

## О зенитной ракетной системе С-25. Часть 2

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

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

*На примере ракет семейства В-300 зенитной ракетной системы С-25 в части 2 настоящей статьи приведены результаты исследования разработки и развития зенитных управляемых ракет. Вместе с описанием возможностей и конструктивных особенностей зенитных управляемых ракет семейства В-300 особое внимание уделено кооперации предприятий-разработчиков зенитных управляемых ракет как следующему уровню иерархии системы этого вида оружия. Кроме того, подробно рассмотрены пути модернизации ракет в условиях совершенствования боевой авиационной техники и особенности работы кооперации разработчиков при ее проведении. Отдельно освещено взаимодействие головных ракетных организаций с предприятиями-разработчиками специальных (ядерных) боевых частей. Впервые представлены графическая интерпретация эволюции зенитных управляемых ракет зенитной ракетной системы С-25, а также конструктивно-компоновочные схемы основных представителей ракет семейства В-300.*

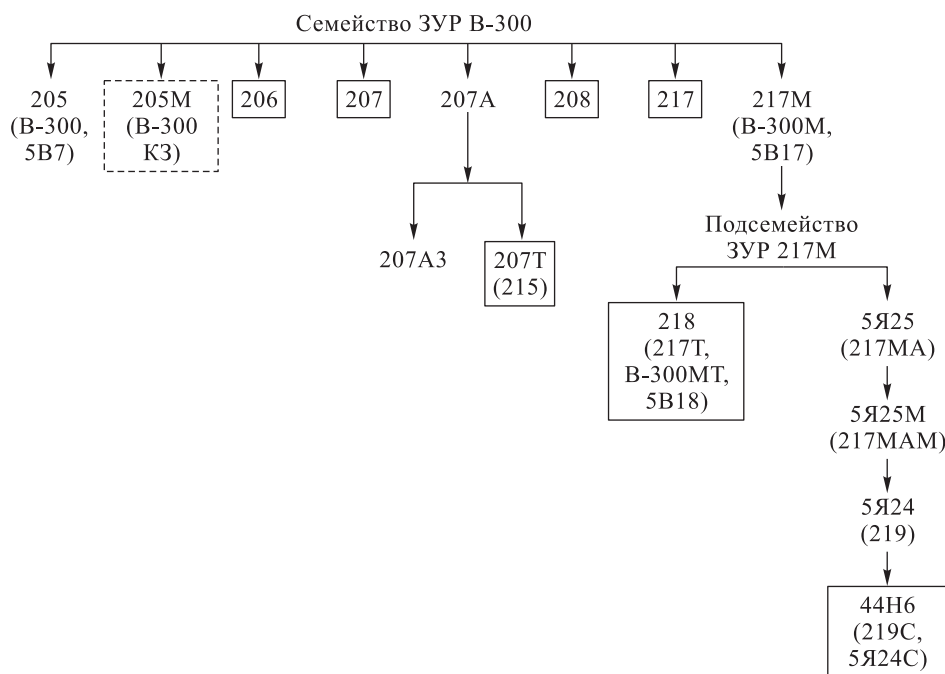
**Ключевые слова:** кооперация предприятий, зенитная управляемая ракета, жидкостный ракетный двигатель, автопилот, радиовзрыватель, боевая часть, модернизация зенитных управляемых ракет, радиокомандное управление, тяга двигателя, система предохранения

**Введение.** В части 2 статьи продолжается начатое в части 1 [1] исследование особенностей разработки систем зенитного ракетного оружия (ЗРО) на примере зенитной ракетной системы (ЗРС) С-25. В предыдущей части была рассмотрена ЗРС, находящаяся на высшем уровне иерархии ЗРО, а эта часть посвящена разработке зенитных управляемых ракет (ЗУР) как неотъемлемой составляющей ЗРС. Задачи кооперации предприятий-разработчиков систем ЗРО рассматриваются уже с точки зрения создания ЗУР, а именно — взаимодействие головного предприятия радиотехнической отрасли с ракетным предприятием, роль кооперации в появлении широкой номенклатуры ЗУР, а также влияние предприятий-разработчиков специальных боевых частей (СБЧ) на конструктивные особенности ЗУР. Отдельно освещена работа ракетных предприятий в условиях проведения этапов модернизации ЗРС С-25 на фоне развивающейся боевой авиационной техники. Кроме того, особое внимание уделено изменению характеристик ЗУР в процессе модернизации ЗРС.

