УДК 623.4.082:623.462 DOI: 10.18698/2308-6033-2021-12-2137

О зенитной ракетной системе С-25. Часть 1

© А.О. Метельский, В.А. Марков, В.И. Пусев

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Представлены и проанализированы результаты исследования разработки и развития зенитных ракетных комплексов на примере первой отечественной зенитной ракетной системы С-25. Наряду с описанием возможностей зенитно-ракетной системы как реализации требований технического задания в условиях развития боевой авиационной техники и средств радиоэлектронной борьбы особое внимание уделено рассмотрению кооперации предприятий — разработчиков управляемого ракетного оружия, которая слабо освещена в отечественной научно-технической и учебной литературе, несмотря на ее важность в процессе организации разработки ракетных систем. Впервые приведены подробные данные о содержании и сроках проведения этапов модернизации системы С-25, а также представлен графический материал, наглядно демонстрирующий изменение боевых возможностей системы С-25 на фоне интенсивного улучшения характеристик боевой авиационной техники.

Ключевые слова: *кооперация предприятий, зенитная ракетная система, огневой комплекс, радиолокационные станции обнаружения, центральные радиолокаторы наведения, зенитные управляемые ракеты, модернизация зенитной ракетной системы, стрельбовые каналы, радиокомандное управление, зона поражения*

Введение. Цель представленной работы — установить на примере зенитной ракетной системы (ЗРС) С-25 основные особенности разработки и дальнейшей модернизации управляемого зенитного ракетного оружия (ЗРО). Поскольку ЗРС С-25 являлся принципиально новым видом оружия, потребовались специальные формы организации ее разработки. В связи с тем, что речь шла о комплексной работе, требующей взаимодействия предприятий различных отраслей промышленности, на уровне Правительства СССР была организована кооперация предприятий задействованных в создании системы С-25. Тема кооперации предприятий, участвующих в создании управляемого ракетного оружия, не была освещена в отечественной научно-технической и учебной литературе [1-3], несмотря на ее важность для понимания основ организации проектирования ракетных систем [4]. Особенности функционирования и возможности ЗРС С-25 связаны с кардинальными изменениями в авиастроении, что дает возможность установить основные причины проведения этапов модернизации ЗРС С-25 и показать значение кооперации предприятий при их проведении. Иллюстрация совершенствования технических возможностей ЗРС С-25 на фоне изменяющейся номенклатуры и характеристик поражаемых воздушных целей способна помочь прояснить необходимость проведения модернизационных мероприятий для системы.

Организация работ по созданию ЗРС С-25. Разработка первой в СССР ЗРС, первоначально получившей название «Беркут», была начата на основании постановления ЦК КПСС и Совета Министров СССР (СМ СССР) № 3389-1426 от 9 августа 1950 г. На основании этого же постановления при СМ СССР было создано 3-е Главное управление (ТГУ) для организации работы всех министерств и ведомств, привлекавшихся для решения этой важной оборонной задачи (по аналогии с 1-м Главным управлением (ПГУ) для реализации «атомного проекта»). Начальником ТГУ был назначен В.М. Рябиков (1907–1974), его заместителем — С.И. Ветошкин (1905–1991), председателем Научно-технического совета — академик А.Н. Щукин (1900–1990), а главным инженером — В.Д. Калмыков (1908-1974). Головной опытно-конструкторской организацией ТГУ при СМ СССР стало созданное 12 августа 1950 г. приказом Министерства вооружения СССР № 427 (на базе Специального бюро СБ-1 Народного комиссариата внутренних дел СССР) Конструкторское бюро № 1 (КБ-1, в настоящее время — ПАО «НПО «Алмаз» имени академика А.А. Расплетина»). Руководителем КБ-1 был назначен заместитель Министра вооружения К.М. Герасимов (1910–1982), а с апреля 1951 г. эту должность занял А.С. Елян (1903–1965). Тем же приказом № 427 были назначены и Главные конструкторы (ГК) ЗРС: П.Н. Куксенко (1896–1980) и С.Л. Берия (1924–2000), от фамилий которых, по-видимому, и произошло первоначальное название ЗРС — «Беркут». Заместителем ГК был назначен А.А. Расплетин (1908–1967), который с 1953 г. стал ГК ЗРС вместо П.Н. Куксенко и С.Л. Берии. В мае 1955 г., после заседания Совета Обороны Союза СССР, вышло постановление СМ СССР о принятии на вооружение ЗРС, получившей с 1953 г. обозначение С-25 [5-12].

Состав зенитно-ракетной системы С-25. ЗРС С-25, которой в США было присвоено обозначение SA-1 (от англ. Surface-Air 1 — «поверхность — воздух 1»), а в НАТО — Guild (от англ. Guild — Гильдия), представляла собой стратегическую систему противовоздушной обороны (ПВО). Система С-25 включала в себя три основных компонента [7, 8, 13]:

1) радиолокационные станции (РЛС) обнаружения А-100 (РЛС «Кама»);

2) центральные радиолокаторы наведения (ЦРН) Б-200 (“Yo-Yo” по кодификации НАТО [11]);

3) стационарные пусковые площадки с зенитными управляемыми ракетами (ЗУР) семейства В-300.

Вместе ЦРН Б-200 и ЗУР образовывали звенья (огневые комплексы), из которых формировались два кольца зенитного прикрытия Москвы. Звено представляло собой стационарную позицию, которая вместе с личным составом и средствами обслуживания организационно объединялась в зенитно-ракетный полк (ЗРП). Были созданы

два кольца ракетного прикрытия: ближнее, на удалении около 50 км от центра столицы, и дальнее, на удалении около 90 км (рис. 1) [7, 8, 12–15]. Внутреннее кольцо включало в себя 22 ЗРП, а внешнее — 34 ЗРП. При этом западный и северный сектора колец должны были иметь на внутреннем — 6, а на внешнем — 9 ЗРП, а южный и восточный — 5 и 8 ЗРП соответственно [8]. Всего вокруг Москвы было сформировано 56 ЗРП, составлявших четыре корпуса особого назначения (КОН) ПВО: 1-й — южный, 6-й — восточный, 10-й — северный и 17-й КОН — западный. Четыре названных корпуса ПВО объединялись в 1-ю Краснознаменную армию ПВО особого назначения [6, 10, 11]. По штату каждый ЗРП имел в своем распоряжении по три ЗУР с ядерной (специальной) боевой частью (СБЧ) на случай массированных налетов авиации противника [12].

