

## От классической радиолокации к радиолокационной системотехнике (социальный и методологический анализ истории становления и развития современной научно-технической дисциплины) II<sup>1</sup>

Горохов В.Г. ([vitaly.gorokhov@mail.ru](mailto:vitaly.gorokhov@mail.ru))

Институт философии РАН  
Институт оценки техники и системного анализа  
Исследовательского Центра г. Карлсруэ, ФРГ

### 4. Радиолокационная системотехника как неклассическая научно-техническая дисциплина

На этой фазе развития радиолокации происходит изменение парадигмы научного и инженерного мышления, становление неклассической научно-технической дисциплины - радиолокационной системотехники, в которой электродинамическая картина мира замещается системно-кибернетической. Это влечет за собой коренные изменения в самой структуре теоретической радиолокации - ее концептуальном и математическом аппарате, а также в теоретических схемах. Радиолокация попадает в новое семейство научно-технических дисциплин, имеющих системную ориентацию.

В этот период в радиолокации начинают интенсивно использоваться наряду с методами других дисциплин системотехнические методы. „Современная радиолокация использует последние достижения теории информации и кибернетики, вычислительной электроники, антеннофидерной, приемопередающей и индикаторной техники, системотехники, автоматического управления и регулирования ...“<sup>2</sup> Радиолокация попадает в новое семейство научно-технических дисциплин, имеющих системную ориентацию; втягивается в орбиту обслуживающих системотехнику дисциплин и в результате сама трансформируется в новое качество, новую дисциплину. По этому поводу академик А.Л. Минц писал: „Практическое применение, ...научные перспективы, ...технический уровень радиолокационных систем позволяют считать радиолокационную системотехнику самостоятельной дисциплиной, которая бурно развивается ... Радиолокационная системотехника давно превратилась в специальность, охватывающую довольно широкий контингент инженеров и научных работников“.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Статья подготовлена в рамках проекта РФФИ "Технонаука в обществе знаний: методологические проблемы развития теоретических исследований в технических науках" 09-06-00042

<sup>2</sup>Сколник М. Введение в технику радиолокационных систем. М.: Сов. радио, 1965, с. 5

<sup>3</sup>Конторов Д.С., Голубев-Новожилов Ю.С. Введение в радиолокационную системотехнику. М.: Сов. радио, 1971, с. 6-7

Переход от классической радиолокации к радиолокационной системотехнике - это прежде всего переход от разработки отдельных радиолокационных станций различного назначения к созданию многофункциональных систем. Несколько РЛС, замкнутые на один пункт сбора и обработки информации, составляют радиолокационный узел; несколько таких узлов, обменивающихся информацией, образуют радиолокационную систему. Последняя содержит разнесенные по территории группы РЛС, устройства переработки информации и средства передачи данных. „Это нечто большее, нежели простое объединение радиолокационных средств: функциональное взаимодействие средств внутри системы создает гораздо большие технические возможности, по существу новое качество“.<sup>4</sup> Радиолокационная система позволяет решать задачи, которые не под силу отдельным радиолокационным средствам. При их проектировании также возникает целый ряд специфически системных проблем. Любая радиолокационная система является, в свою очередь, подсистемой более крупной системы - системы управления, которая входит в еще более крупную систему, например, навигационную.

### *Теоретические проблемы радиолокационной системотехники*

В силу своей сложности радиолокационные системы являются трудным объектом для математического описания. Поэтому возникает проблема их упрощенного описания (аппроксимации), характерная для любой научно-технической дисциплины. Такое описание может быть затем усложнено через последовательный ряд итераций. Математическая формализация позволяет построить единую методику для анализа и синтеза любых радиолокационных систем.

Одной из важнейших проблем в системотехнике является определение, выбор и обоснование структуры системы. Для этого составляются особые абстрактные структурные схемы, с помощью которых определяется состав подсистем и элементов, осуществляется распределение функций и выявляются взаимосвязи между системой и внешней средой. Причем при абстрактном рассмотрении структуры не интересуются внутренними свойствами каждого отдельного элемента. Структуру можно охарактеризовать топологическими свойствами, временем прохождения информации по сети связи, надежности при нарушении ее целостности. Для радиолокационных систем особенно важны такие топологические свойства, как распределение по территории и направленность сети связей. При абстрактном анализе структур исследуется конфигурация внутренних связей в системе, выделяются основные типовые структуры (линейная, кольцевая, многосвязная) и их комбинации. В радиолокационной системотехнике для математического исследования абстрактных структурных схем используется аппарат теории графов. Изображение радиолокационной системы в виде структурного графа позволяет провести оптимизацию ее структуры математическими средствами.

---

<sup>4</sup> Конторов Д.С., Голубев-Новожилов Ю.С. Введение в радиолокационную системотехнику. М.: Сов. радио, 1971, с. 6

Применение в радиолокации концептуального и математического аппарата теории информации и кибернетики позволило перейти к анализу так называемой тонкой структуры сложного сигнала независимо от его конкретного вида. Понятие радиолокационной информации связано с описанием носителя информации (сигнала), т.е. естественного процесса, протекающего в радиолокационной системе, т.е. процесса ее функционирования. Радиоволны при этом рассматриваются лишь как один из типов волн произвольной природы наряду с инфракрасными и световыми колебаниями, а также рентгеновским и гамма-излучением или механическими ультразвуковыми колебаниями упругой среды. „Первоначально в радиолокации применялись электромагнитные волны только радиодиапазона. Отсюда и произошло название радиолокации. В настоящее время радиолокация использует широкий диапазон электромагнитных волн, включая инфракрасные и световые колебания (теплолокация и светолокация), а также рентгеновское и гамма-излучение. Методы радиолокации применяются также в звуколокации, основанной на использовании механических ультразвуковых колебаний упругой среды, а не электромагнитных волн“.<sup>5</sup>

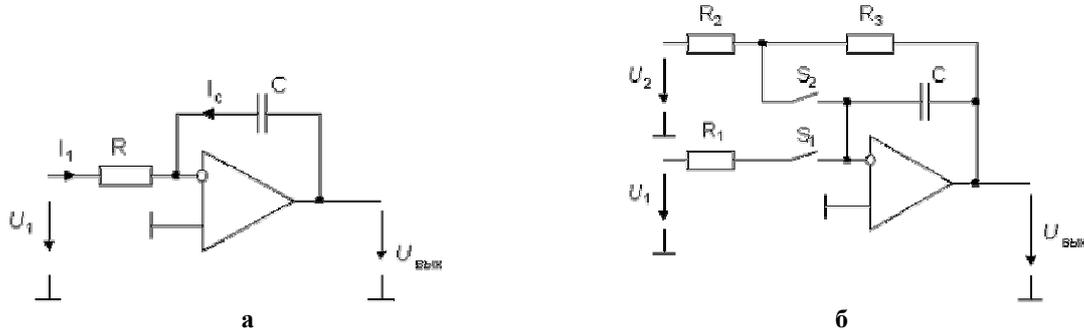
Еще одно отличие радиолокационной системотехники от классической радиолокации заключается в формировании в ней слоя абстрактных поточных схем - алгоритмических схем функционирования. Функционирование радиолокационной системы рассматривается в системотехнике как алгоритм обработки информации. Переход к теоретическому синтезу алгоритмов обработки радиолокационных сигналов стимулировался развитием аналоговой обработки данных с помощью сельсинов, решающих устройств, потенциометров, выполняющих определенные математические операции.

Для реализации операций интегрирования применяются, например, специальные схемы интегрирования. На **рис. 31 а** приведена схема инвертирующего интегратора на основе инвертирующего включения операционного усилителя. С помощью схемы включения на **рис. 31 б**, «можно реализовать необходимые начальные условия. Когда ключ  $S1$  замкнут, а  $S2$  разомкнут, эта схема работает так же, как цепь, изображенная на **рис. 31 а**. Если же ключ  $S1$  разомкнуть, то зарядный ток при идеальном операционном усилителе<sup>6</sup> будет равен нулю, а выходное напряжение сохранит значение, соответствующее моменту выключения. Для задания начальных условий следует при разомкнутом ключе  $S1$  замкнуть ключ  $S2$ . В этом режиме схема моделирует инерционное звено и после окончания переходного процесса, длительность которого определяется постоянной времени  $R_3C$ , на выходе интегратора

<sup>5</sup> Теоретические основы радиолокации. М.: Сов. радио, 1970, с. 5

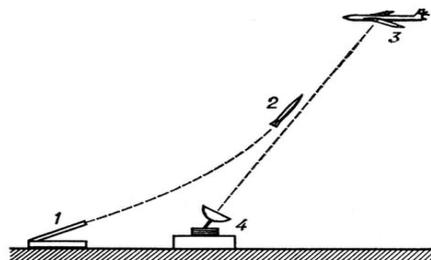
<sup>6</sup> Идеальный операционный усилитель характеризуется, например, «мгновенным откликом на изменение входных сигналов (у реальных операционных усилителей время установления выходного напряжения от единиц наносекунд до сотен микросекунд)». Для выполнения «математических операций над сигналами с высокой точностью реальный операционный усилитель должен обладать» определенными свойствами, а именно: высоким коэффициентом усиления по напряжению, малыми входными токами, высоким входным и низким выходным сопротивлением и т.п. «При построении высокоточных схем на операционных усилителях необходимо учитывать влияние неидеальности усилителя на характеристики схемы. Для этого удобно представить усилитель схемой замещения, содержащей существенные элементы неидеальности» (См.: [http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/doc/op/op\\_2.htm](http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/doc/op/op_2.htm), ... [op\\_4.htm](#), ... [op\\_5.htm](#)).

установится напряжение. После замыкания ключа  $S1$  и размыкания ключа  $S2$  интегратор начинает интегрировать напряжение  $U_1 \dots$ ».<sup>7</sup>



**Рис. 31:** а - схема инвертирующего интегратора, б - интегратор с цепью задания начальных условий

«В конце войны совершенствование РЛС происходило в направлении как повышения дальности их действия и точности измерений, так и автоматизации отдельных операций посредством автоматических следящих систем для измерения дальности и слежения по угловым координатам (в станциях орудийной наводки), автоматических счётных устройств (в станциях для «слепого» бомбометания) и т.д.<sup>8</sup> Вычислительная техника сначала строилась с помощью аналоговых схем, служащих целям управления процессом слежения РЛС за целью, а, проще говоря, управления движением радиолокационной антенны, как это показано на **рис. 32**. «В следящей системе антенны радиолокационной станции рассогласованием служит угловая ошибка между радиолокационным лучом и направлением на цель; исполнительное устройство — электропривод антенны».<sup>9</sup>



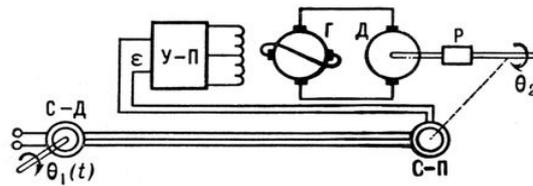
**Рис. 32.** Схема системы наведения ракеты: 1 — стартовая установка; 2 — ракета; 3 — цель; 4 — РЛС

Сигнал рассогласования  $\varepsilon = \theta_1(t) - \theta_2$  вырабатывается соединёнными по трансформаторной схеме сельсином-датчиком (С-Д) и сельсином-приёмником (С-П), связанным с выходным валом ( $\theta_1(t)$  и  $\theta_2$  - углы поворота входного и выходного валов). «Исполнительным устройством является система «генератор-двигатель» с редуктором; возмущающее воздействие — изменение нагрузки на выходном валу» (см. **рис 33**).