**ЗУР семейства В-300.** Принято объединять зенитные управляемые ракеты ЗРС С-25 в одно семейство под общим обозначением В-300, так как они имеют общие системные и конструктивные особенности [2-5]. В частности, у них диаметр 0,65 м, длина около 12 м, вертикальный старт со стационарной открыто расположенной пози-

ции (пускового стола), одноступенчатая схема с жидкостным ракетным двигателем (ЖРД), аэродинамическая схема «утка». Кроме того, они имеют два органа управления (газовые и аэродинамические рули), а также их отличают крестообразное расположение крыльев и аэродинамических рулей, радиокомандный метод наведения.

Разнообразие системы ЗУР обусловлено тем, что как на этапе разработки ЗРС С-25, так и на этапах ее дальнейшего совершенствования рассматривались различные варианты исполнения наиболее важных агрегатов ЗУР В-300. Например, конкуренция между ОКБ-2 (главный конструктор (ГК) — А.М. Исаев (1908–1971)) и ОКБ-3 (ГК — Д.Д. Севрук (1908–1994)), которые разрабатывали ЖРД для ЗУР, обусловила появление ЗУР 207 и 207А, а также 217 и 217М [2, 6]. Различие приведенных ЗУР состояло главным образом в ЖРД, спроектированных упомянутыми ОКБ. В то же время создание на основе принятых на вооружение ракет данного семейства ЗУР с СБЧ или их глубокая модернизация в варианте с БЧ обычного снаряжения приводили к расширению номенклатуры ЗУР ЗРС С-25. Результаты исследования по систематизации эволюции развития ЗУР семейства В-300 представлены на рис. 1. На рисунке показано, что в разное время одни и те же ЗУР имели различную индексацию. Кроме того, образовалось подсемейство ракет на базе ЗУР 217М. Рассмотрим индивидуальные особенности принятых на вооружение ЗУР семейства В-300.



**Рис. 1.** Эволюция ЗУР семейства В-300:  
штриховыми рамками выделены ЗУР, которые не поступили на вооружение,  
сплошными — ЗУР с СБЧ

**ЗУР 205.** Она стала первой отечественной ЗУР, принятой на вооружение, и в то же время первой ЗУР семейства В-300 [2-5]. Данная ЗУР, получившая заводской индекс 205 (рис. 2) [7], была разработана ОКБ-301 (в настоящее время — АО «НПО имени С.А. Лавочкина»), возглавляемым ГК С.А. Лавочкиным (1900–1960) [2-5]. Ведущим конструктором при ее создании был Н.С. Черняков (1915–1998) [3]. Четырехкамерный ЖРД для ЗУР, получивший индекс С09.29, был разработан отделом № 9 НИИ-88 (позднее — ОКБ-2, в настоящее время — АО «КБхиммаш им. А.М. Исаева»), ГК — А.М. Исаев [2]. Бортовая аппаратура разрабатывалась в КБ-1 (в настоящее время — НПО «Алмаз» им. академика А.А. Расплетина), ГК — П.Н. Куксенко (1896–1980) и С.Л. Берией (1924–2000) [2], а бортовые источники электропитания — в НИЭЭИ (Научно-исследовательском элементарно-электроугольном институте, в настоящее время — АО «НПП «Квант»), ГК — Н.С. Лидоренко (1916–2009) [3]. Таким образом, КБ-1, головная организация по разработке ЗРС С-25, при создании ЗУР В-300 становилось смежным (как НИИ-88 и НИЭЭИ) для головного предприятия по ЗУР — ОКБ-301.

В ходе государственных испытаний, проходивших 26 апреля 1953 г. на полигоне Капустин Яр (в настоящее время — 4-й ГЦМП РФ) ЗУР 205 впервые сбила четырехмоторный стратегический бомбардировщик Ту-4 (аналог американского В-29 Superfortress). Это событие ознаменовало рождение отечественного зенитного управляемого ракетного оружия [2, 4].