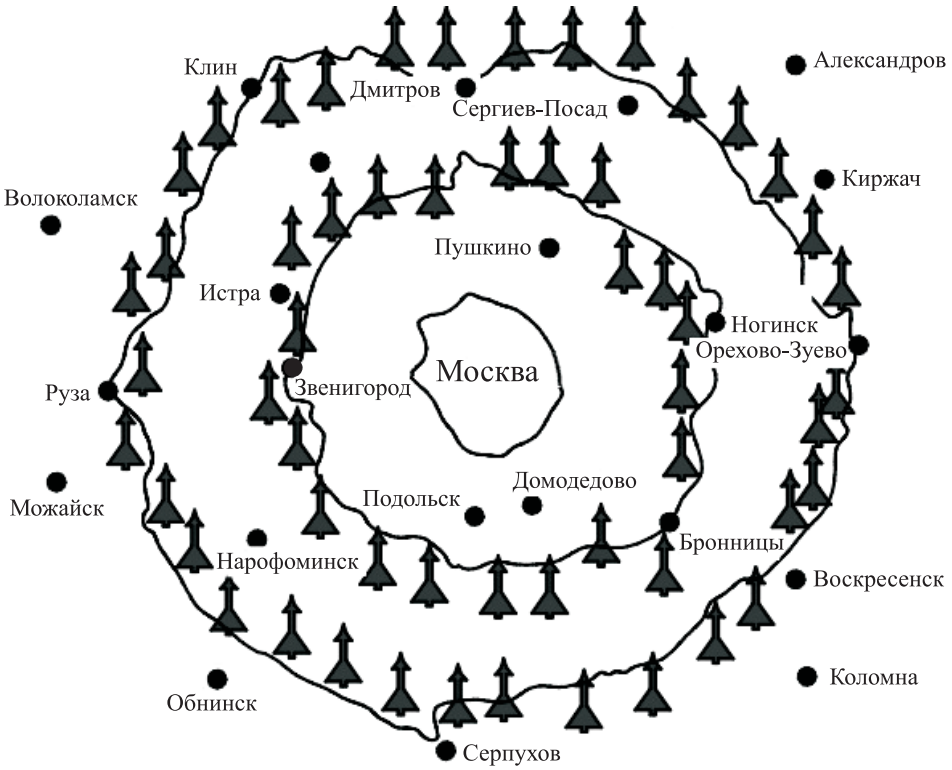

Рис. 1. Схема размещения ЗРП 1-й армии ПВО особого назначения

Восемь 10-сантиметровых РЛС кругового обзора А-100 (ГК Л.В. Леонов (1910–1964)) были расположены на ближнем (станции А-100Б: 25…30 км от Москвы) и дальнем рубеже (станции А-100Д: 200…300 км от Москвы) для обнаружения подлетающих воздушных целей. Они были совмещены с системой управления огневыми комплексами в составе ЗРП и истребительной авиацией ПВО. Позднее они получили наименование разведывательных узлов дальних

(РУД) и разведывательных узлов ближних (РУБ) соответственно. На РУД создавались командные пункты КОН. Они передавали информацию на РУБ, которые транслировали ее в ЗРП [8, 16].

Задачи по обнаружению воздушных целей и наведению на них ЗУР в границах своих секторов возлагались на 10-сантиметровый ЦРН Б-200, который являлся РЛС секторного обзора. Каждая станция, имеющая 20 стрельбовых каналов, обеспечивала одновременное наблюдение за 20 целями и наведение на них до 20 ЗУР [8]. Это обеспечивалось путем линейного сканирования сектора двумя «лопатообразными» лучами: одним — от антенны А-12 в наклонной плоскости (по азимуту), другим — от антенны А-11 в вертикальной плоскости (по углу места). Каждый радиолокатор, выполняющий «биплоскостное» сканирование, должен был обеспечить в примерно 60-градусном азимутальном секторе (рис. 2) [7, 17] наблюдение за всеми находящимися в нем целями, а также одновременно с этим выработку и передачу на ЗУР команд для их точного наведения в точки встречи с целями [7, 13].

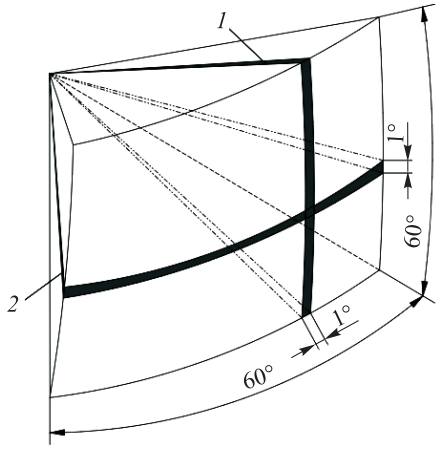

Рис. 2. Схема сканирования сектора ответственности ЦРН Б-200:
1 — азимутальным лучом; *2* — угломестным лучом

Перед каждой РЛС Б-200 на удалении от 1,2 до 4 км располагались 60 стартовых столов для ЗУР В-300 (по три ЗУР на канал обстрела). Пусковые установки ЗУР размещались на расстоянии 300 м друг от друга [8, 17]. Пусковые установки располагались следующим образом: от центральной, проложенной в направлении стрельбы дороги в каждую сторону отходило по десять перпендикулярных дорог, вдоль которых находились по три пусковые установки. Снаружи оконечности перпендикулярных ответвлений соединялись объездной дорогой [13]. Общий вид огневого комплекса ЗРС С-25 представлен на рис. 3 [18].

