графиков и более 8.6 тыс. метров таблиц.

Венцом огромного труда коллектива ИВЦ стало блестящее выполнение опытно-испытательных работ в процессе подготовки и первого пуска 15 ноября 1988 г. многофазовой транспортной космической системы «Энергия-Буран».

В связи с закрытием программы «Энергия-Буран» войсковая часть 62010 в 1989 и 1990 гг. была значительно сокращена. В составе ИВЦ остались шесть отделов эксплуатации и два отдела энергетического обеспечения. В 1994 и 1995 гг. сократился парк средств вычислительной техники ИВЦ.

В 2002-2004 гг. проводилась модернизация измерительного комплекса космодрома при активном участии военнослужащих ВЦ и испытательных отделов войсковой части 68526 под руководством заместителя командира войсковой части 68526 по вооружению полковника О.В. Антропова. Обработка телеметрической информации была переведена на комплекс четвертого поколения «Родник» на персональных ЭВМ (ПЭВМ).

С конца августа 1989 г. отдел эксплуатации универсальных ЭВМ переподчинили службе НИИР и ввели в состав научно-исследовательской группы автоматизации системы управления (НИГ АСУ), которую в 1999 г. передали в подчинение начальника штаба космодрома. Для выполнения задач автоматизации управления и командного пункта (КП) космодрома Байконур в октябре 1988 г. был принят в эксплуатацию вычислительный комплекс ВК2М-45. В управлении космодрома было развернуто более 30 выносных удаленных терминальных устройств ЕС-7920 в составе дисплея и печатающего устройства, с которых пользователи со своих рабочих мест могли производить расчеты и обработку информации на ВК2М-45. В это же время на ВК2М-45 производились расчеты целеуказаний по пускам ракет. Личным составом отделения универсального комплекса отображения информации (УКОИ) «Ритм» эксплуатировались два комплекса отображения информации на табло коллективного пользования – в конференц-зале штаба и на командном пункте космодрома. С 1979 г. НИГ АСУ проводила работу по созданию системы «АСУ полигон», которая включала в свой состав командные пункты войсковой части 11284 (космодрома) и всех центров, и должна была решать задачи сбора и обмена информацией между командными пунктами центров и космодрома и между командным пунктом войсковой части 11284 (космодрома) и командным пунктом Военно-Космических Сил (ВКС). Работы по созданию системы «АСУ полигон» были выполнены не в полном объеме в связи с тем, что после событий 1991 года они были свернуты. Были оборудованы техническими средствами КП всех звеньев подсистемы. Успешно проведены испытания обмена информацией по линиям связи между командными пунктами. Разработано программное обеспечение. В полном объеме были выполнены только работы по обеспечению автоматизированного обмена информацией между КП войсковой части 11284 и КП ВКС, т.е. создана так называемая система автоматизированного приема, передачи и обработки информации (САППОИ), которая успешно проработала до дня расформирования ВКС в 1997 году. В 1991 г. из г. Минска силами специалистов отдела была доставлена первая большая партия персональных ЭВМ (ЕС-1841) в количестве 20 штук. С этого момента началась компьютеризация органов управления космодрома. В 1996 г. начинались работы по созданию локальной вычислительной сети (ЛВС) штаба. Все вопросы определения комплекса технических и программных средств, идеологии установки сети, обеспечения конфиденциальности информации решались сотрудниками группы АСУ. К концу 1997 года ЛВС штаба была готова к работе и, после получения разрешения на эксплуатацию от Главного штаба РВСН, с 1 марта 1998 г. введена в опытную эксплуатацию.

В 1996 г. НИГ АСУ преобразовали в группу АСУ, а в 2000 г. – в отдел автоматизации, который занимался автоматизацией управления в штабах, оснащением пунктов управления вычислительной техникой, разработкой СПО для служб космодрома, эксплуатацией средств ЭВТ, локальных вычислительных сетей, универсальных комплексов отображения информации «Ритм» и др. В 1998-1999 гг. были проведены работы по стыковке табло отображения информации с персональной ЭВМ в конференц-зале штаба и на командном пункте космодрома, что позволило выйти на более высокий уровень отображения информации. В 2002 г. начались поставки техники из управления Космических войск. Оборудовано рабочее место для командования на стартовом комплексе РН «Протон», программистами отдела разработана задача по отображению предстартовой подготовки «Протона» и его пуска. Началась модернизация технических средств отдела: получен мультипроектор с экраном, которые были установлены в конференц-зале штаба; получены новые ПЭВМ на базе *Pentium-4*, что позволило модернизировать ЛВС штаба. Сотрудники отдела автоматизации обеспечивали техническое и программное сопровождение работ более 200 ПЭВМ управления космодрома. Отдел автоматизации был расформирован 31 октября 2006 г.