<sup>7</sup> Схема интегрирования. - [http://www.gaw.ru/html/cgi/txt/doc/op/funop\\_9\\_2.htm](http://www.gaw.ru/html/cgi/txt/doc/op/funop_9_2.htm)

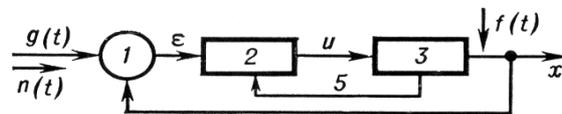
<sup>8</sup> А.Ф. Богомолов. Радиолокационная станция. - <http://www.cultinfo.ru/fulltext/1/001/008/094/937.htm>

<sup>9</sup> Е.П. Попов. Следящая система. - <http://www.cultinfo.ru/fulltext/1/001/008/103/202.htm>



**Рис. 33.** Схема следящей системы для отработки на выходном валу угла поворота входного вала (У-П — усилитель-преобразователь; Г — генератор; Д — двигатель; Р — редуктор).

Сравнивающее устройство следящей системы производит «сравнение фактически получающейся выходной величины  $x$  с заданной входной величиной  $g(t)$  и вырабатывается сигнал рассогласования  $\epsilon = g(t) - x$ », где  $n(t)$  — помехи,  $u$  — сигнал управления,  $f(t)$  — возмущающее действие (рис. 34).



**Рис. 34.** Блок-схема следящей системы (1 — сравнивающее устройство; 2 — усилитель-преобразователь; 3 — исполнительное устройство; 4 — цепь главной обратной связи; 5 — цепь вспомогательной обратной связи).

«Повышение точности измерения координат ..., сопряжение РЛС с вычислительными машинами и общей системой радиуправления снарядами-ракетами существенно изменили технические и тактические параметры РЛС, ставших важнейшим звеном автоматизированной системы управления средствами ПВО».<sup>10</sup>

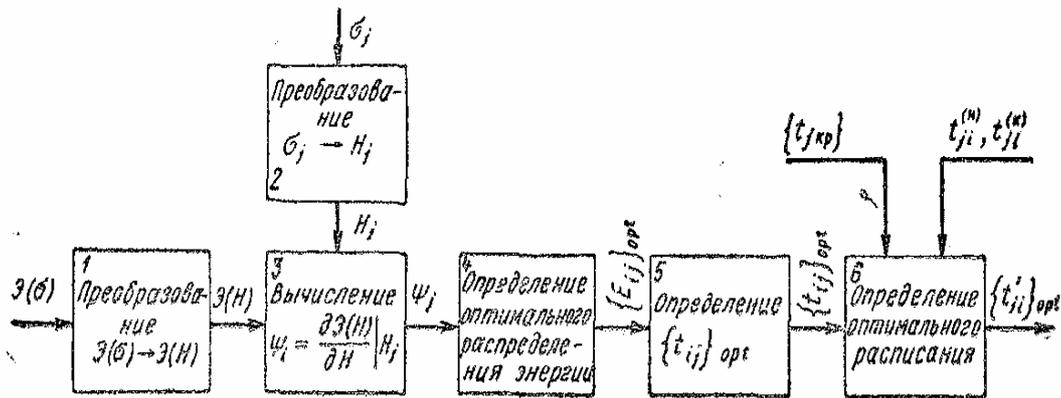
В современных „неклассических“ научно-технических дисциплинах, к которым принадлежит радиолокационная системотехника, важнейшую роль начинает играть проектирование и имитационное моделирование на ЭВМ, позволяющие заранее, как бы в форме идеализированного (компьютерного) эксперимента проанализировать и рассчитать варианты будущего функционирования сложной технической системы. В начале 1950-х гг. в радиолокации начинают все более активно применяться цифровые вычислительные средства. В радиолокационной системотехнике имитационное компьютерное моделирование используется как в процессе функционирования РЛС, например, для имитации „целей“, так и в ходе разработки системы, когда строятся модели проектируемых систем.<sup>11</sup> „Качественный скачок в развитии радиолокационных систем произошел в связи с началом широкого применения вычислительной техники ...“.<sup>12</sup> В результате в настоящее время трудно провести границу между функциями радиолокационных систем и вычислительных устройств.

<sup>10</sup> А.Ф. Богомолов. Радиолокационная станция. - <http://www.cultinfo.ru/fulltext/1/001/008/094/937.htm>

<sup>11</sup> См.: Моделирование в радиолокации. М.: Сов. радио, 1979

<sup>12</sup> Конторов Д.С., Голубев-Новожилов Ю.С. Введение в радиолокационную системотехнику. М.: Сов. радио, 1971, с. 19

Общей теоретической основой для синтеза алгоритмов обработки в радиолокационной системотехнике служит теория статистических решений. Сначала задается математическая формула - формульно-логическая (т.е. функциональная) схема, затем на ее основе строится логическая схема алгоритма (см. пример такой схемы на **рис. 35**), представляющая собой последовательность операций над сигналом (абстрактная поточная схема), которая далее соотносится с выбранной структурной схемой системы. Методы обработки информации в радиолокационных системах описываются в особой теории анализа и синтеза радиолокационных сигналов.<sup>13</sup>



**Рис. 35.** Пример алгоритмической схемы принятия решений по управлению радиолокационной системой<sup>14</sup>

Радиолокационная системотехника, как комплексная научно-техническая дисциплина, отличается от классических технических наук тем, что она формируется нестандартным путем. В классических научно-технических дисциплинах техническая теория строится под влиянием определенной базовой научной (естественнонаучной или научно-технической) дисциплины и именно из нее первоначально заимствуются теоретические схемы и образцы научной деятельности. В случае развития современных комплексных („неклассических“) научно-технических дисциплин такой единственной базовой теории не существует, поскольку они ориентированы на решение комплексных научно-технических задач, требующих участия представителей многих научных дисциплин, группирующихся вокруг единой проблемной области. При проектировании современных радиолокационных комплексов используются электротехника, радиотехника, теория автоматического регулирования, инженерная психология, вычислительная техника и другие дисциплины. „Разработка системы редко бывает делом одного человека. Она связана с большим количеством дисциплин, а один человек не может быть хорошим специалистом в каждой из них“<sup>15</sup>.

**Абстрактные структурные схемы** - обобщение структурных схем теории автоматического регулирования, теории сетей связи, теории синтеза релейно-контактных схем и логических схем вычислительных машин и т.п. - развиваются в структурном анализе сложных систем и позволяют «изучать объект в наиболее

<sup>13</sup> Вакман Д.Е., Седлецкий Р.М. Вопросы синтеза радиолокационных сигналов. М.: Сов. радио, 1973

<sup>14</sup> Сиверс А.П., Сулов Н.А. Основы радиолокации. М.: Сов. радио, 1956, с.

<sup>15</sup> Скольник М. Введение в технику радиолокационных систем. М.: Сов. радио, 1965, с. 675

чистом виде», анализировать конфигурацию системы, степень связности и надежности ее элементов безотносительно к их конструктивному исполнению. При структурных исследованиях, например, систем автоматического регулирования в них не остается иного содержания, кроме связей, их числа, дифференциального порядка, знака и конфигурации, уделяется особое внимание выявлению взаимных связей между элементами системы (см. **рис. 36**).



**Рис. 36.**

Современные радиолокационные системы представляют собой сложные комплексы, включающие в себя помимо радиотехнических устройств самые различные типы механических блоков, оптические устройства, системы автоматики и вычислительные устройства, параметрические и парамагнитные усилители (применяемые для снижения уровня шума) и т.д. Их описание в виде кинематических, электрических схем, структурных схем теории автоматического регулирования и т.п. не укладываются в „универсальную“ онтологическую схему радиотехники - электродинамическую картину мира. Это и стимулировало переход радиолокации к системно-кибернетической онтологии.

**Абстрактные алгоритмические схемы** обобщены в кибернетике и описывают преобразования потока субстанции (вещества, энергии и информации) независимо от его реализации, дают идеализированное представление функционирования любой системы (в том числе и самой системотехнической деятельности, рассмотренной как система) и исходным пунктом программирования на ЭВМ. Они являются результатом абстрагирования от качественной определенности протекающего через систему и преобразуемого ею естественного процесса, который лишь в частном случае будет физическим процессом (см. **рис. 36**).

Кроме того в радиолокации одно из важных мест занимает исследование деятельности человека-оператора и проектирование пульта управления радиолокационной системой. Переход к автоматическому сопровождению и к автоматической обработке радиолокационной информации привел к необходимости исследования и проектирования деятельности все радиолокационной системы, т.е. алгоритма ее функционирования, часть которого может быть реализована оператором. Объектом исследования и проектирования становится не только создаваемая, но и создающая система. Сложный процесс координации разработчиков радиолокационной системы требует четкого описания этапов ее создания (алгоритмов разработки). Это облегчает организацию деятельности больших коллективов разработчиков. Другими словами, объектом исследования и проектирования становится сама инженерная деятельность. В радиолокации важной составной частью и сложным видом инженерной деятельности, требующим высокой научно-технической квалификации, становится организация функционирования и технического обслуживания РЛС. Кроме того, процесс проектирования радиолокационной системы становится эволюционным и не прекращается со сдачей данного типа системы в эксплуатацию. Создаются „самосовершенствующиеся“ системы, которые целенаправленно наращивают свою структуру в зависимости от изменения окружающей среды. При разработке радиолокационной системы уже на стадии исследования и проектирования учитываются изменения характера „целей“, которые обусловлены многими социальными и экономическими факторами.

### ***Организационный аспект становления радиолокационной системотехники***

На примере развития радиолокации в Советском Союзе хорошо видно, какие последствия для развития новой научно-технической дисциплины может иметь массированная поддержка государства. Научные и технические предпосылки развития радиолокации в СССР были созданы до и во время Второй мировой войны, но действительное развитие как новая область науки и техники и главным образом как отрасль промышленности она получила в первые послевоенные десятилетия.

28 июня 1946 года было создано Министерство промышленности средств связи, куда вошли основные радиолокационные предприятия страны. Советом по радиолокации была выработана стратегия развития радиолокации и радиоэлектроники, началась организация научно-исследовательских институтов, конструкторских бюро и заводов,

также разработан план, предусматривавший создание нового поколения техники. Совет Министров СССР утвердил этот план и 10 июля 1946 года принял постановление «Вопросы радиолокации», где были определены важнейшие задачи этой отрасли науки и техника на пятилетний период (1946-1950 гг.). «Предстояло решить главную задачу: перевести промышленные предприятия на серийный выпуск новой техники. Небольшие и немногочисленные заводы Наркомата электропромышленности не могли справиться с этой задачей. Образованные в 1944-1945 годах главные управления ряда оборонных наркоматов решали локальные проблемы. Как для атомной и ракетной промышленности, так и для развития радиолокационной промышленности необходимо было создать производственный комплекс в масштабах всей страны. Министерству электропромышленности были поручены разработка и производство наземных радиолокационных станций обнаружения, радионавигационных и других систем, Министерству вооружения - разработка и производство наземных радиолокационных станций управления огнем полевой и зенитной артиллерии, Министерству авиационной промышленности - разработка и производство самолетных радиолокационных систем, Министерство судостроительной промышленности приступило к освоению радиолокационных станций для Военно-морского флота. На радиолокационную тематику переводились три научно-исследовательских института и шесть особых конструкторских бюро Министерства промышленности средств связи, три ОКБ Министерства вооружения, семь ОКБ Министерства авиационной промышленности, два НИИ и три ОКБ Министерства сельскохозяйственного машиностроения, а также ряд научных организаций Министерства обороны».<sup>16</sup>

Это было связано прежде всего с новыми политическими проблемами, возникшими после разгрома гитлеровской Германии между бывшими союзниками и началом «холодной войны». После Хиросимы и Нагасаки возникла реальная опасность транспортировки атомной бомбы вплоть до самой Москвы. Руководству Советского Союза и прежде всего Сталину, как Председателю тогдашнего Совета министров, и Л. Берия, как его заместителю, что без создания сплошной системы противовоздушной обороны Москвы, она практически остается незащищенной от такого рода нападения, даже если его признать число теоретическим, хотя даже только сама такая возможность уже играет огромную роль в политической расстановке сил в мире. Для организационного и финансового сопровождения решения этой сложнейшей задачи при Совмине СССР в июне 1946 года Совет по радиолокации был преобразован в Комитет по радиолокации при Совете Министров СССР (Спецкомитет № 3), наряду с уже существовавшими спецкомитетами, координировавшими создание атомной бомбы и ракетной техники.

