

тировали отдельные узлы и целые устройства. Готовились к написанию Технического проекта «Беркута» и к выдаче заданий на конструирование аппаратуры для экспериментального образца секторного радиолокатора.

Предполагавшийся кратковременным мой «отраслевизм» продолжался до принятия системы ПВО Москвы на вооружение. Вновь «тематиком» я стал в 1955 г., во время разработки зенитной ракетной системы — С-75.

## ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОЕКТ

Проект «Беркут» охватывал все — от расстановки вокруг Москвы будущих объектов системы до разработки новых электровакуумных приборов и других специальных элементов для ЦРН и зенитной управляемой ракеты. Само КБ-1 проектировало ЦРН и, кроме того, для ракеты — автопилот, приемоответчик и аппаратуру приема управляющих команд.



Внешний вид ЦРН Б-200:

1 — бетонированное помещение; 2 — угломестная антенна; 3 — азимутальная антенна; 4 — антенны передачи управляющих команд

Сроки на проработку отдельных устройств устанавливались предельно жесткие, часто практически невыполнимые. Так, 25 октября 1950 г. распоряжением по КБ-1 предписывалось выдать техническое задание на разработку рабочих чертежей огромных антенн ЦРН (высота угломестной антенны составляла девять метров, ширина азимутальной — восемь

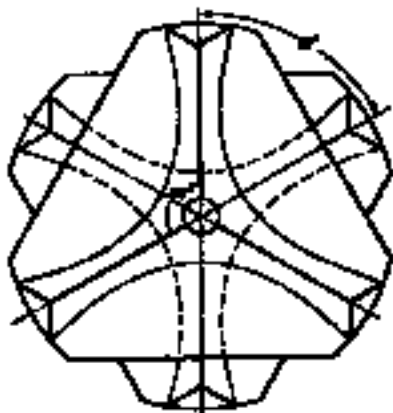


Схема расположения «сыров»

метров), имея в виду, что опытные образцы по этим чертежам должны были быть изготовлены к концу года, т.е. через два месяца! Подобные сроки устанавливались на разработку всех устройств ЦРН. В обстановке тех лет такое «планирование» подчеркивало важность проводившейся работы и дополнительно интенсифицировало ее.

Многотомные технические проекты составляющих «Беркут» средств и системы ПВО Москвы в целом были выпущены в феврале-марте 1951 г., всего через семь месяцев после начала разработки.

Состав ЦРН определился таким.

— Высокочастотная часть радиолокатора: азимутальная и угломестная антенны и сопряженные с ними мощные передатчики и входные усилители эхо-сигналов цели и сигналов ответчиков ракеты.

— Разделенные на четыре группы по пять 20 стрельбовых «каналов». В каждом канале: системы автоматического сопровождения цели и наводимой на нее ракеты и СРП — счетно-решающий прибор, формирующий команды управляющие ракетой.

— Рабочие места управления боевой работой стрельбовых групп и ручного (полуавтоматического) сопровождения цели.

— Общая для всех стрельбовых каналов станция передачи управляющих команд на ракеты.

— Рабочее место командира ЗРК, синхронизирующие и другие обеспечивающие работу радиолокатора устройства.

Всю аппаратуру, в том числе мощные передатчики и входные усилители сигналов, предлагалось разместить в подземном помещении (реализовано было в виде полузаглубленного бетонированного бункера). Снаружи располагались только антенны — основные (азимутальная и угломестная) и передачи команд на ракеты.

Избранные для ЦРН 10-сантиметровый рабочий диапазон длин волн и приемлемые (с учетом стационарного исполнения ЦРН) габариты антенн позволяли создать достаточно острые для точного определения направлений на цели и ракеты «лопатообразные» лучи и необходимые для обеспечения требуемой дальности действия радиолокатора передающие устройства большой мощности.