IV. ПРИМЕНЕНИЕ ВТ НА СК И ТК

С развитием управляющей вычислительной техники, в частности агрегатной системы вычислительной техники (АСВТ) М-6000, разработчики наземной аппаратуры для испытаний

космических аппаратов, ракет-носителей и разгонных блоков на технических и стартовых комплексах начали ее активно применять.

Так, разработчики на предприятии почтовый ящик В-2572 (в настоящее время РКК «Энергия») включили АСВТ М-6000 в состав системы дистанционного управления заправкой кислородом разгонного блока Д (11Г0117П). Это была первая разработка с использованием АСВТ М-6000 в технологических процессах испытаний на полигоне. Можно сказать, что большой необходимости в этом не было, но требовался опыт разработки на предприятии промышленности и эксплуатации системы на космодроме. Этот опыт пригодился в будущем при создании автоматизированной системы управления подготовки и пуска (АСУ ПП) на комплексе «Энергия-Буран».

АСВТ М-6000 была разработана в НПО «Импульс» (г. Северодонецк, Главный конструктор В.В. Резанов). Есть смысл вспомнить некоторые ее технические характеристики: процессор, 4 блока памяти объемом по 4 Кб. Из внешних устройств: устройство ввода с перфоленты (УВВП), устройство вывода на перфоленту (УВП), печатающая машинка CONSUL-260, телетайп, а также устройство связи с объектом (УСО). Из программного обеспечения штатно поставлялся супервизор реального времени. Операционной системы еще не было.

Надёжность АСВТ М-6000 была невысокой, поэтому разработчики предусмотрели такую ситуацию, что вычислительная техника может выйти из строя и для подстраховки спроектировали релейный шкаф, в который была заложена вся логика технологии заправки разгонного блока кислородом.

Положительного от внедрения управляющей вычислительной машины было то, что при изменении технологии заправки не нужно было дорабатывать систему, в частности производить перепайку того же релейного шкафа. Достаточно было изменить программу управления заправкой без доработки системы. Другим плюсом системы было то, что печатался протокол заправки, и при внештатных и аварийных ситуациях легче было понять, что случилось и кто виноват.

В начале 1980-х годов на техническом комплексе в состав автоматизированных систем разработчики и изготовители стали включать вычислительную технику. В частности, для проверки системы управления изделий 11Ф654, 11Ф663, 11Ф669 в наземном комплексе использовалась М-6000, для транспортных кораблей снабжения – система СТИ-90М, в состав которой входила универсальная ЭВМ М-222. Для обеспечения испытаний была даже построена временная техническая позиция. Началась подготовка к испытаниям новых космических аппаратов «Гейзер» и «Ураган», для проведения которых на технической позиции в монтажно-испытательном корпусе сооружение 92А-50 были развернуты рабочие места с применением вычислительной техники – для выдачи команд в бортовую систему управления и обработки принятой с борта телеметрической информации.

В 1981 г. в НПО ПМ имени М.Ф. Решетнёва был создан первый космический аппарат с цифровой системой управления, что привело к кардинальному изменению наземного проверочного оборудования на техническом комплексе. В его составе наряду с традиционным аналоговым и дискретным релейным управляющим командно-испытательным комплексом (УКИК) появились новые системы для проведения испытаний КА: управляющий вычислительный комплекс и система обработки информации, базируемые на М-6000, что значительно сокращало время испытаний и обработки телеметрии. В начале 1982 г. на техническую позицию прибыл первый КА «Гейзер», испытание которого продолжалось около трех месяцев.

Второй управляющий вычислительный комплекс М-6000 в составе проверочного оборудования появился на технической позиции в 1984 г. Его стали использовать для подготовки КА «Альтаир» под названием автоматизированный испытательный комплекс (АИК). Хотя он и назывался автоматизированным, автоматизации при подготовке первого КА в нём ещё не было.

Автоматизацией проведения испытаний КА «Альтаир» занялись испытатели полигона. Для этого у программистов Научно-производственного объединения Прикладной механики (ныне АО «Решетнёв») выпросили алгоритмы и исходные (не транслированные) программы, обеспечивающие работу комплекса. Идея автоматизации была проста: оператор АИК выдавал команды управления на борт по огромной инструкции, в которой была изложена вся последовательность команд. Результат отработки визуально оценивался по данным определенных ячеек памяти БЦВМ, которые выводились на экран дисплея, или по показаниям транспарантов на УКИК, которые оценивал оператор комплексных испытаний. Для автоматизации процесса испытаний инструкции были записаны в файл, который отражал последовательность выдаваемых команд и состояние ячеек БЦВМ, а те, в свою очередь, сравнивались наземной ЭВМ с принятыми с борта показаниями ячеек. Автоматически принималось решение о продолжении испытаний или их остановке – в случае несовпадения требуемых параметров. Были разработаны и установлены в комплексе устройства дополнительных прерываний – для остановки

выдачи команд управления оператором комплексных испытаний и оператором АИК. Таким образом, процесс испытаний автоматизировался, и возможные ошибки оператора по выдаче неверной команды управления исключались.