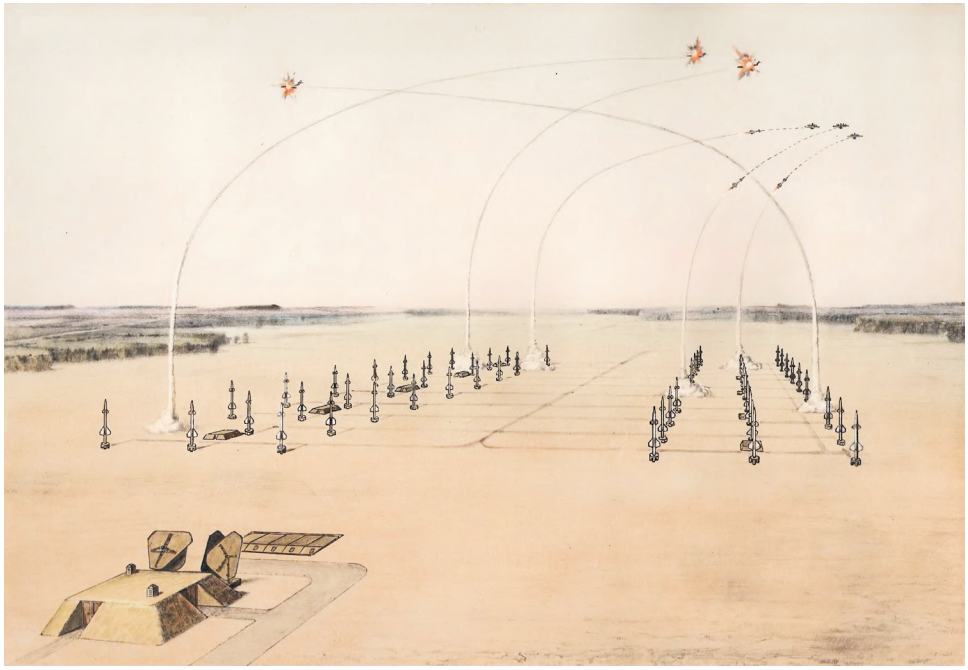

Рис. 3. Огневой комплекс ЗРС С-25М на позиции

Пусковые позиции ЗРС располагались таким образом, чтобы зоны поражения соседних огневых комплексов перекрывались между собой. Это исключало бы возможность прорыва самолетов на стыке позиций ЗРП. Таким образом, вокруг Москвы формировались сплошные кольца поражения воздушных целей [18].

Для управления всей системой, способной вести одновременный обстрел от 1 до 1120 целей, подлетающих к Москве, предусматривалось создание центрального, запасного и четырех секторных (корпусных) командных пунктов. Были построены восемь технических баз для хранения и технического обслуживания боекомплектов 3360 ЗУР, 500 км бетонных дорог и 60 жилых поселков [8].

Этапы модернизации и боевые возможности ЗРС С-25. Необходимость в модернизации ЗРС появилась почти сразу после того, как она была принята на вооружение в 1955 г., в связи с переходом ведущих стран от поршневой к реактивной авиации, а также развитием средств радиоэлектронной борьбы (РЭБ). Всего было проведено четыре этапа модернизации [8, 10, 11, 19].

***Первый этап модернизации*,** который проходил непосредственно под руководством ГК А.А. Расплетина в 1955–1957 гг., был направлен на обеспечение надежной работы ЦРН при постановке пассивных помех [8]. Кроме того, на этом этапе предусматривались увеличение дальности и высотности действия РЛС А-100, улучшение средств передачи данных о воздушной обстановке, сокращение

времени приведения системы в боевую готовность, повышение эксплуатационной надежности средств ЗРС С-25, а также увеличение сроков хранения ЗУР на складах и на огневых позициях в заправленном состоянии. Также на РЛС А-100 была введена система распознавания самолетов. Модернизированные на этом этапе ЦРН получили наименование Б-200М, а ЗРС — С-25М. Кроме того, на данном этапе были приняты на вооружение первая отечественная ЗУР с СБЧ, получившая заводской индекс 215, и, видимо, ЗУР 207А3 с боевой частью обычного снаряжения (ОБЧ). Также в ЗРС С-25М продолжалось использование ЗУР 205 и 207А [10, 11, 13].

Второй этап модернизации, также проводившийся в 1958–1964 гг. под руководством ГК А.А. Расплетина, должен был обеспечивать поражение малоразмерных целей типа сверхзвукового истребителя МиГ-19 и снижать нижнюю границу зоны поражения ЗРС С-25 с 3 до 1,5 км [8], а кроме того, обеспечивать поражение высотных сверхзвуковых бомбардировщиков противника и крылатых ракет, летящих со скоростью 2000 км/ч (постановление ЦК КПСС и СМ СССР от 4 июня 1958 г.). На этом же этапе была проведена и модернизация аппаратуры распознавания самолетов «Кремний-2», а также были приняты на вооружение ЗУР 217М с ОБЧ и ЗУР 218 с СБЧ. В результате ЗРС получила наименование С-25МР, а ЦРН — Б-200МР соответственно [10, 20, 21]. Однако к 1967 г. ЗРС, очевидно, было возвращено обозначение С-25М [11, 19, 22]. В составе модернизированной ЗРС продолжалось использование ЗУР 207А и 207А3 с ОБЧ, а также 215 с СБЧ. Зенитные управляемые ракеты с заводским индексом 205 уже не применялись [10]. Особенно следует отметить, что на втором этапе модернизации срок хранения ЗУР был увеличен с 2,5 до 10 лет в результате улучшения технологии производства и усовершенствования конструкции [20].

Третий этап модернизации проходил в ОКБ-304 (в настоящее время — ОАО «НПО “Московский радиотехнический завод”») под общим руководством КБ-1 в 1965–1968 гг. Разработку и модернизацию ракет вместо ОКБ-301 проводило уже КБ-82 (МКБ «Буревестник») с ГК А.В. Потопаловым (1915–1986) [8, 10, 11]. Третий этап модернизации предусматривал [10]:

повышение верхней границы зоны поражения с 25 до 30 км;

снижение нижней границы зоны поражения;

увеличение дальней границы зоны поражения от 40 до 43,4 км на максимальной высоте;

расширение границы зоны поражения по азимуту с 52 до 55°;

расширение диапазона максимальных скоростей поражаемых целей с 2000 до 3700 км/ч (относительно ЗУР).