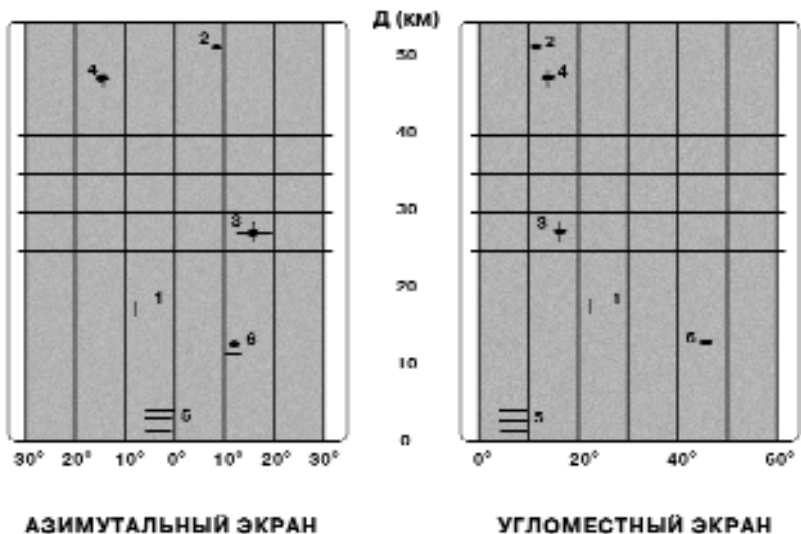
Сканирование рабочего сектора с достаточной для управления наведением ракет частотой (5 раз в секунду) осуществлялось простейшим для того времени способом — равномерным непрерывным вращением антенных конструкций, составленных из шести размещенных через 60 градусов формирователей «лопатообразных» лучей — гигантских «долек круглого сыра» (так формирователи и прозвали — «сырами»). Шесть «сыров» образовывали двухслойную конструкцию — в каждом слое по три «сыра» со сдвигом на 120 градусов, причем один слой сдвинут относительно другого на 60 градусов. Подключение очередных «сыров» к передающе-приемным трактам через каждые 60 градусов поворота антенн обеспечивало непре-

Рабочие места операторов выбора целей и пуска ракет двух пятиканальных групп (1, 2). Между ними — индикатор воздушной обстановки радиолокатора обнаружения подлетающих целей (3). Рабочие места операторов двух других групп (на фото отсутствуют) расположены симметрично — справа относительно рабочего места командира комплекса (4). Над основными индикаторами — индикаторы функционального контроля (5). На рабочем месте командира: слева — индикация состояния стрельбовых каналов, справа — стартовых столов и ракет на них.



равное сканирование рабочего сектора. Равномерность вращения антенн обеспечивали специальные приводы.

Мощные импульсные передатчики работали синфазно. Принимаемые эхо-сигналы целей и сигналы ответчиков ракет усиливались на высокой частоте и после преоб-

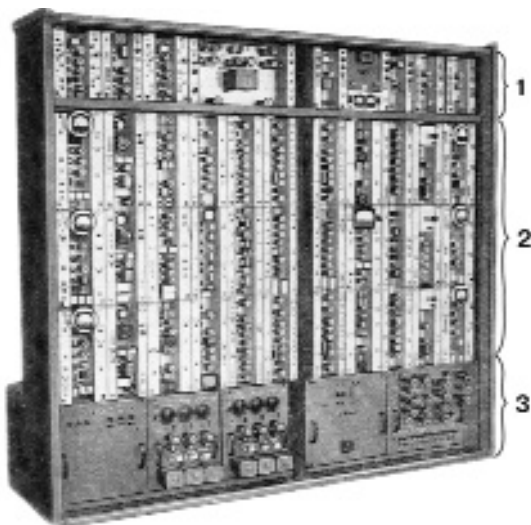


Экраны индикаторов рабочего места операторов выбора целей и пуска ракет: 1 — управляемая оператором метка захвата цели; 2 — отметка цели; 3 — цель, сопровождаемая каналом данной группы; 4 — цель, сопровождаемая каналом другой группы; 5 — ждущие стробы захвата ракет; 6 — отметки ракеты и сопровождающих ее стробов.