При создании системы ГЛОНАСС началась интеграция вычислительных и радиотехнических средств. Пришлось искать новые подходы для испытаний навигационных космических аппаратов типа «Ураган», уже с применением вычислительных устройств, поскольку для обработки результатов испытаний и введения тестовых комбинаций по определению координат нужны были глубокие математические знания и внедрение вычислительной техники (в контуре с контрольно-измерительной системой была задействована М-6000).

В рамках программы ГЛОНАСС был создан новый разгонный блок 11С861. Исторически сложилось так, что поначалу разгонный блок испытывался на технической позиции в первом НИУ на площадке 31 (позже рабочее место подготовки РБ 11С861 было создано на площадке 92 в сооружении 92А-50). Для испытаний разгонного блока 11С861 в контур проверочного оборудования был включен управляющий вычислительный комплекс СМ-2. Он также был разработан в НПО «Импульс». С его помощью проводились проверки системы управления разгонного блока и расчёта полётного задания. ВК СМ-2 обладал большей производительностью по сравнению с АСВТ М-6000, в нём имелся магнитный накопитель на жёстком диске объёмом 29 Мб, имелись терминалы в виде дисплея, игольчатый принтер, устройства ввода-вывода на перфоленту.

После проверки системы управления разгонного блока на техническом комплексе площадки 31 проводился расчёт полётного задания. Полётное задание выводилось на перфоленту в трёх экземплярах, помещалось в специальные коробочки, печатывалось и вместе с изделием отправлялось на стартовый комплекс. На стартовом комплексе после проведения предстартовых операций и получения установок, полётное задание пересчитывалось и в последующем вводилось на борт изделия.

В целях повышения надёжности выполнения предстартовых операций на стартовом комплексе были смонтированы два ВК СМ-2 и была реализована возможность переключения каждого вычислительного комплекса на любую пусковую установку. Таким образом осуществлялось резервирование и достигалась высокая надёжность проведения пусковых работ.

В дальнейшем на стартовом комплексе «Энергия-Буран» в контуре АСУ подготовки и пуска стояли три ВК СМ-2, которые работали параллельно и решение принималось по формуле два из трех. Этим достигалась высокая надёжность предпусковых работ.

Наряду с положительными моментами применения вычислительной техники в процессе испытаний ракетно-космической техники появились и трудности. На полигоне не было специалистов для эксплуатации ВТ. Военные высшие учебные заведения ещё не готовили таких специалистов. А производитель вычислительной техники снимал гарантию с оборудования, если она эксплуатировалась несертифицированными специалистами. Приходилось искать средства и направлять военных специалистов на трехмесячные курсы повышения квалификации в г. Северодонецк в НПО «Импульс». В последующем системы подготовки и пуска разрабатывались с включением в их состав ПЭВМ.

V. ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В докладе прослежены исторические этапы применения вычислительной техники в отработке ракетно-космических средств. Рассмотрены вопросы применения вычислительной техники при обработке траекторной и телеметрической информации в 4 Центре испытаний и применения космических средств, а также при испытаниях ракетно-космической техники на технических и стартовых комплексах 1275 ЦИП КС космодрома Байконур.

Применение вычислительной техники в испытаниях ракетно-космических комплексов сыграло значительную роль в сокращении сроков и увеличении надёжности испытаний и измерений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дягель Л.Ф. Историческая справка по созданию и развитию отдела УЦЭВМ // <https://baikonur.palmira.net/history/departament-asu/history-ucevm/>
2. Катаев В.И. 16-й отдел службы НИР – прообраз будущего вычислительного центра космодрома – служба длиною более 30 лет. Воспоминания // <https://buran.ru/htm/memory25.htm>
3. Богомолов Г.К. Об испытаниях и становлении на НИИП-5 МО СССР первой в СССР специализированной цифровой ЭВМ «Старт» для автоматизированной обработки результатов телеметрических измерений при испытаниях МБР и КА: воспоминания военного инженера. М.: Сам полиграфист, 2021. 123 с.

4. Космодром Байконур: 50 космических лет. Под ред. Л.Т. Баранова. Караганда: Рекслайд, 2005. 594 с.
5. Черных В.А. Первая ЭВМ на космодроме (Первые шаги) // <https://baikonur.palmira.net/history/the-first-computer-first-steps/>
6. Кудряшов В.А. Измерительному комплексу космодрома Байконур – 50 лет. Исторический очерк. СПб., 2011 // <https://epizodsspace.airbase.ru/bibl/kudryashov/kudryashov-ikk-50.pdf>
7. Гудилин В.Е, Завалишин А.П., Меньков Р.П, Ясюкевич В.В. На Челомеевском фланге Байконура. Реутов: ВПК «НПО машиностроения», 2019. 328 с.