На данном этапе была принята на вооружение ЗУР 5Я25 с наведением по методу с переменным коэффициентом упреждения [10]. Система, модернизированная на третьем этапе, получила наименование ЗРС С-25МА [11, 19].

Можно предположить, что на решение о проведении дальнейших этапов модернизации ЗРС С-25 повлияло выступление на Пленуме ЦК КПСС 20 июня 1967 г. первого секретаря Московского горкома КПСС Н.Г. Егорычева (1920–2005), который, являясь также членом Военного совета ПВО Москвы, заявил, что «…противовоздушная оборона столицы недостаточно надежна» [23]. Н.Г. Егорычев — участник Великой Отечественной войны, выпускник 1950 г. (с отличием) танкового факультета МВТУ им. Н.Э. Баумана (в настоящее время — кафедра «Многоцелевые гусеничные машины и мобильные роботы» МГТУ им. Н.Э. Баумана), секретарь партийного комитета МВТУ им. Н.Э. Баумана (1950–1954), затем ставший видным советским партийным и государственным деятелем: членом Бюро ЦК КПСС по РСФСР (1962–1966), первым секретарем Московского горкома КПСС (1962–1967), был послом СССР в Дании (1970–1984) и Афганистане (1988) [23].

Четвертый этап модернизации проходил в две очереди. *Первая очередь* проводилась в 1968–1970 гг. силами ОКБ-304 и военных специалистов 1-й армии ПВО особого назначения под общим руководством КБ-1 [8]. Содержанием этой очереди стало снижение нижней границы зоны поражения (до 800 м) и обеспечение борьбы со скоростными целями, имеющими малую эффективную отражающую площадь (до 0,3 м^2). В рамках названных мероприятий была разработана и принята на вооружение ЗУР 5Я25М [10, 11]. Система, модернизированная в первую очередь четвертого этапа, получила обозначение ЗРС С-25МАМ [11, 19].

Вторая очередь проводили в 1970–1980 гг. военные специалисты 1-й армии ПВО особого назначения. ЗУР этого варианта ЗРС С-25 5Я24 с ОБЧ и 44Н6 с СБЧ были разработаны НПО «Молния» (в настоящее время — АО «НПО “Молния”») под руководством ГК А.В. Потопалова [8]. Основными задачами очереди стали снижение нижней границы зоны поражения до 500 м, а также повышение помехозащищенности ЗРС С-25, повышение ее скрытности и противодействие противорадиолокационным ракетам [10]. Система, модернизированная во вторую очередь четвертого этапа, первоначально получила обозначение ЗРС С-25МР [11, 19], а затем, очевидно, — ЗРС С-25М1 [19, 24-27].

Характеристики ЗРС С-25 после соответствующих этапов модернизации представлены в таблице [28].

Основные характеристики огневого комплекса ЗРС С-25 при принятии на вооружение и после четырех этапов модернизации

<table>
<tr><th>Основные характеристики</th><th>При принятии на вооружение в 1955 г.</th><th>Первый этап (с 1957 г.)</th><th>Второй этап (с 1962 г.)</th><th>Третий этап (с 1969 г.)</th><th>Четвертый этап (с 1977–по 1979 г.)</th></tr>
<tr><td>Поражаемые цели</td><td>Ту-4</td><td>Ил-28, Ту-4</td><td>МиГ-17, Ту-16</td><td>МиГ-17, Ту-16</td><td>МиГ-17, Ту-16</td></tr>
<tr><td>Скорость целей, км/ч (относительно ЗУР)</td><td>1200</td><td>1500</td><td>2000</td><td>3700</td><td>4300</td></tr>
<tr><td>Диапазон высот, км</td><td colspan="2">5–20</td><td>3–25</td><td>1,5–35</td><td>0,5–35</td></tr>
<tr><td>Максимальная дальность, км</td><td colspan="2">35</td><td>40</td><td>43,4</td><td>58</td></tr>
<tr><td>Маневр цели (перегрузка)</td><td colspan="2">0,5–1</td><td>1–2</td><td colspan="2">Горизонтальный — до 6, вертикальный — до 4</td></tr>
<tr><td>Количество одновременно поражаемых целей</td><td colspan="5">До 20</td></tr>
<tr><td>Тип боевой части</td><td>ОБЧ</td><td colspan="4">СБЧ и ОБЧ</td></tr>
<tr><td>Помехозащищенность</td><td>Нет</td><td>При наличии пассивных и активных помех</td><td>При наличии пассивных, активных и уводящих по дальности помех</td><td colspan="2">При наличии пассивных, активных и уводящих по дальности и углу помех</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Метод наведения</td><td colspan="5">Командный</td></tr>
<tr><td colspan="3" rowspan="2">С постоянным упреждением</td><td colspan="2">С упреждением, зависящим от угловой скорости цели</td></tr>
<tr><td>–</td><td>Комбинированный метод</td></tr>
</table>

В таблице приняты обозначения: Ту-4 — четырехмоторный поршневой стратегический бомбардировщик (аналог американского B-29 Superfortress); Ил-28 — двухмоторный реактивный фронтовой бомбардировщик; Ту-16 — двухмоторный реактивный дальний бомбардировщик; МиГ-17 — одномоторный реактивный истребитель.

В зенитной ракетной системе С-25 был реализован командный способ управления «С» и метод наведения «трехточка». Вероятность поражения цели типа Ту-4 составляла 0,5–0,95 [28].

Вертикальное сечение зоны поражения огневого комплекса ЗРС С-25 и поражаемые им цели на момент принятия на вооружение, а также после проведения этапов модернизации показаны на рис. 4 [20]. Горизонтальное сечение зоны поражения после второго этапа модернизации представлено на рис. 5 [20].