«В конце 1949 г. Комитет по радиолокации был ликвидирован, поскольку руководство страны пришло к выводу, что для борьбы с представлявшей наибольшую угрозу высотной реактивной авиацией противника могут использоваться только комплексы зенитного управляемого ракетного оружия. Вскоре, однако, стало ясно, что создание таких комплексов и систем невозможно без участия значительного количества предприятий и организаций практически всех отраслей промышленности страны. В

---

<sup>16</sup> Первов М.А. Зенитное ракетное оружие противовоздушной обороны страны. Интернет издание книги. Издательский Дом «АвиаРус-XXI», 2003 - <http://www.aviarus-21.com/books/pvo/rus>

феврале 1951 года для координации этих работ было создано Третье главное управление (ТГУ) при Совете Министров СССР с задачей создания системы противовоздушной обороны обладало огромными возможностями. Со всей страны переводились в Москву лучшие специалисты. К решению этой задачи были привлечены наряду с известными учеными и инженерами также и в большом количестве молодые ученые и специалисты. Разработка системы велась невероятными темпами: от начала выпуска технической документации до изготовления экспериментальных образцов проходило не более двух месяцев. Работали, как правило, допоздна, иногда - ночами и без выходных».<sup>17</sup>

Прецедентом создания такой системы было успешное функционирование в ходе второй мировой войны созданной в Англии с помощью США противовоздушной системы радиолокационной защиты. Российские ученые и инженеры имели возможность ознакомиться с работой английских и американских радиолокационных станций *GL-MK II* и *SCR-584* во время войны, поставляемых в Россию по лендлизу. Уже в конце и после войны они смогли познакомиться с германской техникой (например, с системой зенитных управляемых ракет «*Wasserfall*») и главное организацией промышленного производства и инженерными и научными разработками в этой области, осуществляемых германскими учеными и инженерами. Многие из них волей судьбы или по собственной воле были перемещены на территорию СССР и, несомненно, оказали большое влияние прежде всего в качестве экспертов-консультантов руководителей советского государства, чем свои собственные, которым традиционно недостаточно доверяли. Созданное под техническим руководством С.Л. Берия СКБ-1 и научным руководством научного руководителя его дипломного проекта П.Н. Куксенко<sup>18</sup>, состояло главным образом из германских специалистов на первых порах не имевших возможности общаться с российскими учеными и инженерами, которые образовывали отдельные исследовательские и проектные группы. Руководство ведущими отделами во вновь созданном на его основе КБ-1 заняли

---

<sup>17</sup> Первов М.А. Зенитное ракетное оружие противовоздушной обороны страны. Интернет издание книги. Издательский Дом «АвиаРус-XXI», 2003 - <http://www.aviarus-21.com/books/pvo/rus>

<sup>18</sup> Павел Николаевич Куксенко (1896-1980) - с 1923 г. - начальник радиолоборатории НИИ Военно-технического совета связи РККА. В 1924 году назначен постоянным членом технического комитета ВТУ РККА и одновременно заведующим отделом радиоприемников радиолоборатории НИИ ВТСС РККА, где работал до 3 февраля 1931 года. Участвовал в создании первой советской самолетной радиостанции РСБ-5. В 1937 году в связи с отказом радиостанции самолета Валентины Гризодубовой во время дальнего рекордного полета был обвинен во вредительстве и арестован. С 1939 года работал в НИИ радиопромышленности НКВД. В 1943 году участвовал в разработке прицела бомбардировщика, за что в 1946 году был удостоен Сталинской премии. Преподавал в Ленинградской Военной Краснознаменной академии связи имени С.М.Буденного. В 1947 году ему присуждена ученая степень доктора технических наук. В сентябре 1947 года полковник инженерно-технической службы Куксенко назначен директором СБ-1 и главным конструктором системы "Комета". В 1950 году - главным конструктором системы "Беркут". В 1952 году за создание системы "Комета" ему присуждена Сталинская премия. В 1953 году, после смерти Сталина и ареста Берии, освобожден от должности главного конструктора и назначен ученым секретарем научно-технического совета КБ-1 ([http://www.pro-pvo.ru/person.asp?pr\\_sign=person.kuks.biography](http://www.pro-pvo.ru/person.asp?pr_sign=person.kuks.biography)). Знал несколько иностранных языков и хорошо владел зарубежной литературой, «был в курсе всех новинок и нередко, основываясь на полученной зарубежной информации, находил правильный выход при решении той или иной сложной технической проблемы» (Первов М.А. Зенитное ракетное оружие противовоздушной обороны страны. Интернет издание книги. Издательский Дом «АвиаРус-XXI», 2003 - <http://www.aviarus-21.com/books/pvo/rus>).

высшие офицеры КГБ, под бдительным контролем которых работали эти две независимые команды. Результаты их работы постоянно сравнивались и перепроверялись.

В конце 1949 года И.В.Сталин принял решение сосредоточить основные научные и конструкторские силы на разработке системы противовоздушной обороны г. Москвы. Научно-исследовательская работа по обоснованию тактико-технических требований к противоракетной обороне района была завершена в декабре 1949 г., а в начале 50-х гг. на ее основе был проведен еще целый ряд исследований. Однако отечественная промышленность была еще не готова решать задачи построения радиолокационных макросистем.<sup>19</sup>

«Для решения поставленной Сталиным задачи была избрана уже проверенная атомной эпохей тактика - по типу Первого главного управления при Совете Министров СССР, созданного для работ по советской атомной бомбе. В СССР было образовано Третье главное управление - ТГУ, возглавившее разработку первой зенитно-ракетной системы для Москвы. Управление возглавил Василий Рябиков, а его непосредственным куратором стал Лаврентий Берия. Головной организацией-разработчиком системы стало КБ-1 Министерства вооружений ..., преобразованное из Специального бюро № 1 (СБ-1). Начальник КБ-1 - им стал Амос Елян, получил ранг заместителя министра вооружения и возможность перевода в свою организацию кого угодно и откуда угодно».<sup>20</sup>

Проект будущей системы был грандиозным. «Обеспечить непроницаемость задуманной системы ПВО Москвы предстояло двум кольцам зенитных ракетных комплексов, расположенным на расстоянии 50 и 90 км от центра города (см. **рис. 37**). Информацию о подлете самолетов должны были выдавать выдвинутые вперед радиолокаторы кругового обзора. Прорвавшиеся через оба кольца летательные аппараты подлежали уничтожению ракетами "воздух-воздух" специальных истребителей. Чтобы иметь равнопрочную оборону, готовую отразить массовые налеты вражеской авиации на столицу СССР с любых направлений, задумали следующее: на каждом 10-15-километровом участке обоих колец должна быть возможность одновременного обстрела до 20 целей.<sup>21</sup> Для чего, в свою очередь, надо на двух кольцах разместить свыше 1000 ЗРК с двумя радиолокаторами в каждом».<sup>22</sup> «Для наведения на цели зенитных ракет разрабатывались двадцатиканальные радиолокаторы Б-200. Перед каждым из них, на

<sup>19</sup> М. Первов. Первые зенитные управляемые. - <http://warweb1.chat.ru/fzenitk.html>

<sup>20</sup> Зенитная управляемая ракета ШБ-32. ЗРК С-25 (Источник: В. Коровин. Не только В-300. В: Техника и вооружение, 2002, №8). - <http://pvo.guns.ru/s25/shb32.htm> (V. Korovin, MIGHT-HAVE-BEEN OPPONENT. ARMS №3, 2002)

<sup>21</sup> «Комплексы должны были располагаться ... так, чтобы сектор огня каждого из них перекрывал сектора комплексов, находящихся слева и справа, создавая сплошное поле поражения. Западный и северный сектора внутреннего кольца должны были иметь по шесть комплексов, внешнего кольца - по девять. Восточный и южный сектора внутреннего кольца - по пять комплексов, внешнего - по восемь. Дальняя граница зоны поражения средств, планируемых к размещению на внутреннем кольце, составляла 75-85 километров от центра Москвы. Дальняя граница зоны поражения средств, планируемых к размещению на внешнем кольце, - 110-120 километров. Позже, при передаче системы войскам, зоны ответственности всех полков были разбиты на четыре равных сектора, в каждом из которых находилось 14 зенитных ракетных полков ближнего и дальнего эшелонов. Каждые 14 полков образовывали армейский корпус. Система из 56 комплексов стала основой Первой армии ПВО особого назначения» (Первов М.А. Зенитное ракетное оружие противовоздушной обороны страны. Интернет издание книги. Издательский Дом «АвиаРус-XXI», 2003 - <http://www.aviarus-21.com/books/pvo/rus>).

<sup>22</sup> А. Уткин. "Беркут", созданный "Алмазом". К.С. Альперович. Годы работы над системой ПВО Москвы - 1950-1955. Записки инженера. Алмаз медиа. <http://www.almaz-media.ru/projects-1.aspx>

удалении от 1,2 до 4 км, должны были располагаться 60 стартовых столов, причем пусковые установки решено было разместить на расстоянии 300 метров друг от друга. ... Испытания проводились с октября 1951 по сентябрь 1952 года, причем работа велась круглосуточно, в две смены по 12 часов».<sup>23</sup>

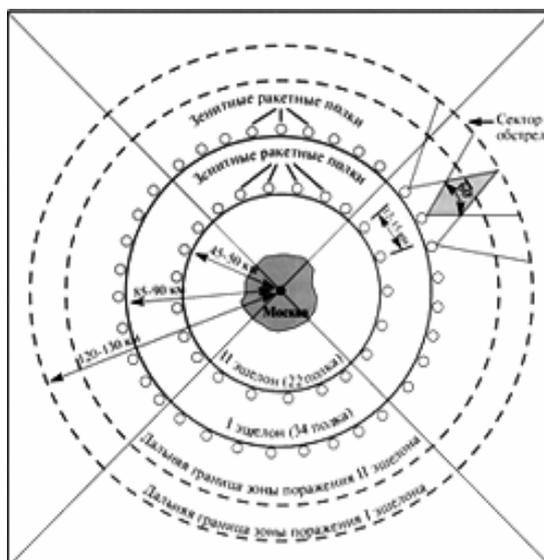


Рис. 37<sup>24</sup>

«Однако изготовить такое количество средств, разместить их на местности, укомплектовать квалифицированным персоналом, наконец, обеспечить управление боевыми действиями столь громоздкой системы, наладить ее непрерывную слаженную работу: Все это было практически неразрешимой задачей! ... пришлось преодолеть массу трудностей, причем не только объективного характера. Одна из них заключалась в том, что первоначально у разработки было два главных конструктора - 54-летний радиоинженер Павел Куксенко и Серго Берия, сын всемогущего Лаврентия Павловича, который по непонятной причине безоговорочно принимал отнюдь не всегда дельные предложения немецких специалистов, вывезенных в СССР после разгрома гитлеровской Германии, и порой с порога отвергал идеи соотечественников».<sup>25</sup>

Любая область науки и техники, даже такая засекреченная во время и после войны, как радиолокация, не может развиваться без интенсивного обмена научно-техническими идеями в международном масштабе. Если же этого не позволяют условия секретности, то пробел восполняют агентурные данные<sup>26</sup> или же такого

<sup>23</sup> М. Первов. Первые зенитные управляемые. - <http://warweb1.chat.ru/fzenitk.html>

<sup>24</sup> Альперович К.С. Годы работы над системой ПВО Москвы — 1950-1955. Записки инженера. М.: НПО «Алмаз», 2003, с. 129. - <http://www.vko.ru/books/006-020.pdf>

<sup>25</sup> А. Уткин. "Беркут", созданный "Алмазом". К.С. Альперович. Годы работы над системой ПВО Москвы - 1950-1955. Записки инженера. Алмаз медиа. <http://www.almaz-media.ru/projects-1.aspx>

<sup>26</sup> Немцы, также как и русские, тщательно изучали «американские и английские радиолокаторы, установленные на самолетах, а также радиолокационные прицелы для бомбометания и разведки. Американцы и англичане, по оценке немецких специалистов, очень преуспели в радиолокации. ... [Ими] серийно изготавливались с использованием американского и английского опыта самолетные радиолокаторы“ ... несмотря на строжайшую секретность, в каждой стране научные знания, их прогресс обладают свойствами общности — мысли по каким-то телепатическим каналам связи

рода «свободный» обмен опытом, который состоялся между российскими и германскими специалистами после войны. Этот же тезис подтверждало и успешное сотрудничество и координация работы в области радиолокации до и во время войны между Великобританией и США.