разования на отдельные для целей и ракет промежуточные частоты выдавались в соответствующие приемные устройства.

На индикаторах четырех рабочих мест управления группами стрельбовых каналов отображался весь обозреваемый радиолокатором сектор пространства в координатах «дальность-азимут» и «дальность-угол места». За каждым рабочим местом работали два оператора. Один оператор выбирал цели и включал их автосопровождение. Сначала, действуя рукояткой с двумя степенями свободы, по экрану одного из индикаторов наводил системы слежения по дальности и одному из углов на отметку цели и включал автосопровождение цели по этим координатам. Затем с помощью второго индикатора таким же образом включал автосопровождение цели по второй угловой координате. И так — до пяти целей. Второй оператор производил пуски ракет, контролировал по индикаторам полет ракет к целям и фиксировал результаты стрельб. Цели, сопровождаемые стрельбовыми каналами других групп, маркировались на индикаторах специальными метками. Чтобы не затруднять наблюдение за обстрелом целей «своими» (пущенными с данного рабочего места) ракетами, на индикаторах отображались сигналы только их ответчиков. Разделение сигналов ответчиков по соответствующим стрельбовым группам обеспечивалось смещением их несущих частот относительно несущей частоты эхо-сигналов цели.

Направление на цель (ракету) определялось естественным для линейного сканирования способом — по «центру тяжести» пачек принимаемых сигналов. При этом учитывалось, что огибающие эхо-сигналов от целей формируются диаграммами направленности антенн на передачу и прием, а огибающие сигналов ответчиков ракет — только диаграммой направленности на прием.



**Стрельбовой канал:**  
1 — счетно-решающий прибор;  
2 — системы сопровождения цели (слева) и ракеты (справа);  
3 — блоки питания.

Цели для сопровождения выбирались операторами; захват стартующих ракет производился, естественно, автоматически.

Необходимое для точного слежения за целями и ракетами нормирование величин их сигналов производилось специально разработанной системой импульсной автоматической регулировки усиления приемников (ИАРУ), действующей только в моменты поступления сопровождаемых сигналов. ИАРУ позволила минимизировать необходимую приемную аппаратуру: стало возможным обслуживать стрельбовые каналы и индикаторы рабочих мест операторов «групповыми» приемными устройствами. Одно такое устройство обеспечивало и выдачу эхосигналов всех целей на индикаторы, и нормирование тех из них, которые сопровождаются стрельбовыми каналами данной группы; другое такое же устройство — нормирование сигналов ответчиков ракет этой стрельбовой группы и выдачу их и на индикаторы, и в системы автосопровождения.

Автоматическое сопровождение не всегда надежно и качественно. Так, при автосопровождении целей, представляющих собой плотные (неразрешимые и по углам, и по дальности) группы самолетов, системы слежения «мечутся» между составляющими такие цели элементами. Возникающие при этом большие ошибки в определении координат целей и их «разрывный» характер препятствуют точному наведению ракет. При наличии отражений от местных предметов возможны переходы следящих систем с целей на источники мешающих отражений. Для таких случаев была предусмотрена возможность сопровождать цели операторами (полуавтоматически). К каждой из 4-х групп стрельбовых каналов было придано по одному рабочему месту ручного сопровождения. На их индикаторах район цели, также в координатах «дальность-азимут» и «дальность-угол места», отображался в крупном масштабе. Точному сопровождению цели соответствовало положение ее сигналов в центрах обоих индикаторов. На каждом рабочем месте работало по три оператора. Один сопровождал цель по дальности, два других — по угловым координатам. Операторы азимута и угла места использовали соответствующие индикаторы. Оператор дальности — любой из индикаторов по своему выбору. Наблюдая цели «в плане» (на индикаторе «дальность — азимут») и сбоку (на индикаторе «дальность — угол места»), операторы могли сопровождать плотные группы самолетов с приемлемой точностью даже на фоне отдельных мешающих отражений. Узколучевые радиолокаторы, развертывавшие радиолокационную картину в одном измерении (зондировавшие пространство в одном направлении — на цель), таких возможностей не предоставляли.