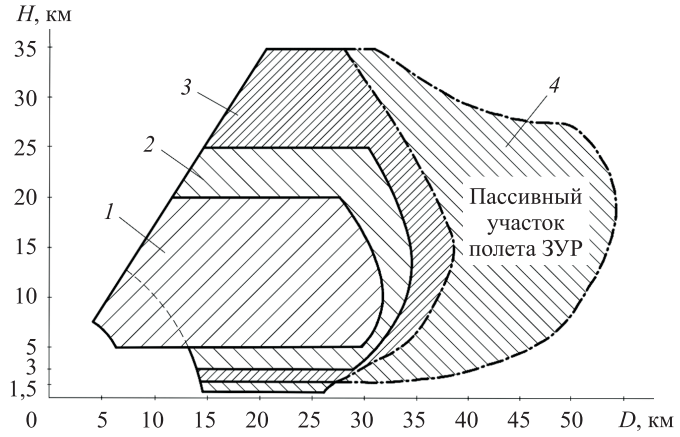

Рис. 4. Вертикальное сечение зоны поражения огневого комплекса ЗРС С-25 и поражаемые им цели на момент принятия на вооружение и после проведения этапов модернизации:

1 — 1955 г., Ту-4, *V* = 1200 км/ч; *2* — 1962 г., МиГ-17, Ту-16, *V* = 2000 км/ч; *3* — 1969 г., МиГ-17, Ту-16, *V* = 2000 км/ч; *4* — 1977–1979 гг., МиГ-17, Ту-16, *V* = 4300 км/ч

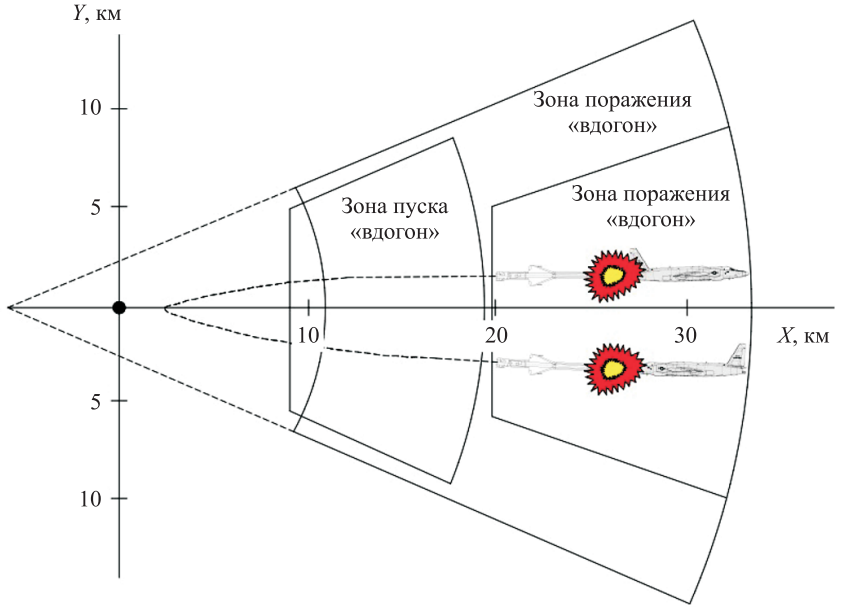

Рис. 5. Горизонтальное сечение зоны поражения огневого комплекса ЗРС С-25

Боевые возможности ЗРС С-25 «Беркут» позволяли ей вести одновременный обстрел 1120 целей, а армейский залп составлял 3360 ЗУР [11]. При этом время перевода огневого комплекса ЗРС С-25 в готовность № 1 составляло 20 мин [20].

Заключение. Пример разработки ЗРС С-25 наглядно демонстрирует общий подход к созданию систем ЗРО. Разработку данных систем ведет основная кооперация предприятий радиотехнической и ракетной отрасли. Анализ развития системы С-25 позволил установить, что головной организацией при разработке ЗРО является радиотехническое предприятие (КБ-1), занимающееся разработкой РЛС обнаружения и наведения, а не ракетное (КБ им. С.А. Лавочкина, КБ «Буревестник»», КБ «Молния»). Было также установлено, что проведение модернизации ЗРС С-25 сразу после принятия на вооружение, несмотря на достаточно высокие характеристики поражения, вызвано переходом ведущих стран на реактивную авиацию и развитием средств РЭБ. Таким образом, формулировка требований к проведению этапов модернизации ЗРС обусловлена развитием авиационной техники: появлением реактивной и сверхзвуковой авиации, переходом к тактике действий на малых высотах, увеличением типов боевых самолетов. Этапы модернизации проводятся под общим руководством головного радиотехнического предприятия. При этом помимо основных участников кооперации могут быть привлечены военные специалисты частей и соединений ПВО, эксплуатирующих данную систему ЗРО. Исследование представленной задачи позволило выявить формы организации разработки и модернизации ЗРО, которые актуальны и в настоящее время.

Авторы выражают благодарность выпускнику кафедры «Высокоточные летательные аппараты» МГТУ им. Н.Э. Баумана А.А. Медельцеву, который принимал участие в сборе и анализе материалов и информации о ЗРС С-25.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Щеверов Д.Н. *Проектирование беспилотных летательных аппаратов*. Москва, Машиностроение, 1978, 264 с.

[2] Голубев И.С., Светлов В.Г., ред. *Проектирование зенитных управляемых ракет*. Изд. 2-е, перераб. и доп. Москва, Изд-во МАИ, 2001, 732 с.

[3] Кашин В.М., Лифиц А.Л., Ефремов М.И. *Основы проектирования переносных зенитных ракетных комплексов*. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014, 227 с.

[4] Леманский А.А., ред. *60 лет НПО «Алмаз». Победы и перспективы*. Москва, Изд. фирма «Унисерв», 2007, 559 с.

[5] Симонов Н.С. *Военно-промышленный комплекс СССР в 1920–1950-е годы: темпы экономического роста, структура, организация производства и управление*. Москва, «Российская политическая энциклопедия» (РОССПЭН), 1996, 336 с.