«Работая в Германии, мы поняли, что после войны, международное научное сотрудничество является крайне важной для развития научно-технического прогресса в местном масштабе. ... В МВТУ им Н.Э. Баумана этими (побывавшими в Германии) учеными были организованы специальные лекции для повышения квалификации инженеров высшего звена с целью передачи опыта, полученного в Германии».<sup>27</sup> Советские специалисты за время пребывания в Германии составили более-менее ясную картину по радиолокационной промышленности.<sup>28</sup>

Сначала большие группы советских специалистов, переодетые в военную форму, были направлены в Германию для изучения и налаживания работы предприятий в оккупированных советскими войсками зонах. Если то или иное предприятие попадало позднее в зону других союзников, то из него вывозилось все, что можно было вывезти (по негласному соглашению союзных войск).<sup>29</sup> То же самое делали и американцы, англичане и др.

---

передаются между учеными. Все мы трудились не только разобщенно, но считали, и вполне справедливо, немцев своими смертельными врагами. Наши союзники из соображений секретности почти не знакомили нас со своими работами. Тем не менее с небольшими разрывами в сроках наука в области радиолокации, ядерной энергии и ракетной техники развивалась параллельно (Черток Б.Е. Ракеты и люди. 2-е изд. - М.: Машиностроение, 1999 - <http://epizodsspace.testpilot.ru/bibl/chertok/kniga-1/4-3.html>).

<sup>27</sup> Chertok B.E. *Rockets and People: Creating a Rocket Industry (Volume II)*. Washington, DC: NASA History Division, 2006, p. 27, 28.

<sup>28</sup> «Общий перечень составил более тридцати предприятий, каждое из которых имело технологию и продукцию, превосходящую по своим показателям нашу отечественную. Самыми интересными были лаборатории и заводы "Аскания", "Телефункен", "Лоренц", "Сименс", АЕГ, Бляупункт, Леве-радио. ... Мы интересовались не только отдельно взятыми заводами, но и организацией и структурой приборной и радиолокационной промышленности. Германские фирмы работали над массой технических проблем по своей инициативе, не ожидая указаний "сверху", они не нуждались в решениях Госплана или наркоматов, без которых у нас ни один завод не мог выпускать никакую продукцию. В частности, в этом была сильная сторона их приборной и радиотехнической промышленности. До войны бурно развивались электроизмерительная, приборная и радиопромышленность для завоевания всего европейского рынка и их изделия успешно конкурировали с продукцией США. Фирмы "Гартман и Браун", "Телефункен", "Аншютц", "Сименс", "Лоренц", АЕГ, "Роде-Шварц", "Аскания", "Карл Цейс" задолго до второй мировой войны пользовались мировой известностью. Это создало прочную технологическую базу, которой у нас в этих отраслях в нужных масштабах так и не было к началу войны» (Черток Б.Е. Ракеты и люди. 2-е изд. - М.: Машиностроение, 1999 - <http://epizodsspace.testpilot.ru/bibl/chertok/kniga-1/4-3.html>).

<sup>29</sup> В одном из постановлений Государственного Комитета Обороны, например, записано: «1. Обязать Наркомавиапром ... вывезти на свои радиолокационные заводы оборудование и материалы со следующих немецких заводов ... а) с радиолокационного завода в Лейбусдорфе ... материалы на опытный завод ... в г. Москву, для производства опытных образцов самолетной радиолокационной аппаратуры; б) с завода электрорадиооснащения мин фирмы "Шмидт" в г. Мариенвердер - 57 металлорежущих станков на завод N 287 НКАП в г. Ленинград для организации производства самолетной радиолокационной аппаратуры. ... Обязать Наркомавиапром ... командировать 20 человек инженерно-технических работников и квалифицированных рабочих для руководства демонтажем оборудования на немецких авиационных заводах в том числе в Лейбусдорфе - 10

Один из российских ученых следующим образом описывает свои наблюдения, сделанные им в Германии в мае 1945 г.: Завод "*Telefunken*" в Целендорфе «вначале был радиоламповым, а в последние годы почти полностью переключился на радиолокационную тематику. ... Цеха по изготовлению радиолокаторов хорошо оснащены электронными контрольными приборами. Завод оказался сравнительно новым, его строительство было закончено в 1939 году. Всего работало вместе с "остарбейтер" от 6 до 7 тысяч человек, из них 3 тысячи инженеров и техников. ... Телевизионные экраны большого размера для радаров и приемники поставляли фирмы "Лоренц" и "Бляупункт". ... радиолокационной техникой для нужд ПВО в основном занимались "Телефункен" и "Лоренц", дистанционным управлением — "Аскания" и "Сименс". ... Но другие отделения "Телефункена" строили наземные локаторы и станции радиуправления ракетами. Отлично оборудованы ламповые цеха, здесь делали лампы типа магнетронов с мощностью в импульсе до 100 кВт! ... на фирме "Лоренц" ... Мы около двух часов проговорили с немецкими специалистами. Нам показали передатчики для радиолокаторов трех- и девятисантиметрового диапазонов. Интересно, что лаборатория, специализировавшаяся на разработке телевизионных приемников, была быстро перепрофилирована на приборы с большими электронно-лучевыми трубками радиолокационного наблюдения. Завод выпускал наземные радиостанции с большими вращающимися антеннами для привода самолетов на свой аэродром. Мы выяснили, что практически эти радиолокаторы использовались и для управления воздушным боем в зоне прямой видимости. Удивило количество станций кругового обзора с большим экраном, позволяющим видеть неприятельские самолеты и отличать их от своих. ... таких установок они выпустили уже около сотни. Трудно было поверить, учитывая исключительную сложность и трудоемкость системы. Локатор "Фрея" начал разрабатываться еще в 1938 году. Он позволял обнаруживать самолет на расстоянии до 120 км. Для управления зенитным огнем разработан радиолокатор "Вюрцбург" со сферической антенной. Ночные истребители наводились на цель мощной радиолокационной станцией "Вюрцбургский великан". В начале войны вся радиолокационная техника немцев ориентировалась на дециметровый диапазон. Немецкие инженеры посетовали: "Наше соревнование с англичанами было войной не только на поле боя и в воздухе, но и в лабораториях. Они еще в 1942 году добились больших успехов, благодаря смелому переходу на сантиметровый диапазон. Мы в это время не имели такой ламповой техники". ... [Советская же] радиотехническая и электронная промышленность, несмотря на серьезные научные достижения, по сравнению с тем, что мы видим здесь, безусловно, является слаборазвитой. Как и при всех предыдущих посещениях немецких заводов и лабораторий, нас поражало ... обилие измерительной техники — универсальной и специализированной. Ламповые вольтметры, осциллографы, звуковые генераторы, наборы всевозможных фильтров, стандартных усилителей, волномеров, частотомеров и прочая, прочая — все это высокого качества, ибо отдельные образцы, считавшиеся у нас драгоценностью до войны, здесь попадались на глаза непрерывно. Такого изобилия ни один наш институт, ни один завод, ни одна лаборатория не могли себе даже представить. А ведь война лабораторий это не только война чистых интеллектов. На вооружении у каждого "интеллекта" должны быть самые совершенные инструменты для научного исследования — это дает хорошо развитая

---

человек и в Мариенвердер - 10 человек. ... выделить ... необходимое количество вагонов для отгрузки оборудования и материалов, перечисленных в пункте 1 настоящего постановления и установить контроль за их передвижением» (<http://german.rsuh.ru/html/german/docs/D-38.htm>). Образцы авиационной радиолокационной аппаратуры, как представляющие особую ценность, предлагалось вывезти немедленно и отправить в Москву на самолете (<http://german.rsuh.ru/html/german/docs/D-40.htm>).

приборостроительная промышленность. ... мы продолжали в Берлине и его окрестностях собирать и отправлять в Москву достойную внимания литературу и, на чем я особенно настаивал, измерительную технику»<sup>30</sup>

На следующем этапе целые группы германских специалистов были отправлены в СССР для работы на оборонных предприятиях.<sup>31</sup> Интересно, что и финансирование немецких специалистов было более высоким и зависело от их квалификации, ученой степени и академических титулов.<sup>32</sup> Их экспертные оценки, научные и проектные разработки несомненно внесли определенный вклад в развитие радиолокации в СССР и в создание отдельных компонентов или принципов работы создаваемой системы, но не в ее концепцию в целом.

После смерти Сталина на руководящие должности пришли действительные разработчики и ученые, а германские специалисты прежде, чем отправились на родину, смогли непосредственно контактировать с российскими коллегами. Для решения поставленных правительством задач были привлечены лучшие научные и инженерные силы, с отличным финансированием (несмотря на трудности послевоенного времени).<sup>33</sup> Были созданы новые или перепрофилированы исследовательские институты, конструкторские бюро и заводы. Кроме вышеуказанного КБ-1 теперь во главе с А.А. Расплетиным (см. фото<sup>34</sup> на **рис. 38**), за научное сопровождение проекта отвечал научно-исследовательский институт под руководством А.И. Берга. «В первые послевоенные годы огромное значение имели исследования распространения радиоволн – без этого невозможно

<sup>30</sup> Черток Б.Е. Ракеты и люди. 2-е изд. - М.: Машиностроение, 1999 -

<http://epizodsspace.testpilot.ru/bibl/chertok/kniga-1/4-3.html>

<sup>31</sup> «В октябре 1946 г. лучшие германские инженеры из тех, кто уже работал в рамках советской программы ракетостроения были посажены в поезда и отправлены в различные точки СССР для консультирования по вопросам организации производства и проектирования ракет. К началу 1947 г. советские власти завершили перевод всех работ в области ракетной техники из Германии в секретные места расположения на территории СССР. ... Среди 2200 перевезенных специалистов были представлены области авиационной, ядерной, ракетной, радиолокационной науки и техники, электроники и химии. Они были приписаны к различным промышленным предприятиям СССР: число депортированных экспертов в области радиолокации и радиотехники, прикрепленных к Министерству связи составило 350 человек». К концу 50-х гг. они возвратились обратно в Германию (A. Zak. Home rockets spacecraft centers people chronology. - [http://www.russianspaceweb.com/a4\\_team\\_moscow.html](http://www.russianspaceweb.com/a4_team_moscow.html)).

<sup>32</sup> «Таким образом, например, доктора Magnus, Umpfenbach и Schmidt получали 6000 руб. В месяц каждый, Gröttrup и Willi Schwarz - 4500 руб, а дипломированные инженеры - 4000. Для сравнения зарплата ведущих специалистов НИИ-88 (в 1947) была следующей: Королев (главный конструктор и руководитель отдела) — 6000 руб.; Победоносцев (гл. инженер института) — 5000 руб.; а Мишин (заместитель Королева) — 2500 руб. ... Средняя зарплата немецких специалистов в Министерстве авиационной промышленности ... также превышала зарплату советских специалистов того же уровня ... Причем немцам разрешалось переводить деньги в себе в Германию.» Для сравнения – средняя зарплата российского инженера этого времени составляла 1000 рублей в месяц. (См.: Chertok В.Е. Rockets and People: Creating a Rocket Industry (Volume II). Washington, DC: NASA History Division, 2006, p. 43-45).