С рабочего места командира ЗРК осуществлялось управление стартовой позицией ЗУР и ЗРК в целом. Произ-

водилось включение ракет на подготовку к пускам и контролировался процесс подготовки. Размещение этого рабочего места на некотором возвышении в центре расположенных по кругу рабочих мест операторов стрельбовых групп позволяло командиру ЗРК постоянно наблюдать за всей работой ЦРН.

Из основных устройств ЦРН только два — мощные передатчики и СРП — разрабатывались вне КБ-1. Создать передатчики, генерирующие мощные зондирующие сигналы, как я уже писал, было поручено институту Минца, а разработку СРП вел институт, занимавшийся приборами управления артиллерийским зенитным огнем (ПУАЗО). В техническом проекте управление наведением ракет на цели не пересматривалось. Оно осталось таким, каким было принятое в самом начале работ над «Беркутом», когда считалось, что основой ЗРК будут узколучевые радиолокаторы. При этом исходными данными для управления ракетами служили определяемые радиолокаторами абсолютные (измеренные относительно земли) координаты целей и ракет, а управляющие команды формировались электромеханическими СРП. Позже метод наведения ракет был пересмотрен, СРП стали чисто электронными и необходимость в отдельном их разработчике отпала.

Работы над линией передачи на ракеты управляющих команд неожиданно оказались в особо сложном положении. В техническом проекте был избран импульсный метод передачи команд с временным кодированием. При этом одновременная передача необходимой информации на все ракеты обеспечивалась одним устройством — ЦСПК (центральной станцией передачи команд), работающей на отдельную антенну, диаграмма направленности которой охватывала всю зону ответственности ЗРК. Однако подобное решение увидело свет только в будущем,



в первой перевозимой зенитной ракетной системе С-75. А в ЦРН было реализовано иное, существенно более сложное решение, основанное на использовании непрерывного излучения. Вместо одной ЦСПК появились 20 отдельных (по возможному числу одновременно наводимых на цели ракет) станций, работающих каждая на своей несущей частоте. Для излучения в эфир сигналов через небольшое число антенн выходы этих станций были объединены (с помощью специальных развязывающих устройств) в четыре группы — по числу групп стрельбовых каналов. Рабочие частоты аппаратуры приема управляющих команд на бортах ракет при этом также стали различными, соответствующими различным частотам передатчиков команд.

Такое, отличное от изложенного в техническом проекте, решение было предложено работавшими в КБ-1 немецкими специалистами. В самый разгар работы над техническим проектом оно без обсуждений было принято главными конструкторами. Привлечение немецких специалистов к работе над «Беркутом», проводившейся в условиях особой секретности, сопровождалось жесткими режимными мерами. Немцев поселили в Тушине, в отдельном «поселке 100». Возили их на работу служебным транспортом. Вне предприятия и жилого поселка немцы всюду сопровождались сотрудниками КГБ. В самом КБ-1 большинство немецких специалистов (в том числе и предложившие свой вариант передачи команд на ракеты) работало в отдельном, изолированном от основного коллектива, подразделении.

Руководивший разработкой ЦСПК Семаков убеждал Куксенко в неправильности принятого главными конструкторами решения. Однако никаких последствий усилия Семакова не возимели. Куксенко выслушивал вполне очевидные доводы наших разработчиков, ничего не воз-

ражал, и на этом все заканчивалось. Становилось ясно: пересмотреть принятое решение мог только С. Берия, а он был недоступен: на предприятии бывал редко, с непосредственными разработчиками ничего не обсуждал, вообще с ними не контактировал. Так мы впервые встретились с тем, что параллельно с нами над отдельными устройствами ЦРН работают и немецкие специалисты и что предложения немцев принимаются главными конструкторами сразу и без каких-либо сомнений и обсуждений.