Компоновка ЗУР 205 показана на рис. 2. В головном отсеке *A* находились шар-баллоны автопилота (АП) и системы подачи топлива, за ними следовали радиовзрыватель (РВ) Е-601 и аппаратура АП. В отсеке *C*<sub>1</sub> размещались рулевые машинки аэродинамических рулей, в следующем отсеке *B* располагалась осколочно-фугасная (ОФ) боевая часть (БЧ) Е-600, далее находились баковые отсеки *E* (окислитель, горючее). В коротком межбаковом отсеке были установлены рулевые машинки элеронов, в хвостовом отсеке *C*<sub>2</sub> размещались еще два шар-баллона со сжатым воздухом системы подачи топлива. Аппаратура радиокомандного управления и ЖРД были расположены в отсеке *D*. Позади ЖРД были установлены четыре газовых руля, закрепленных на сбрасываемой трубчатой ферме [2, 8]. Крылья ракеты имели треугольную форму со стреловидностью 60° по передней кромке. Управление по каналам тангажа и курса осуществлялось аэродинамическими рулями, а по каналу крена — установленными на крыльях элеронами. Средняя скорость ЗУР 205 составляла 545 м/с, максимальная — 1111 м/с. В полете ракета испытывала перегрузки от 4 до 2 ед. в диапазоне высот 3...25 км [8, 10].

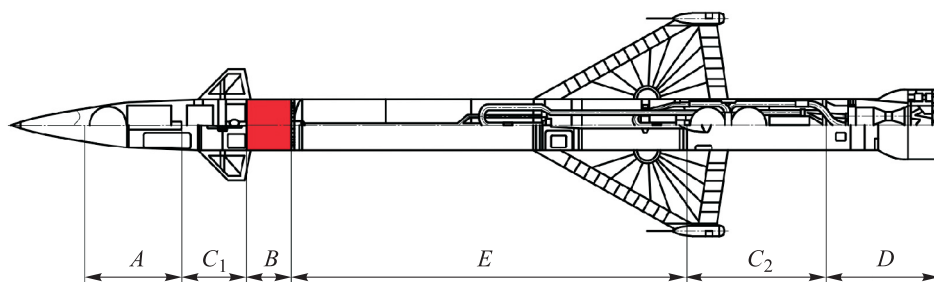


Рис. 2. Компоновочная схема ЗУР 205:

*A* — головной отсек; *C*<sub>1</sub>, *C*<sub>2</sub> — приборные отсеки; *B* — отсек БЧ; *E* — топливный отсек; *D* — ЖРД

Первоначально эта ЗУР обозначалась В-300, однако при появлении других ЗУР ЗРС С-25 за ней было закреплено обозначение 5В7 [10, 11]. На боевое дежурство ЗУР 205 поступила в 1955 г. в составе частей 6-го (восточного) корпуса 1-й армии ПВО особого назначения. Она находилась в распоряжении зенитных ракетных полков (ЗРП) вплоть до проведения второго этапа модернизации ЗРС С-25 [4].

**ЗУР 207А.** Разработчик — ОКБ-301 (ГК — С.А. Лавочкин). ЗУР с заводским индексом 207А (рис. 3) [2] отличалась от ЗУР 205 следующим [2, 4, 12]:

- установлен разработанный ОКБ-2 (ГК — А.М. Исаев) новый однокамерный ЖРД С2.260 (тяга увеличена до 9 т, удельный импульс возрос на 5 % (221 кгс · с/кгс), масса уменьшена со 110 до 66 кг, более чем в 2 раза сокращена длина;
- сокращен запас сжатого воздуха с 67,5 до 42,5 кг;
- облегчены до 12,4 кг сбрасываемые газовые рули (без фермы);
- длина ЗУР увеличена до 11,425 м;
- стартовая масса уменьшена на 180 кг (масса полностью снаряженной ЗУР с газовыми рулями составляла 3420 кг);
- снижена масса и улучшена технологичность крыльев;
- усовершенствовано крепление качалок элеронов;
- крылья смещены в направлении, противоположном полету;
- совмещены в одной плоскости оси аэродинамических рулей;
- сокращено число отсеков ЗУР с шести до пяти;
- установлена новая мультикумулятивная БЧ В-196;
- использован РВ Е-501 (другое обозначение — 515);
- масса неокончательно снаряженной ЗУР составила 1477 кг, масса окислителя — 1490 кг, а масса горючего — 390 кг [12].

Государственные испытания ЗУР 207А проходили на полигоне Капустин Яр [2, 4]. Средняя скорость ЗУР 207А — 515 м/с, максимальная — 1020 м/с. В полете она также испытывала перегрузки от 4 до 2 ед. в диапазоне высот от 3 до 25 км [9, 10]. Поступившей на вооружение в 1955 г. ЗУР 207А (одновременно с ЗУР 205) оснащали

ЗРП 1-го (южного), 10-го (северного) и 17-го (западного) корпусов 1-й армии ПВО особого назначения [4]. В последующем на вооружение поступила модификация ЗУР 207А с БЧ направленно-осколочного действия НОД-207А. Данная модификация ЗУР получила обозначение 207А3 [4, 11].