<sup>33</sup> «Целые выпуски институтов, высококлассных специалистов из любых организаций, в том числе и вывезенных из Германии немецких инженеров рассматривались на свободные вакансии» (Зенитная управляемая ракета ШБ-32. ЗРК С-25 (Источник: В. Коровин. Не только В-300. В: Техника и вооружение, 2002, №8). - <http://pvo.guns.ru/s25/shb32.htm> (V. Korovin, MIGHT-HAVE-BEEN OPPONENT. ARMS №3, 2002))

<sup>34</sup> фото взято из: А.А. Расплетин - <http://pvo.guns.ru/people/raspletin.htm>

правильно проектировать радиолокационную технику. Их проводили Введенский, Леонтович и Фок. Результатом стало создание методик измерений и расчетных формул для решения конкретных задач. За работу по исследованиям дифракции и распространения радио волн с учетом кривизны земной поверхности Фок был удостоен Сталинской премии. ... Вопросы приема и излучения, канализации сантиметровых волн, процессы в различных узлах и звеньях РЛС, фильтры и резонаторы, антенно-фидерные системы и т.д. были всесторонне исследованы специалистами НИИ-108 и стали достоянием широкого круга разработчиков РЛС в нашей стране. Помимо отчетов по НИОКР ведущие специалисты написали ряд книг и пособий по важнейшим вопросам радиолокационной техники, по которым обучалось не одно поколение будущих специалистов. ... В институте закладывались не только научные основы для разработки радиолокационных станций. Трудами его сотрудников создавались принципиально новые радиолокаторы».<sup>35</sup>



А. А. Расплетин (1950 г.)

Рис. 38

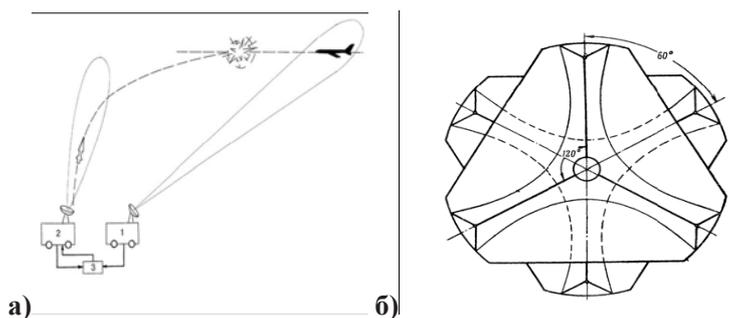
«В 1953 г., после смерти Сталина, система "Беркут" была переименована в С-25. Павел Куксенко и Сергей Берия освобождены от занимаемых должностей. Главным конструктором С-25 назначен Александр Расплетин. В октябре того же года проведены контрольные пуски, а с ноября 1953 г. по сентябрь 1954 г. - еще одни комплексные испытания. 1 октября 1954 г. с целью определения готовности системы С-25 к принятию на вооружение были начаты государственные испытания. Их кульминационным моментом стала одновременная стрельба двадцатью ракетами по двадцати мишеням. ... В декабре 1954 г. Государственные испытания были завершены ... 7 мая 1955 г. постановлением правительства двадцать пятая система была принята на вооружение ...»<sup>36</sup> У руководства новой системой встали действительные ее разработчики, вокруг которых сложился целый штаб в виде тематических подразделений. Одним из таких талантливых организаторов стал Расплетин. «Он впервые в нашей стране, а возможно – и в мире, создал структуру

<sup>35</sup> «В 1966 году на институт возлагаются обязанности головной организации в Министерстве радиопромышленности по направлению РЭБ (радиоэлектронная борьба - разработка систем создания помех для радиолокаторов, в том числе радиотехническая разведка, цель которой – получение информации о параметрах всех радиотехнических объектов вероятного противника), он получает название Центральный научно-исследовательский радиотехнический институт – ЦНИИРТИ». (Ю. Мажоров. ЦНИИРТИ 60 лет. Страницы истории. В: ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес 4/2003).

<sup>36</sup> М. Первов. Первые зенитные управляемые. - <http://warweb1.chat.ru/fzenitk.html>

организации, которая на практике реализовала системный подход к разработкам сложных технических систем. Такими системами безусловно являются зенитные управляемые ракетные комплексы и системы космической разведки. Огромный конгломерат отдельных конструкторских бюро, заводов и заводских КБ составлял слаженный организм, который выполнял технические и технологические разработки под единым руководством ради получения наивысших характеристик системы в целом». <sup>37</sup> Именно этот момент можно считать истинным началом развития радиолокационной системотехники в нашей стране.

«Выполнение радиолокатором разнообразных функций (обзор пространства, автоматическое сопровождение обнаруживаемых в этом пространстве объектов и решение других задач), т. е. *многофункциональность* радиолокатора теперь является обычным делом. Тогда же, в начале 50-х гг. переход от специализированных радиолокаторов к многофункциональным был событием революционным. ... Расплетин прибег к решению задачи по частям. Для начала Расплетин предложил использовать секторные радиолокаторы (см. **рис. 39 б**) только как управленческое средство. В этом качестве каждый такой радиолокатор должен был обнаруживать все появляющиеся в его секторе ответственности цели, автоматически сопровождать одновременно до 20 целей, выдавать по ним целеуказания 20-ти ЗРК (зенитно-ракетного комплекса) с узколучевыми радиолокаторами (см. **рис. 39 а**), и — пока только для контроля за действиями ЗРК — сопровождать пущенные ими ракеты и фиксировать поражение целей. В таком сокращенном виде расплетинское предложение естественно вписывалось в исходно принятое построение "Беркута" и было принято "с хода". Так было достигнуто главное — развертывание работ над секторным радиолокатором, который на том этапе назывался станцией группового целеуказания ... Необходимо было сделать следующий шаг — отказаться от узко-лучевых радиолокаторов и возложить выполнение всех функций на секторные радиолокаторы. ... Так определился окончательный облик будущей системы ПВО Москвы: радиолокаторы кругового обзора (в том числе выдвинутые на дальние рубежи) — для обнаружения подлетающих целей (А-100) и два кольца секторных многоканальных зенитных ракетных комплексов — радиолокаторов наведения Б-200 с зенитными ракетами В-300 (32 комплекса на внешнем кольце и 24 на внутреннем). Для управления системой предусматривались центральный (см. **рис. 40**) и четыре секторных командных пункта, для хранения ракет и подготовки их к боевому использованию — специальные технические базы». <sup>38</sup> Это было поистине системное решение поставленной проблемы!

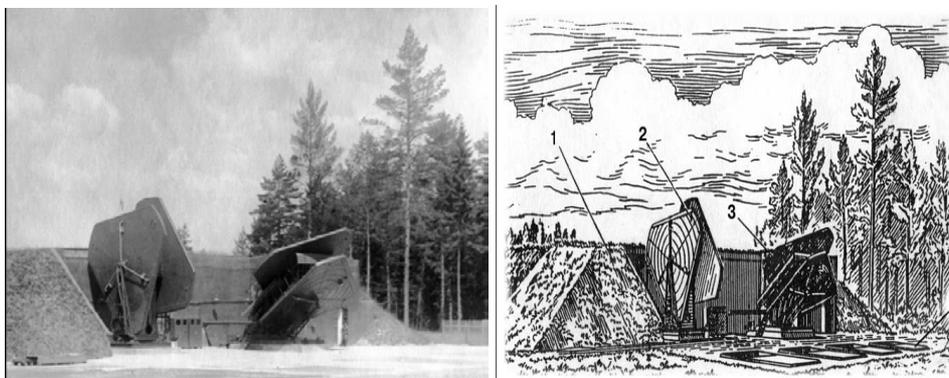


**Рис. 38:** а) ЗРК с узколучевыми радиолокаторами (1 — радиолокатор сопровождения цели, 2 — радиолокатор сопровождения ракеты и передачи на нее управляющих команд, 3 — счетно-решающий прибор); б) формирователей "лопатообразных" лучей на ЦРН

<sup>37</sup> А.А. Расплетин - <http://pvo.guns.ru/people/raspletin.htm>

<sup>38</sup> Альперович К.С. Годы работы над системой ПВО Москвы — 1950-1955. Записки инженера. М.: НПО «Алмаз», 2003. - <http://www.vko.ru/books/006-020.pdf>

Использование узколучевых локаторов соответствовало тогдашней международной практике и использовалось, например, американцами. Поэтому в первоначальном проекте предполагалось использование только таких РЛС. Расплетин, понимая необходимость нового подхода с использованием многофункционального секторного радара и невозможность убедить руководство идти по этому пути предложил сначала промежуточное комбинированное решение (использовать его только на ЦРН). Тем самым была решена главная задача - создание такой РЛС и отработка ее функционирования. После этого можно было легко перейти к развитию всей системы на основе этого принципа. «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" — см. **рис. 39 б** и **40**). 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 непрерывное сканирование рабочего сектора. Равномерность вращения антенн обеспечивали специальные привода. Мощные импульсные передатчики работали синфазно. Принимаемые эхосигналы целей и сигналы ответчиков ракет усиливались на высокой частоте и после преобразования на отдельные для целей и ракет промежуточные частоты выдавались в соответствующие приемные устройства».<sup>39</sup>



**Рис. 40**

Внешний вид ЦРН (центральный радиолокатор наведения) Б200:

1 — бетонированное помещение; 2 — угломестная антенна;  
3 — азимутальная антенна; 4 — антенны передачи управляющих команд<sup>40</sup>

<sup>39</sup> Альперович К.С. Годы работы нал системой ПВО Москвы — 1950-1955. Записки инженера. М.: НПО «Алмаз», 2003, с. 129. - <http://www.vko.ru/books/006-020.pdf>

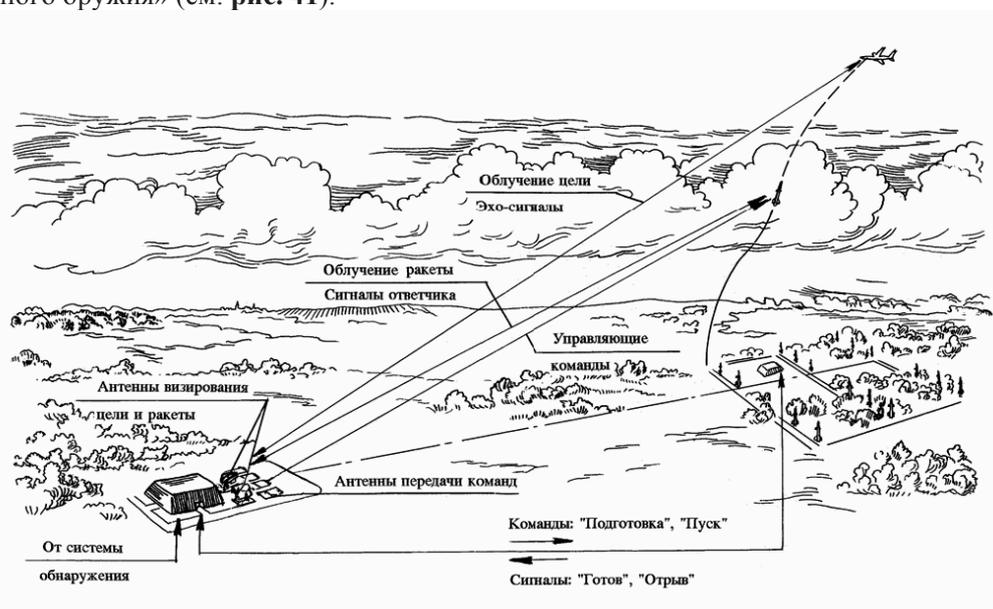
<sup>40</sup> «Всю аппаратуру, в том числе мощные передатчики и входные усилители сигналов, предлагалось разместить в подземном помещении (реализовано было в виде полузаглубленного бетонированного бункера). Снаружи располагались только антенны — основные (азимутальная и угломестная) и передачи команд на ракеты» (Альперович К.С. Годы работы нал системой ПВО Москвы — 1950-1955. Записки инженера. М.: НПО «Алмаз», 2003, с. 129. - <http://www.vko.ru/books/006-020.pdf>).