URL: http://publ.lib.ru/ARCHIVES/S/SIMONOV_Nikolay_Sergeevich/_Simonov_N.S..html (дата обращения 10.04.2019).

[6] Неупокоев Ф.К., ред. *Зенитная артиллерия и зенитные ракетные войска противовоздушной обороны. Часть вторая. Зенитные ракетные войска противовоздушной обороны*. Москва, Воениздат, 1994, 224 с.

[7] Касумова С., Проказов П., сост. *Грани «Алмаза». История в событиях и лицах 1947–2002*. Москва, «Алмаз», 2002, 192 с.

[8] Семенов С.М., Синица В.И., Левицкая Л.В. и др. *Расплетин. 100-летию со дня рождения посвящается*. Москва, Международный объединенный биографический центр, 2008, 527 с.

[9] Ангельский Р. Ракетные леса Подмосковья. *Техника и вооружение вчера, сегодня, завтра*, 2002, № 1, с. 10-14.

[10] Серов Г.П. *В-300 — наша первая зенитная ракета*. URL: https://aviator.guru/blog/43701467987/V-300-%E2%80%93-nasha-pervaya-zenitnaya-raketa (дата обращения 17.12.2018).

[11] Ангельский Р. Ракетные леса Подмосковья. *Техника и вооружение вчера, сегодня, завтра*, 2002, № 4, с. 13-18.

[12] Василин Н.Я., Гуринович А.Л. *Зенитные ракетные комплексы: справочник*. Минск, Изд-во «Попурри», 2002, 463 с.

[13] Ангельский Р. Ракетные леса Подмосковья. *Техника и вооружение вчера, сегодня, завтра*, 2002, № 3, с. 9-14.

[14] Ганин С.М. Первая отечественная зенитная ракетная система ПВО Москвы — С-25 «Беркут». *Невский бастион. Военно-технический сборник*, 1997, № 2, с. 25-32.

[15] *ЗРК С-25 «Беркут». Дальность и высота поражения. Ракеты*. URL: http://oruzhie.info/vojska-pvo/606-s-25-berkut (дата обращения 10.12.2018).

[16] *Система 25 противовоздушной обороны г. Москвы* (альбом). URL: http://historykpvo.narod2.ru (дата обращения 15.12.2018).

[17] Альпедович К.С. *Годы работы над системой ПВО Москвы — 1950-1955. Записки инженера*. Москва, Изд-во «Арт-Бизнес-Центр», 2003. 151 с.

[18] *Зенитный стационарный комплекс С-25* (альбом с характеристиками). URL: http://historykpvo.narod2.ru (дата обращения 10.12.2018).

[19] Многоканальные стационарные зенитные ракетные комплексы ПВО. *Военный паритет*. URL: http://www.militaryparitet.com/nomen/russia/rocket/rocketcomplex/data/ic_nomenrussiarocketrocketcomplex/4/ (дата обращения 10.04.2019).

[20] *Результаты основных работ по расширению боевых возможностей систем ЗУР и АСУРК-1, проведенные в в/ч 29139* (фотоматериалы, 1964 год). URL: http://historykpvo.narod2.ru (дата обращения 10.12.2018).

[21] *Альбом фотографий средств системы 25, модернизированной по 2-му этапу. 1961 г.* URL: http://historykpvo.narod2.ru (дата обращения 15.12.2018).

[22] *Альбом иллюстраций изделия 5Я25* (Акт по совместным испытаниям ракеты 5Я25 в составе огневого комплекса С-25М. Альбом иллюстраций. 1967 г.). URL: http://historykpvo.narod2.ru (дата обращения 15.12.2018).

[23] Егорычев Н.Г. *Солдат. Политик. Дипломат. Воспоминания об очень разном*. Москва, ООО «Центрполиграф», 2017, 430 с.

[24] *Приказ Министра обороны Российской Федерации от 27.05.2000 г., № 270 «О снятии с вооружения (эксплуатации, со снабжения) образцов вооружения, военной техники и военно-технического имущества и признании не действующими в Вооруженных Силах Российской Федерации приказов*

и директив о принятии их на вооружение (снабжение, в эксплуатацию), а также снятии грифа секретности с них».
URL: http://voenprav.ru/doc-1085-38.htm (дата обращения 03.04.2019).

[25] *Акт государственных испытаний ракеты 44Н6 (5Я24С) в составе огневого комплекса системы С-25М1. Книга I: Основные результаты испытаний ракеты 44Н6 в огневом комплексе С-25М1 (в/ч 29139).* 1981. URL: http://historykpvo.narod2.ru (дата обращения 19.12.2018).

[26] *Акт предварительных (заводских) испытаний ракеты 44Н6 (5Я24С) в составе огневого комплекса системы С-25М1. Часть I: Основные результаты испытаний ракеты 44Н6 в огневом комплексе С-25М1. Книга I (в/ч 29139)*. 1981. URL: http://historykpvo.narod2.ru (дата обращения 19.12.2018).

[27] *Акт государственных испытаний ракеты 44Н6 (5Я24С) в составе огневого комплекса системы С-25М1. Книга 5: Иллюстрации по ракете 44Н6 (в/ч 29139), 1981*. URL: http://historykpvo.narod2.ru (дата обращения 20.12.2018).

[28] *Разработки ЦКБ «Алмаз» 1947–1977 гг.*
URL: https://armyman.info/books/id-13453.html (дата обращения 10.12.2018).