**Н. В. Семаков**

Расплетин не считал необходимым настаивать на применении линии передачи команд, предложенной в техническом проекте. В конце концов, от того, какой будет эта линия, общие характеристики зенитного ракетного комплекса практически не зависели. Разместить же в ЦРН вместо одной ЦСПК двадцать отдельных СПК — устройств небольших сравнительно с остальной аппаратурой стрельбовых каналов — особой сложности не представляло.

В результате в проекте был представлен вариант ЦРН с общей станцией передачи команд, а в реализацию, даже упреждая выпуск проекта, пошел более сложный немецкий, в виде 20 отдельных станций. Наши специалисты (теперь уже другой коллектив, во главе с Виктором Николаевичем Кузьминым и Всеволодом Дмитриевичем Синельниковым) были переключены на немецкий вариант и вынесли



**В. Н. Кузьмин**



**В. Д. Синельников**

на своих плечах всю тяжесть завершения его разработки, испытаний и постановки на серийное производство.

Как уже говорилось, в КБ-1 разрабатывалось также бортовое оборудование для зенитной ракеты — автопи-



**В. Е. Черномордик**



**П. М. Кириллов**

лот и бортовая радиоаппаратура визирования ракеты и приема команд управления наведением ракеты на цель. Разработку приемника зондирующих сигналов ЦРН и генератора ответных сигналов (приемоответчика) возглавлял Черномордик. В отличие от других частей технического проекта, полностью разрабатывавшихся нашими специалистами, проект автопилота создавался под руководством доктора Меллера объединенным коллективом работавших в КБ-1 немцев и наших молодых специалистов. Наши инженеры (в их числе Петр Михайлович Кириллов, возглавивший в дальнейшем в КБ-1 автопилотное направление) в разработке автопилота принимали самое активное участие.

Конструирование аппаратуры ЦРН и бортового радиооборудования ракеты велось под руководством Сергея Павловича Заворотичева, из «30-ки» (с приходом к руководству конструкторами Савина Заворотичев стал его заместителем). Отдельное подразделение КБ-1, создававшее свою зенитную управляемую ракету (об этом речь пойдет ниже), проектировало для ЦРН сканирующие антенны.

При сегодняшнем уровне техники радиолокатор с теми же задачами, что стояли перед ЦРН, существенно отличался бы от того, каким он был спроектирован полвека назад. Совсем по иному, чем в 50-х гг., сегодня выглядело бы и решающее те же задачи бортовое оборудование ракеты. Не очень утрируя, о современных ради-