«Проект "Беркут" охватывал все — от расстановки вокруг Москвы будущих объектов системы до разработки новых электровакуумных приборов ... интенсивная работа опытного производства КБ-1 и привлеченных к работам по "Беркуту" серийных заводов обеспечили изготовление экспериментального образца в чрезвычайно короткие сроки — уже к весне 1951 г. ... В ходе испытаний проводилась доводка аппаратуры ЦРН, в нее вносились необходимые изменения. ... Не требуют изменений только примитивные проекты. В сложные же системы в процессе их отработки приходится вносить множество изменений. ... От постановки задачи — создать принципиально новый вид вооружений, каким тогда являлось зенитное управляемое ракетное оружие, до ее решения — поражения этим оружием самолетов-мишеней — прошло менее трех лет. ... Функции головного завода по ЦРН были возложены на практически единственный в то время серийный радиолокационный завод — Кунцевский завод N 304 Минвооружения. Ему было поручено изготовление большей части аппаратуры для секторного радиолокатора. ... Цеха завода были расширены и реконструированы, построены были и новые. ... Объем изготавливаемой аппаратуры и другого оборудования был огромен, а других заводов, близких по специализации, не было. И решили организовывать необходимые производства при существовавших заводах самого разного профиля. Использовать производственные площади этих заводов, оборудование общего назначения и, что особенно важно, их организационные структуры. ... *Например:* На Ленинградском заводе полиграфических машин было организовано изготовление станций передачи на ракеты управляющих команд. ... На привлеченных к изготовлению средств "Беркута" предприятиях были созданы специализированные конструкторские бюро и лаборатории. Впоследствии из радиотехнического производства при заводе полиграфических машин вырос отдельный завод — Ленинградский завод радиотехнического оборудования. ... Для изготовления радиотехнических средств требовалось огромное количество радиодеталей и электронных ламп, необходимы были разработка и организация серийного производства изделий новой номенклатуры, в том числе специальных высокочастотных электровакуумных приборов. Для передачи сигналов в помещениях ЦРН требовались километры коаксиального кабеля.<sup>41</sup> ... За короткое время надлежало изготовить и настроить огромное количество аппаратуры. ... К концу 1954 г. Государственные испытания 20-ти канального полигонного комплекса были успешно завершены. ... В начале 1955 г. закончились приемо-сдаточные испытания на всех 56 подмосковных комплексах. ... Создание за 4,5 года такой системы, какой явилась московская зенитная ракетная система ПВО, — задача фантастическая для любого государства. Она не была бы выполнена, если бы ... государство не предоставило для ее решения ... неограниченные возможности. Руководство работами над системой было возложено на выдающихся ученых,

---

<sup>41</sup>Здесь пригодился и собранный после войны германский опыт. У нас, например, не было налаженного производства разнообразных разъемов и штекеров, как это было в Германии уже во время войны. «Для нас было внове, что у немцев существовала и процветала фирма "Лист", специализировавшаяся только на разработке и массовом выпуске многоконтактных штепсельных разъемов — штекеров. Их выпускалось сотни тысяч для всей авиационной и ракетной техники. Это была по идее очень простая, но по технологии принципиально новая для нас продукция, появившаяся в связи с резким усложнением электрических схем летательных аппаратов, необходимостью надежной электрической стыковки и расстыковки при ремонте и испытаниях отдельных отсеков, быстроте сборки и т.д. ... Мы только после войны оценили, какую огромную техническую роль в авиационной и ракетной технике суждено играть такому, казалось бы, простому устройству ... Немцы затратили годы на разработку технологии надежных разъемов и ввели в авиации и ракетной технике стандартные "штекера Листа" от двух до тридцати контактов. Нам потребовалось три года, чтобы воспроизвести не уступающие по надежности разъемы» (Черток Б.Е. Ракеты и люди. 2-е изд. - М.: Машиностроение, 1999 - <http://epizodsspace.testpilot.ru/bibl/chertok/kniga-1/4-3.html>).

конструкторов, организаторов производства. Опора делалась на талантливую, образованную молодежь. Были созданы специальные организации-разработчики и самые разнообразны производства, испытательный полигон, необходимые военные организации. ... Высокие потенциальные возможности системы С-25 позволили в ходе ее эксплуатации провести ряд модернизаций радиолокатора наведения и ввести в ЗРК новые модификации зенитных управляемых ракет. Модернизации С-25 существенно расширяли ее тактико-технические характеристики, поддерживали их на уровне, достаточном для поражения непрерывно совершенствовавшихся средств воздушного нападения. Прослужила С-25 три десятилетия. Прорыв, совершенный в ходе работ над С-25 в науке, технике, технологии, созданные коллективы квалифицированных разработчиков, эффективная кооперация промышленности, прекрасно оснащенный полигон, специальные зенитные ракетные войска стали фундаментом дальнейшего развития нашего зенитного управляемого ракетного оружия» (см. **рис. 41**).<sup>42</sup>



**Рис. 41**<sup>43</sup>

В штаб генерального конструктора вошли специалисты, способные комплексно решать возникающие системные проблемы. В КБ-1 эту роль выполнял специально созданный тематический отдел.<sup>44</sup> Позже такие отделы и даже более крупные подразделения стали обязательной частью любой крупной проектной организации.<sup>45</sup> В их задачи входила не только координация всех разработчиков

<sup>42</sup> Альперович К.С. Годы работы нал системой ПВО Москвы — 1950-1955. Записки инженера. М.: НПО «Алмаз», 2003, с. 50. - <http://www.vko.ru/books/037-051.pdf>

<sup>43</sup> Альперович К.С. Годы работы нал системой ПВО Москвы — 1950-1955. Записки инженера. М.: НПО «Алмаз», 2003, с. 4. - <http://www.vko.ru/books/006-020.pdf>

<sup>44</sup> Тематическая лаборатория по системе «Беркут» для координации работ конструкторских бюро и заводов - изготовителей аппаратуры в КБ-1 была образована в конце 1951 года. (См.: Зенитная управляемая ракета ШБ-32. ЗРК С-25 (Источник: В. Коровин. Не только В-300. В: Техника и вооружение, 2002, №8). - <http://pvo.guns.ru/s25/shb32.htm>)

<sup>45</sup> Например, при ОКБ «Вымпел» даже был создан «Научно-тематический центр (НТЦ) для работ по перспективным системам ПРО. Начальником НТЦ ОКБ «Вымпел» назначен А.Г.Басистов» (М.А. Первов. Системы ракетно-космической обороны России создавались так. Интернет издание книги. Издательский Дом «АвиаРус-XXI», 2003 - <http://www.aviarus-21.com/books/rko/rus>). 15 января 1970

этой сложнейшей системы и методическое руководство ими, но и системное проектирование и комплексное исследование создаваемой системы. В результате реализации этого и последующих проектов такого рода выяснилось, что многие стратегические задачи и проблемы должны корректироваться не только в ходе ее разработки, но и внедрения, причем речь шла не о внедрении отдельных компонентов и подсистем, а об их системной стыковке и внедрении системного комплекса в целом. «В КБ-1 для шефства над этими работами было создано специальное подразделение во главе с Басистовым<sup>46</sup> — группа инженеров, в основном окончивших военные академии. Члены этой группы персонально закреплялись за каждым вводимым в строй объектом. Специалисты-отраслевики

---

года был подписан приказ об организации Центрального научно-производственного объединения (ЦНПО) «Вымпел», которое непосредственно подчинялось министру радиопромышленности. Его директором и техническим руководителем был назначен В.И. Марков, заместителем директора по научной работе стал Главный конструктор системы противоракетной обороны Г.В. Кисунько. «В первоначальный состав ЦНПО «Вымпел» вошли ведущие институты ОКБ «Вымпел» (НИИРП), НИИ-37 (НИИДАР), РТИ АН СССР, КБРП имени А. Расплетина (НИИ радиофизики), Днепропетровский завод (ДМЗ), Гомельский завод (ГРЗ) и головная монтажная организация ГПТП. Главным предприятием объединения стал *научно-тематический и технологический центр* (НТТЦ). На него возлагались *задачи разработки концептуальных технических решений и проектов для систем ПРО, СПРН и СККП, выработки согласованных требований к техническим средствам, разрабатываемых в разных отраслевых институтах, разработка и внедрение новых технологических процессов и оперативное руководство в области практического ввода в действие этих систем.* При ЦНПО «Вымпел» был организован объединенный научно-технический совет (ОНТС) (председатель совета – В.И. Марков, заместитель – Г.В. Кисунько). В ОНТС по проблемам ПРО, СПРН и СККП входили ведущие ученые страны: Генеральные конструкторы академики Б.В. Бункин, А.И. Савин, П.Д. Грушин, главные конструкторы В.П. Сосульников, Ю.Г. Бурлаков, В.Г. Репин, Т.Р. Брахман, А.А. Колосов, В.С. Бурцев и др. ... В этот период в ЦНПО «Вымпел» работало около 80 тыс. сотрудников, среди которых было свыше 70 докторов и 700 кандидатов наук» (Система предупреждения о ракетном нападении - [www.vko.ru](http://www.vko.ru); [http://old.vko.ru/print.asp?pr\\_sign=archive.2005.25.13.13](http://old.vko.ru/print.asp?pr_sign=archive.2005.25.13.13)).

<sup>46</sup> Басистов Анатолий Георгиевич (р. 23.10.1920), советский учёный и конструктор в области радиотехники и электроники, генерал-лейтенант авиации (1984), член-корреспондент АН СССР (1984, с 1991 — РАН). В 1938—41 учился в Московском энергетическом институте, затем зачислен в Ленинградскую военно-воздушную академию, которую окончил в 1944. С 1950 в КБ-1 Министерства оборонной промышленности, затем в КБ Министерства радиопромышленности по созданию систем противовоздушной обороны, где принимал участие в разработке многоканальной зенитной системы С-25 для ПВО Москвы. С 1968 работал в Особом конструкторском бюро (ОКБ) «Вымпел» по созданию систем противоракетной обороны (ПРО), участвовал в разработке многоканальной зенитной ракетной системы дальнего действия С-200. С 1979 главный, а с 1985 генеральный конструктор, научно-технический руководитель НИИ радиоприборостроения. С 1991 (после увольнения в запас) продолжил работу в той же должности. Наряду с научной и конструкторской деятельностью руководит кафедрой «Информационные системы» в Московском физико-техническом институте. Басистов является одним из ведущих специалистов в России в области радиолокации, автоматизации радиотехнических средств и систем получения и обработки информации. Основные научные труды посвящены повышению эффективности фильтрации сигналов и разрешающей способности радиолокационных систем; разработке многофункциональных информационных систем ПРО на основе радиолокационных средств и оптико-электронных устройств, управляемых высокопроизводительными наземными и бортовыми ЭВМ; разработке комплексов систем управления ЛА, поражающими воздушные и космические объекты и др. Его теоретические и прикладные работы значительно продвинули технологии создания в России средств радиолокации, информатики, оптикоэлектроники. (<http://www.mil.ru/articles/article9059.shtml>).

провели с этой группой цикл занятий по всем составляющим ЦРН устройствам».<sup>47</sup> А поскольку эта задача была весьма не простой, требовалось постоянно производить системный анализ и оценку функционирования уже построенной системы (или вновь вводимых отдельных ее частей), а организация функционирования этой системы означала одновременно ее постоянное развитие в связи с появлением, например, нового типа «целей». Поэтому наряду с утилизацией и снятием с эксплуатации отдельных ее компонентов, было необходимо уже на стадии тематического проектирования предусматривать развития данной системы (см. **рис. 42**).