Статья поступила в редакцию 28.07.2021

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:
Метельский А.О., Марков В.А., Пусев В.И. О зенитной ракетной системе С-25. Часть 1. *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2021, вып. 12.
http://dx.doi.org/10.18698/2308-6033-2021-12-2137

Метельский Александр Олегович — аспирант кафедры «Высокоточные летательные аппараты» МГТУ им. Н.Э. Баумана. Автор 2 работ в области боевых частей зенитного управляемого ракетного оружия. Область интересов: конструкция и действие средств поражения и боеприпасов, физика взрыва и удара.
e-mail: metelskiy@bmstu.ru

Марков Владимир Александрович — заведующий лабораторией кафедры «Высокоточные летательные аппараты» МГТУ им. Н.Э. Баумана. Автор более 300 научных работ в области физики взрыва и удара. e-mail: markovva@bmstu.ru

Пусев Владимир Иванович — канд. техн. наук, доцент кафедры «Высокоточные летательные аппараты» МГТУ им. Н.Э. Баумана. Автор более 300 научных работ в области физики взрыва и удара. e-mail: pusevvi@bmstu.ru

On the S-25 anti-aircraft missile system. Part 1

© A.O. Metelsky, V.A. Markov, V.I. Pusev

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 105005, Russia

The paper introduces and analyzes the results of research into the development of anti-aircraft missile systems through the example of the first Russian anti-aircraft missile system S-25. The study describes the capabilities of the anti-aircraft missile system as the implementation of the requirements specifications in the context of the development of military aviation technology and electronic warfare means and emphasizes the importance of cooperation between enterprises — developers of guided missile weapons. Although the latter issue is poorly covered in the Russian scientific, technical, and educational literature, it is an important problem in organizing the development of missile systems. The paper is the first to provide detailed data on the content and timing of the stages of modernization of the S-25 system, and also presents graphic material that clearly demonstrates the change in the capabilities of the S-25 system due to an intensive change in the characteristics of military aircraft.

Keywords: *cooperation between enterprises, anti-aircraft missile system, firing complex, radar detection, central guidance radars, anti-aircraft guided missiles, modernization of the anti-aircraft missile system, shooting channels, radio control, affected area*

REFERENCES

[1] Scheverov D.N. *Proektirovanie bespilotnyh letatelnyh apparatov* [Design of unmanned aerial vehicles]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1978, 264 p.

[2] Golubev I.S. Svetlov V.G., ed. *Proektirovanie zenitnykh upravlyaemykh raket* [Development of guided anti-aircraft]. Moscow, MAI Publ., 2001, 732 p.

[3] Kashin V.M., Lifitz A.L., Efremov M.I. *Osnovy proektirovaniya perenosnykh zenitnykh raketnyh kompleksov* [Fundamentals of the design of anti-aircraft missile systems] Moscow, BMSTU Publ., 2014, 227 p.

[4] Lemansky A.A., ed. *60 let NPO "Almaz". Pobedy i perspectivy* [60 years of scientific and industrial association "Almaz". Victories and prospects]. Moscow, Uniserv Publ., 2007, 559 p.

[5] Simonov N.S. *Voenno-promishlenny compleks SSSR v 1920–1950-e gody: tempy ekonomicheskogo rosta, struktura, organizatsiya proizvodstva i upravlenie* [The USSR military industrial complex in the 1920–1950s: economic growth rates, structure, production organization and management]. Moscow, Rossiyskaya politicheskaya entsiklopediya (ROSSPEN) Publ., 1996, 336 p. Available at: http://publ.lib.ru/ARCHIVES/S/SIMONOV_Nikolay_Sergeevich/_Simonov_N.S.html (accessed April 10, 2019).

[6] Neupokoev F.K., ed. *Zenitnaya artilleriya i zenitnie raketnye voyska protivovozdushnoy oborony. Chast vtoraya. Zenitnye raketnye voyska protivovozdushnoy oborony* [Anti-aircraft artillery and anti-aircraft missile air defense forces. Part two. Anti-aircraft missile defense forces]. Moscow, Voenizdat Publ., 1994, 224 p.

[7] Kasumova S., Prokazov P. *Grani "Almaza". Istoriya v sobytiyah i litsakh 1947–2002* [Facets of "Almaz". History in events and faces of 1947–2002]. Moscow, Almaz Publ., 2002, 192 p.

[8] Semenov S.M., Sinitsa V.I., Levitskaya L.V., et al. *Raspletin. 100-letiyu so dnya rozdeniya posvyaschaetsya* [Raspletin. Dedicated to the 100th anniversary of the birth]. Moscow, Mezhdunarodny ob"edinenny biograficheskiy tsentr Publ., 2008, 527 p.

[9] Angelskiy R. *Tekhnika i vooruzhenie vchera, segodnya, zavtra* (*Engineering and weapons yesterday, today, tomorrow*), 2002, no. 1, vol. 1, pp. 10–14.

[10] Serov G.P. *V-300 — nasha pervaya zenitnaya raketa* [V-300 is our first anti-aircraft missile]. Available at: https://aviator.guru/blog/43701467987/V-300-%E2%80%93-nasha-pervaya-zenitnaya-raketa (accessed December 17, 2018).

[11] Angelskiy R. *Tekhnika i vooruzhenie vchera, segodnya, zavtra* (*Engineering and weapons yesterday, today, tomorrow*), 2002, no. 4, vol. 2, pp. 13–18.

[12] Vasilin N.Y., Gurinovich A.L. *Zenitnye raketnye kompleksy: spravochnik* [Anti-aircraft missile systems: directory]. Minsk, Poppuri Publ., 2002, 463 p.

[13] Angelskiy R. *Tekhnika i vooruzhenie vchera, segodnya, zavtra* (*Engineering and weapons yesterday, today, tomorrow*), 2002, no. 3, vol. 3, pp. 9–14.

[14] Ganin S.M. *Nevskiy bastion. Voenno-tehnicheskiy sbornik* (*Nevsky "Bastion"*), 1997, no. 2, pp. 25–32.

[15] *ZRK S-25 "Berkut". Dalnost i vysota porazeniya. Rakety* [Anti-aircraft missile system S-25 "Golden eagle". Range and height of defeat. Missile]. Available at: http://oruzhie.info/vojska-pvo/606-s-25-berkut (accessed December 10, 2018).

[16] *Sistema 25 protivovozdushnoy oborony g. Moskvy* (*albom*) [System 25 of Moscow air defense (album)]. Available at: http://historykpvo.narod2.ru (accessed December 10, 2018).