**С. П. Заворотичев**



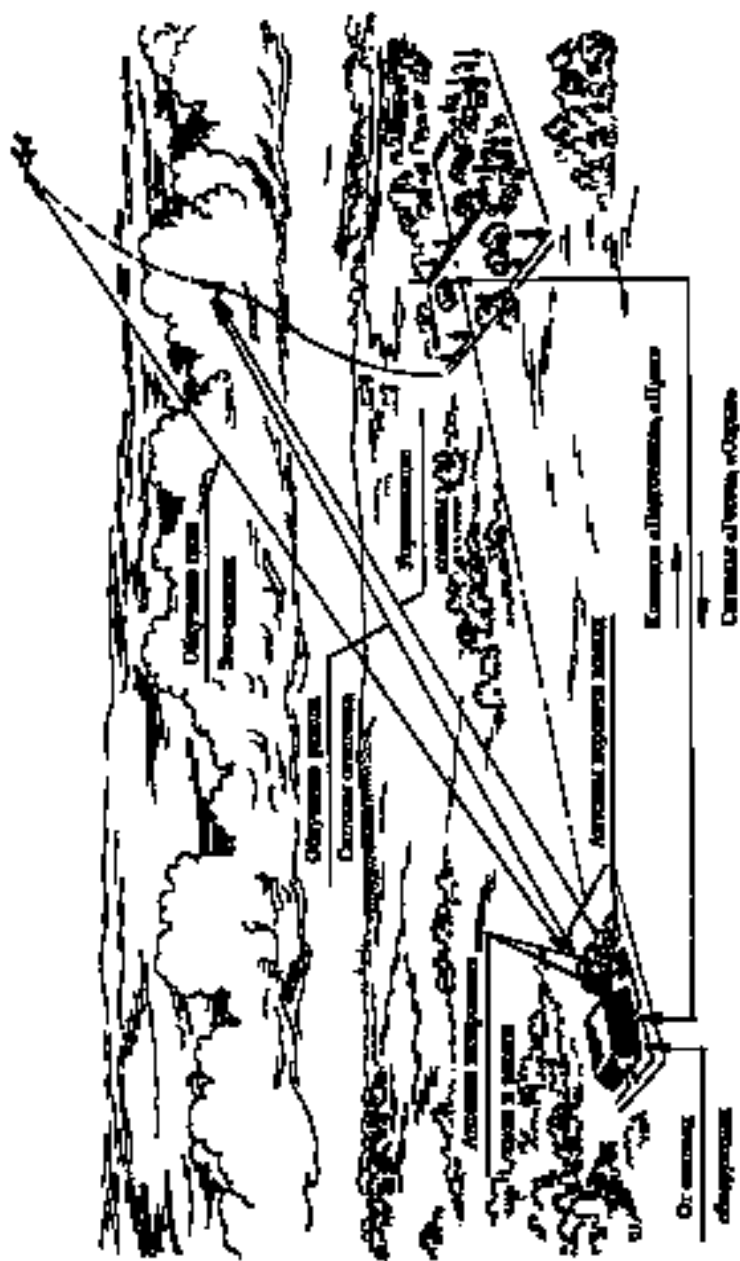
**Зенитная ракета на стартовом столе**

олокаторах можно сказать, что их габариты определяются антеннами, а потребляемая энергия — передающими устройствами. Требования же остальных устройств к объемам и источникам электропитания — невысоки: развитие микроэлектроники и вычислительной техники позволило осуществлять и многофункциональность, и многоканальность в устройствах весьма ограниченного размера и с малым потреблением энергии. В начале же 50-х годов, в эпоху ламповой электроники и аналоговых решений, для ЦРН потребовался

огромный бункер, и стрельбовые каналы — 20 отдельных стоек, каждая размерами примерно 2м x 2м x 0,5м — занимали в нем самое большое помещение.

Стартовая позиция ЗРК — 60 стартовых столов (для трех ракет на каждый канал обстрела целей) располагалась перед ЦРН на удалении от 1,2 до 4 километров. Ракеты стартовали вертикально, склонялись в направлении от радиолокатора, автоматически захватывались им на сопровождение и командами со станций передачи команд наводились на цели.

Возникавшие в ходе дальнейших работ над «Беркутом» достаточно крупные изменения практически не сказались



Взаимодействие средств зенитного ракетного комплекса «Беркут»

на общем построении ЦРН и зенитного ракетного комплекса в целом. Они остались такими, какими были представлены в техническом проекте.

Общее руководство выпуском многотомного проекта осуществлял Н.А. Лившиц. В его написании участвовали многие представители тематических и отраслевых коллективов — лабораторий, конструкторского бюро. Исполнителями же проекта во всех томах нашего КБ-1, вопреки обычному порядку, были ука-

заны только главные конструкторы — Куксенко и Берия, не написавшие в проект ни одной строки. В 1953 г. и это число «исполнителей» было сокращено: после ареста Л.П. Берии из исполнителей проекта был вычеркнут С. Берия, сын «врага народа».



**Н. А. Лившиц**