---

<sup>47</sup> «В ходе испытаний проводилась доводка аппаратуры ЦРН, в нее вносились необходимые изменения. ... Для ввода в строй подмосковных ЗРК при головном Кунцевском заводе было создано специальное монтажное управление СМУ-304. В нем был учрежден институт главных настройщиков, возглавлявших работы на каждом данном комплексе. ... Начиная с ЦРН, проведение необходимых работ (от ежедневных проверок функционирования до операций большой периодичности) в соответствии с жестким временным графиком с записью о результатах этих работ в соответствующих графах специальных журналов — проведение регламентных работ — стало на зенитных ракетных системах войск ПВО непреложным законом. ... Начались систематическая эксплуатация ЦРН и его испытания, включая облеты самолетами. В ходе их в аппаратуру радиолокатора приходилось вносить некоторые изменения. [Эти изменения приводили к необходимости перепроектирования и переделки этой аппаратуры заводами-изготовителями уже в ходе отладки системы. — В.Г.] ... [Например,] при эксплуатации 20-канальных радиолокаторов особо трудным было обеспечивать нужное время готовности ЦРН к боевой работе, определявшееся временем синхронизации 120 кварцевых генераторов систем сопровождения целей и ракет с центральным кварцевым генератором радиолокатора. ... [В итоге проведенных экспериментов и сделанных на их основе была создана новая специальная система регулирования, которая позволяла] автоматически устанавливать температуру кварцевых пластин, размещенных в простейших термостатах такой, чтобы к заданному времени в необходимый режим входило не менее 18 (таким было установлено контрольное число) из 20 каналов сопровождения целей и ракет. ... Как и полигонный опытный образец, все штатные ЦРН московской системы тщательно проверялись в облетах самолетами на дальность действия и точность измерения разностей координат целей и ракет. Допуски на эти параметры Расплетин установил очень жесткие и тщательно контролировал их выполнение. ... Постепенно главными в эксплуатации системы становились военные. Разработчики и представители промышленности переходили к авторскому надзору» (Альперович К.С. Годы работы нал системой ПВО Москвы — 1950-1955. Записки инженера. М.: НПО «Алмаз», 2003, с. 75, 129-136. - <http://www.vko.ru/books/006-020.pdf>).

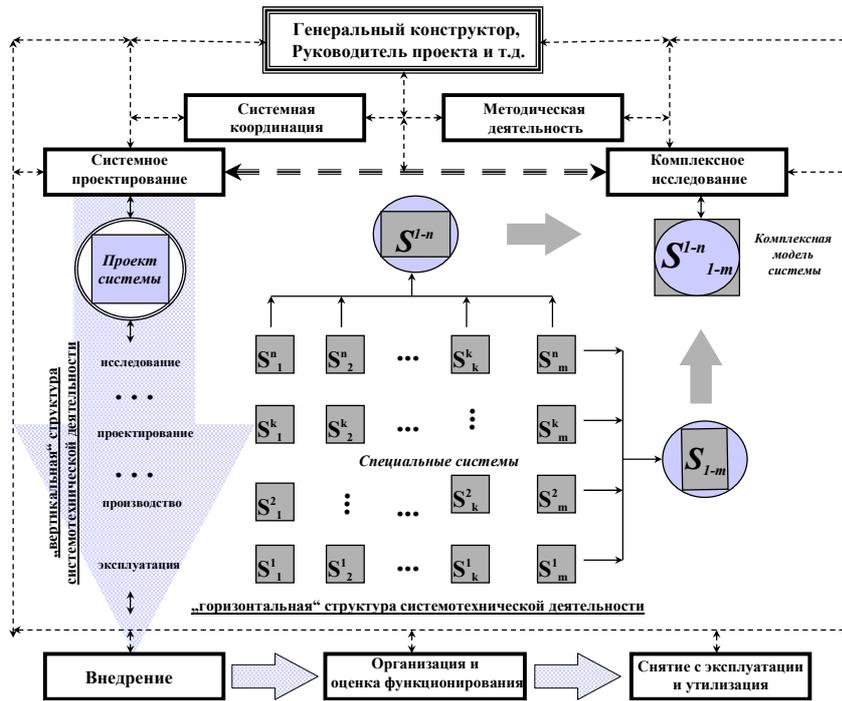


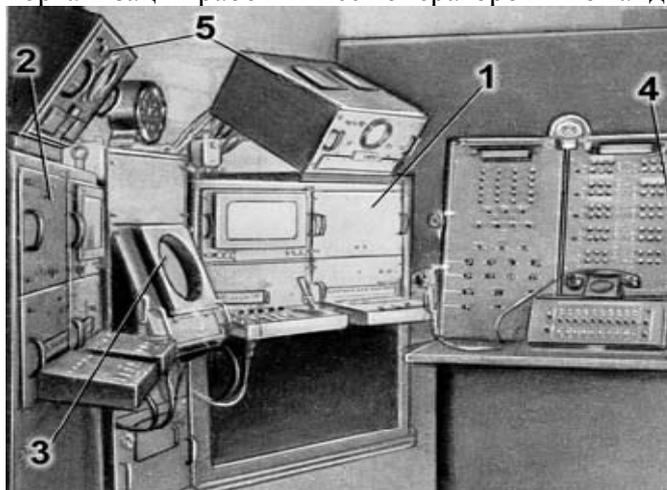
Рис. 42

Кафедры по радиолокации в МЭИ и МАИ начали готовить специалистов в этой области как высшего, так и среднего звена. Для обслуживания радиолокационных станций были созданы новые специально обученные войсковые подразделения, построены новые дороги (бетонка вокруг Москвы) и площадки для размещения РЛС и ракет. Начали организовывать серийный выпуск РЛС. Для координации научных разработок при Совете по радиолокации уже в 1945 году учреждается Научно-технический совет, а в 1946 году – информационный центр и начинает издаваться специальный журнал, публикуется целый ряд обзоров, выходят первые монографии. Центр проводит регулярные семинары и конференции по радиолокации.

Все это создало беспрецедентную базу для развития за кратчайший срок на самом высоком мировом уровне радиолокационной науки, техники и промышленности, которая в итоге стала основой развития новых информационно-компьютерных технологий.<sup>48</sup>

<sup>48</sup> При этом, однако, важно учитывать и отрицательные моменты в организации такого рода научного исследования и проектной деятельности в рамках тогдашнего военно-промышленного комплекса: часто неоправданная секретность, корпоративность, ориентация на военные цели, дублирование работ и нерациональное использование финансовых, материальных и персональных ресурсов (об этом см., например: Дроздов Н.Д. Из истории создания системы противоракетной обороны в СССР. - Рукопись, 1 июня 1998 года). В это время процветали протекционизм (без рекомендации изнутри или от вышестоящих организаций было практически невозможно устроиться на работу) и лоббирование собственных проектов в правительстве иногда в ущерб делу. Каждый главный или генеральный конструктор имел своего покровителя в Политбюро, каждый стремился иметь в своей организации родственников высших чиновников, чтобы иметь возможность получать внеочередное финансирование. По стопам Берии пошли многие руководители партии и правительства СССР. В ОКБ «Вымпел» работали сыновья Устинова (министра вооружения, а

В процессе эксплуатации новой системы возникли также сложные проблемы организации ее функционирования, связанные, например, с принципиальной иной и более ответственной ролью операторов РЛС, в особенности на центральном пульте управления. Во-первых, с усложнением системы усложнялись и пульты управления (см. Рис. 43), а само управление такой системой требовало специального инженерного образования. Во-вторых, в связи с необходимостью почти мгновенного принятия решения оператором об идентификации и необходимости уничтожения цели, возрастали и требования к системам отображения информации. Требовалось не просто нажать кнопку для пуска ракеты, а принять ответственное решение или направить многомиллионную по стоимости ракету на ложную цель или не ликвидировать летательного аппарата возможного противника. Стремление к упрощению картинки на мониторе радиолокатора не всегда облегчало, а зачастую затрудняло распознавание цели оператором, так как человеческих глаз быстрее устаёт от монотонной картины (см. Рис. 44.). Система, конечно, будет реагировать полностью автоматически после захвата цели РЛС, но команду все равно должен давать человек-оператор. Так возникли новые дисциплины инженерная психология и эргономика, призванные помочь проектировщикам РЛС определить оптимальные требования к пульту управления системой, а сама система стала рассматриваться как сложная человеко-машинная (а не просто техническая) система. В ходе эксплуатации системы возникали и социально-психологические проблемы, например, в том случае, если роль командира комплекса становилась чисто наблюдательной и его вмешательство в процесс работы системы становилось нежелательным или часто невозможным. Это требовало и внесения изменений в проект со стороны разработчиков для соответствующей организации рабочих мест операторов и командиров.

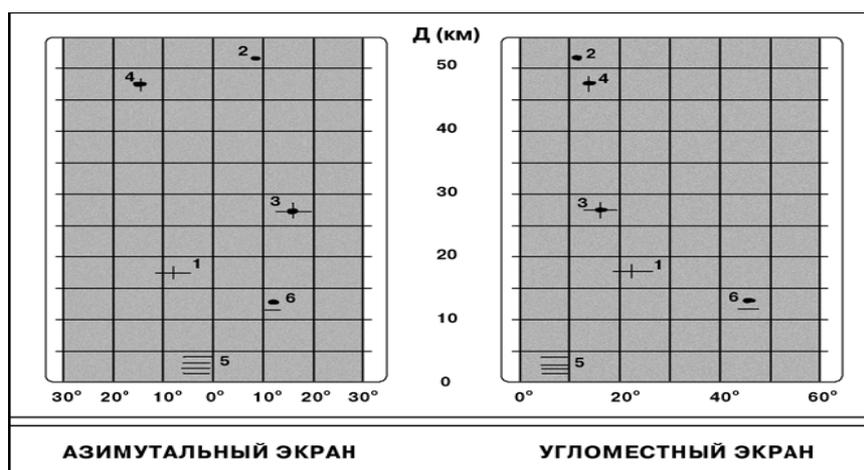


---

позднее и министра обороны Советского Союза) и Сулова (главного идеолога партии и серого кардинала), родственники Хрущева и др. Начав с простых инженеров, их постепенно продвигали по службе, создав, наконец, под их началом собственные организации, финансирование которых было (часто неоправданно) заметно лучше остальных отраслевых КБ и НИИ. Постоянные реорганизации и подкованная борьба за лидерство мешали работе, а стремление выжать из начальства побольше средств приводило к раздутым штатам (фактически же к скрытой безработице), нерациональному использованию огромных ресурсов и замораживанию важных для страны, но конкурирующих проектов.

**Рис. 43.** 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.<sup>49</sup>

«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 4х 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 (см. **Рис. 44**). 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. Производилось 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».



**Рис. 44.** Экраны индикаторов рабочего места операторов выбора целей и пуска ракет:

<sup>49</sup> Альперович К.С. Годы работы нал системой ПВО Москвы — 1950-1955. Записки инженера. М.: НПО «Алмаз», 2003, с. 41. - <http://www.vko.ru/books/037-051.pdf>

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 ракеты; 6 — отметки ракеты и сопровождающих ее стробов.

Однако задача создания такого рода сложной системы была не только технической и даже не только системотехнической, а скорее социотехнической, поскольку создавалась не только новая техника, но и обеспечивающая ее функционирование инфраструктура в виде коммуникаций, электроснабжения, путепроводов, жилых и социальных объектов для обслуживающего персонала и т.п. «Объем строительных работ, которые надлежало выполнить для ввода в строй московской системы ПВО, был огромен. Необходимо было проложить на 50-ти и 90-километровых рубежах кольцевые дороги с путепроводами и мостами в местах их пересечений с транспортными магистралями и водными преградами (для подвоза к зенитным комплексам ракет с баз их хранения), создать мощные линии электропередачи и автономные дизельные источники электропитания, построить базы хранения и подготовки ракет к боевому использованию; командные пункты, на каждой из 56 позиций ЗРК — бетонированные помещения для аппаратуры ЦРН, стартовые позиции с 60 пусковыми столами и сетью подъездных дорог к ним, а также жилые городки для офицерского состава и казармы для солдат». Была образована Первая армия особого назначения Войск ПВО.<sup>50</sup> Кроме того возникла необходимость срочной подготовки большого числа специалистов различных уровней и профилей, не только для постоянного развития, но и повседневной эксплуатации и ремонтного обслуживания данной системы. Это требовало специального социального планирования и проектирования, например, необходимого будущего персонала в масштабах всей страны, специализированных городских агломератов закрытого или полужакрытого типа, которые в будущем выросли в особые научные городки и города-спутники, в которых размещались промышленные предприятия, учебные заведения (вузы и техникумы), научно-исследовательские и проектные организации, войсковые подразделения и т.п., а также системы жизнеобеспечения и городского управления.