[17] Alpedovich K.S. *Gody raboty nad sistemoy PVO Moskvy 1950–1955. Zapiski inzhenera* [Years of work on the air defense system of Moscow in 1950–1955. Engineer's notes]. Moscow, Art-Bisnes-Tsentr Publ., 2003, 151 p.

[18] *Zenitny statsionarny kompleks S-25* (*albom s harakteristikami*) [Anti-aircraft stationary complex S-25 (album with characteristics)]. Available at: http://historykpvo.narod2.ru (accessed December 10, 2018).

[19] Mnogokanalnye statsionarnye zenitnye raketnye kompleksy PVO. *Voenny paritet* [Multichannel stationary anti-aircraft missile defense systems. Military parity]. Available at: http://www.militaryparitet.com/nomen/russia/rocket/rocketcomplex/data/ic_nomenrussiarocketrocketcomplex/4/ (accessed April 10, 2019).

[20] *Rezultaty osnovnyh rabot po rashireniyu boevykh vozmoznostey system ZUR I ASURK-1, provedennye v v.ch. 29139* (*fotomaterialy 1964 god*) [The results of the main work on the expansion of the combat capabilities of the ZUR and ASURK-1 systems, carried out in military unit 29139 (photographs 1964)]. Available at: http://historykpvo.narod2.ru (accessed December 10, 2018).

[21] *Albom fotografy sredstv sistemy 25, modernizirovannoy po 2-mu etapu. 1961 g.* [An album of photographs of the means of the system 25, upgraded to the 2nd stage. 1961]. Available at: http://historykpvo.narod2.ru (accessed December 10, 2018).

[22] *Albom illyustratsiy izdeliya 5Ya25* (*Akt po sovmestnym ispytaniyam rakety 5YA25 v sostave ognevogo kompleksa sistemy-25M. Albom illustratsiy. 1967 g.*) [Album of 5Ya25 illustrations (The act on joint testing of rocket 5Ya25 as part of the firing complex of the system-25M. Illustration album. 1967)]. Available at: http://historykpvo.narod2.ru (accessed 10 December 2018).

[23] Egorichev N.G. *Soldat. Politik. Diplomat. Vospominaniya ob ochen raznom* [A soldier. A politician. A diplomat. Memories of very different things]. Moscow, Tsentrpoligraf Publ., 2017, 430 p.

[24] *Prikaz Ministra oborony Rossiyskoy Federatsii "O snyatii s vooryzeniya (ekspluatatsii, so snabzeniya) obraztsov vooruzeniya, voennoy tekhniki i voenno-*

tehnicheckogo imuschestva i priznanii ne deystvuyuschimi v Vooruzennyh Silakh Rossiyskoy Federatsii prikazov i direktiv o prinyatii ikh na vooruzenie (snabzhenie, v ekspluatatsiyu), a takze snyatii grifa sekretnosti s nikh", ot 27.05.2000 g., No 270 [Order of the Minister of Defense of the Russian Federation "On the removal from service (exploitation, supply) of models of armament, military equipment and military technical equipment and the recognition of orders and directives on their adoption (supply, commissioning) as inoperative in the Armed Forces of the Russian Federation, as well as the removal of the secrecy label from them", dated 27.05.2000, no. 270]. Available at: http://voenprav.ru/doc-1085-38.htm (accessed April 3, 2019).

[25] *Akt gosudarstvennykh ispytaniy rakety 44N6* (*5Ya24S*) *v sostave ognevogo kompleksa sistemy S-25M1. Kniga I: Osnovnye rezultaty ispytaniy rakety 44N6 v ognevom komplekse S-25M1* (*v. ch. 29139*), *1981 g.* [The act of state tests of the rocket 44N6 (5Ya24S) as part of the firing complex of the S-25M1 system. Book I: The main results of tests of the 44N6 missile in the firing complex S-25M1 (military unit 29139), 1981]. Available at: http://historykpvo.narod2.ru (accessed December 19, 2018).

[26] *Akt predvaritelnykh (zavodskih) ispytaniy rakety 44N6 (5Ya24S) v sostave ognevogo kompleksa sistemy S-25M1. Chast I: Osnovnye rezultaty ispytaniy rakety 44N6 v ognevom komplekse S-25M1. Kniga 1* (*v. ch. 29139*), *1981 g.* [The act of preliminary (factory) tests of the rocket 44N6 (5Ya24S) as part of the firing complex of the S-25M1 system. Part I: The main results of the tests of the 44N6 missile in the firing complex S-25M1. Book I (military unit 29139), 1981]. Available at: http://historykpvo.narod2.ru (accessed December 19, 2018).

[27] *Akt gosudarstvennyh ispytaniy rakety 44N6 (5Ya24S) v sostave ognevogo kompleksa sistemy S-25M1. Kniga 5: Illyustratsii po rakete 44N6 I* (*v. ch. 29139*), *1981 g.* [Act of state tests of the rocket 44N6 (5YA24S) as part of the firing complex of the S-25M1 system. Book 5: Illustrations on the rocket 44N6 (military unit 29139), 1981]. Available at: http://historykpvo.narod2.ru (accessed December 19, 2018).

[28] *Razrabotky TSKB "Almaz" 1947–1977 gg.* [Development of CDB Almaz in 1947–1977]. Available at: https://armyman.info/books/id-13453.html (accessed 10 December 2018).

Metelsky A.O., post-graduate, Department of High-Precision Air-borne Devices, Bauman Moscow State Technical University; author of two research papers in the field of warheads of anti-aircraft missiles. Research interests: warheads of missiles, design and action munitions, physics of explosion and high-speed shock.
e-mail: metelskiy@bmstu.ru

Markov V.A., Head of the Laboratory, Department of High-Precision Air-borne Devices, Bauman Moscow State Technical University; author of over 300 research papers in the field of physics of explosion and high-speed shock. e-mail: markovva@bmstu.ru

Pusev V.I., Cand. Sc. (Eng.), Assoc. Professor, Department of High-Precision Air-borne Devices, Bauman Moscow State Technical University; author of over 300 research papers in the field of physics of explosion and high-speed shock.
e-mail: pusevvi@bmstu.ru