После принятия в эксплуатацию системы круговой радиолокационной обороны Москвы в 1955 году была выдвинута новая задача создания и развития системы противоракетной обороны всей страны<sup>51</sup>, решить которую стало возможным только благодаря тому, что уже были созданы научные, технические и производственные основы для этого на предыдущем этапе и работающие сплоченные коллективы инженеров и ученых, способных решать такого рода

---

<sup>50</sup> Альперович К.С. Годы работы нал системой ПВО Москвы — 1950-1955. Записки инженера. М.: НПО «Алмаз», 2003, с. 50. - <http://www.vko.ru/books/037-051.pdf>

<sup>51</sup> «В январе 1954 года ВПК приняла решение о создании специальной комиссии по ПРО. Председателем комиссии был назначен председатель НТС ВПК академик А.Н. Щукин. В состав комиссии вошли директор РАЛАН А.Л. Минц, главный инженер КБ-1 Ф.В. Лукин ... и главный конструктор системы С-25 А.А. Расплетин». (М.А. Первов. Системы ракетно-космической обороны России создавались так. Интернет издание книги. Издательский Дом «АвиаРус-XXI», 2003 - <http://www.aviarus-21.com/books/rko/rus>)

задачи.<sup>52</sup> Было создано новое КБ, отделившееся от КБ-1 во главе с Г.В. Кисунько.<sup>53</sup> К сожалению, этот организационный опыт был до сих пор мало известен даже российским специалистам в силу условий секретности, но сегодня, когда завеса секретности постепенно снимается, он должен стать достоянием широкой общественности как образец долговременной и ориентированной на перспективу государственной поддержки науки и техники.

### Х Х Х

На этой фазе развития радиолокации в ней происходит изменение парадигмы научного и инженерного мышления. Радиолокация попадает в новое семейство научно-технических дисциплин, имеющих системную ориентацию. В этот период в радиолокации начинают интенсивно использоваться наряду с методами других дисциплин системотехнические методы. Переход от классической радиолокации к радиолокационной системотехнике - это прежде всего переход от разработки отдельных радиолокационных станций различного назначения к созданию многофункциональных систем. Несколько РЛС, замкнутые на один пункт сбора и обработки информации, составляют радиолокационный узел; несколько таких узлов, обменивающихся информацией, образуют радиолокационную систему. Последняя содержит разнесенные по территории группы РЛС, устройства переработки информации и средства передачи данных. Радиолокационная система позволяет решать задачи, которые не под силу отдельным радиолокационным средствам.<sup>54</sup> При их проектировании также возникает целый ряд специфически системных проблем.

---

<sup>52</sup> «Уникальная отечественная многоканальная ЗРС С-25 предназначалась для обеспечения надежной противовоздушной обороны Москвы и Московского промышленного района от массированных налетов авиации противника. В системе, не имеющей мировых аналогов, еще на этапе разработки были заложены возможности ее модернизации. Опыт создания С-25, которая состояла на вооружении более 30 лет (с 1956 по 1989 гг.), позволил заложить уникальные научные заделы и создать передовые технические решения, сформировать устойчивые коллективы ученых и разработчиков, обеспечил предприятию высокий международный авторитет и системообразующую роль в оборонно-промышленном комплексе страны» ([http://www.raspletin.ru/about/history/history\\_s25.php](http://www.raspletin.ru/about/history/history_s25.php)).

<sup>53</sup> «3 февраля 1956 г. - вышло постановление ЦК КПСС и СМ СССР «О противоракетной обороне». КБ-1 поручена разработка проекта экспериментальной системы ПРО, Министерству обороны - выбор места дислокации полигона ПРО. Главным конструктором системы назначен Г.В. Кисунько, главным конструктором противоракеты - П.Д. Грушин, главным конструктором центральной вычислительной станции - С.А. Лебедев, главными конструкторами РЛС дальнего обнаружения - В.П. Сосульников и А.Л. Минц, главным конструктором системы передачи данных - Ф.П. Липсман. ... 30 декабря 1961 г. - принято постановление ЦК и Совмина о создании на базе СКБ-30 КБ-1 самостоятельной головной организации - Особого конструкторского бюро № 30 (ОКБ-30). Начальником ОКБ-30 назначен Г.В. Кисунько. ... 24 марта 1966 г. - на базе ОКБ-30 создано ОКБ «Вымпел» по тематике ПРО». (М.А. Первов. Системы ракетно-космической обороны России создавались так. Интернет издание книги. Издательский Дом «АвиаРус-XXI», 2003 - <http://www.aviarus-21.com/books/rko/rus>).

<sup>54</sup> «Дело в том, что проект противоракетной обороны опирался на богатые экспериментальные данные, полученные на полигоне ПВО (Балхаш). Они бесспорно подтверждали практическую возможность поражения боевых головок (БГ) баллистических ракет в простых условиях, когда БГ летит одна рядом с корпусом ракеты. Но уже в ближайшей перспективе боеголовка могла сопровождаться и маскироваться множеством похожих на нее ложных целей и радиопомех.

Кроме того, развитие радиолокационной науки и техники следует рассматривать как предпосылку современной компьютерной революции. Это связано в первую очередь с тем, что в радиолокационных системах, связанных с противоракетной обороной, уже не оставалось времени для принятия человеком решений и система должна была автоматически реагировать на постоянно изменяющуюся обстановку, а возможные сценарии развития событий должны быть смоделированы заранее и зафиксированы в памяти радиолокационных станций.

«Первые цифровые электронные машины предназначались, в первую очередь, для военных целей и разрабатывались для создания эффективной системы предупреждения о ракетном нападении, для систем ПРО и ПВО. Один из создателей первых специализированных ЭВМ С.А. Лебедев (главный конструктор вычислительных средств системы противоракетной обороны), выступая на закрытом заседании ученого совета института электротехники и теплоэнергетики АН УССР от 8 января 1951 г., заявил: «Единственным эффективным способом борьбы с дальними ракетами является посылка встречной ракеты. Для этого нужно определить возможную точку встречи. Применение счетно-решающей машины позволит быстро провести необходимые подсчеты траекторий полета ракет, что обеспечит точное попадание». В 1952-1955 гг. под руководством Лебедева были созданы специализированные ЭВМ для автоматического съема данных с радиолокатора и автоматического слежения за воздушными целями, а в дальнейшем целая серия ЭВМ, предназначенных для систем ПРО, генеральным конструктором которой был тогда *Г.В. Кисунько*, увидевший перспективность в соединении радиолокационной техники с зарождающейся электронно-вычислительной техникой. Эффективность этого решения была практически подтверждена на испытаниях по уничтожению самолета противоракетой на полигоне «Капустин Яр». Полигон был заложен в 1956 г. в районе озера Балхаш. «Всего через год на полигоне вошел в строй первый локатор, успешно фиксирующий все учебные пуски ракет в стране. А спустя еще два года начались стрельбы противоракет при полном составе системы А. Ее компонентами стали невиданные для тех лет радиолокаторы с мощнейшим энергетическим потенциалом, автоматизированная система управления на базе быстродействующей М-40, высокоскоростные и маневренные противоракеты со средствами точнейшего наведения, электроника с цифровым кодированием. Не все поначалу ладилось ... Но в конце концов наступил день, который участники работ запомнили на всю жизнь. - Цель уже в небе, ее ведут все локаторы, вскоре поступит команда на пуск противоракеты. Программист жмет кнопку запуска. Отметка цели на экране. Следом - пуск противоракеты. Спустя несколько минут табло высветило сигнал

---

Возникал вопрос: можно ли будет проектируемую систему ПРО "А-35" со временем путем модернизации "научить" распознавать истинные БГ? ... Проект первой в мире системы ПРО "А-35" получил одобрение. Началось ее строительство. В 1974 г. она была принята в эксплуатацию, а в 1978 г. модернизирована (система "А-35М"). Работа по ее совершенствованию продолжалась. ... Но в тени оставалась главная проблема ПРО - способы определения боеголовок ракет противника на фоне множества ложных целей в условиях организованных радиопомех. ... Батицкий первым из советских главкомов поставил вопрос об автоматизации управления радиолокационной информацией. Именно при нем территорию страны закрыло сплошное радиолокационное поле, после чего можно было создавать средства автоматизации для сбора и обработки радиолокационной информации и оснащать ими войска. ... Создавалась сеть защищенных командных пунктов управления» (В. Красковский. "Крестный отец" советской ПВО. Исполнилось 90 лет со дня рождения маршала Павла Батицкого, внесшего большой вклад в укрепление обороны СССР. Независимое военное обозрение от 30.06.2000 - [http://nvo.ng.ru/printed/history/2000-06-30/5\\_godfather.html](http://nvo.ng.ru/printed/history/2000-06-30/5_godfather.html)).

"Подрыв цели". На следующий день данные кинофоторегистрации подтвердили: головная часть баллистической ракеты развалилась на куски!»<sup>55</sup>

Сначала это были с современной точки зрения достаточно простые системы и устройства, но сама постановка такого рода задач заставляла разработчиков искать новые научные и технические решения, особенно для экстремальных условий защиты от ракетного нападения, в которых каждое неверно принятое решение, каждая ошибка могли стать роковыми не только для оператора радиолокационной станции, но и для всей страны.

«Кроме орбитальной группировки неотъемлемой частью системы является наземный комплекс. Он состоял из четырех постов приема информации и передачи команд ... и командного пункта ... Последний имел в своем составе: наземную станцию приема информации и передачи команд (центральный пост); вычислительный комплекс обработки информации, реализованный на базе ЭВМ М-10; вычислительный комплекс управления из пяти ЭВМ МСМ-У; комплекс обработки телеметрии; визуальный канал; комплекс средств управления связи и СПД; комплекс документирования и отображения информации (табло результатов обработки информации, табло состояния системы). Обработанная информация поступала на внешние абоненты ... «Мозги» системы составляли программно-алгоритмическое обеспечение (ПАО) управления и ПАО обработки информации. ... в соответствии с техническим заданием процесс обработки специнформации и выработки типовых сообщений должен был быть автоматическим и в него при эксплуатации системы никто не должен был вмешиваться».<sup>56</sup>

Чарльз Сноу в своей книге «Наука и правительство» специально подчеркивает: «В особенности в сфере военных технологий уровень развития США и СССР был в значительной степени одинаковым и инвестиции в науку и денежные расходы были также одинаковыми ... Таким образом я уверен, что мы находимся в одной лодке и что все страны могут многому научиться из накопленного у других стран опыта».<sup>57</sup> К этому хотелось бы добавить, что россиянам следовало бы также научиться учиться и у самих себя.

---

<sup>55</sup> Б.Н.Малиновский. История вычислительной техники в лицах - <http://www.lib.ru/MEMUARY/MALINOWSKIJ/0.txt>

<sup>56</sup> (Система предупреждения о ракетном нападении - [www.vko.ru](http://www.vko.ru); [http://old.vko.ru/print.asp?pr\\_sign=archive.2005.25.13\\_13](http://old.vko.ru/print.asp?pr_sign=archive.2005.25.13_13)).

<sup>57</sup> С.Р. Snow. Science and Government. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 1961, p. 70, 55