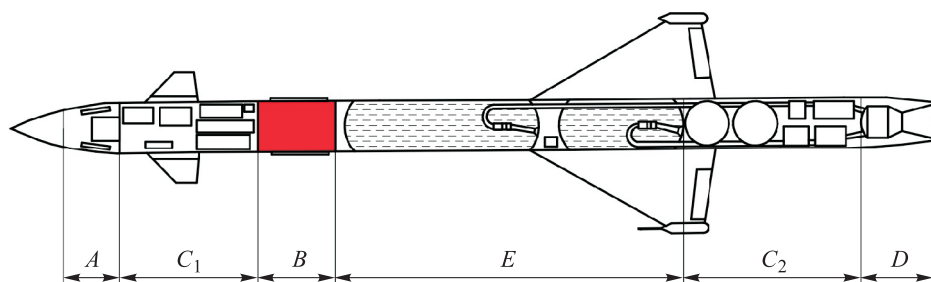
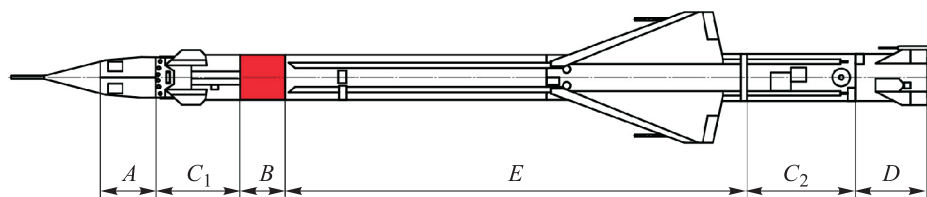


Рис. 3. Компоновочная схема ЗУР 207А:

А — головной отсек; С<sub>1</sub>, С<sub>2</sub> — приборные отсеки; В — отсек БЧ; Е — топливный отсек; D — ЖРД

**ЗУР 215.** Известная также под индексом 207Т (индекс ЗУР был изменен на 207Т приказом Министра обороны от 22 июля 1957 г.) [4] или под неофициальным названием «Татьяна», она стала первой отечественной ЗУР с СБЧ. Разработку ЗУР также вело ОКБ-301 на основании постановления Совета Министров СССР (СМ СССР) от 22 марта 1955 г. Основой для ее создания послужила ЗУР 207А [4, 6]. Главными отличиями от ЗУР 207А стали использование СБЧ С2, дублирование основных систем управления ЗУР и каналов ее наведения радиолокационной станцией Б-200, введение конструктивных и технологических улучшений, а также принятие некоторых других мер, призванных повысить надежность и безопасность ЗУР при эксплуатации [2, 4]. Следует заметить, что отсек СБЧ был теплоизолированным, он имел электрообогреватель и автоматику включения и отключения электрообогрева [2, 4, 13]. Стартовая масса ЗУР 215 — 3480 кг, тяга ЖРД — 9000...3900 кгс, максимальная скорость — 1000 м/с [13]. Государственные испытания ЗУР были проведены 19 января 1957 г. на полигоне Капустин Яр в рамках операции «ЗУР-215» [14, 15]. Позднее государственные испытания ЗУР были повторены 6 сентября 1961 г. уже в рамках операции «Гроза» [14, 15].

**ЗУР 217М.** Эта ЗУР, давшая начало одноименному подсемейству (рис. 4) [3], создавалась ОКБ-301 в рамках второго этапа модернизации ЗРС С-25. Однако внезапная кончина С.А. Лавочкина помешала завершить отработку ракеты, и работы по ЗУР с заводским индексом 217М из перегруженного работой ОКБ-301 были переданы в КБ-82 (с 1965 г. — МКБ «Буревестник») под руководством А.В. Потопалова (1915–1986) [3, 4, 6].



**Рис. 4.** Контурный чертеж ЗУР подсемейства 217М:

*A* — головной отсек; *C*<sub>1</sub>, *C*<sub>2</sub> — приборные отсеки; *B* — отсек БЧ; *E* — топливный отсек; *D* — ЖРД

Новая ЗУР (известная также под индексами В-300М и 5В17) [11, 12] имела следующие отличия от ЗУР 207А [6, 13, 16, 17]:

- более мощный ЖРД С5.1 с тягой 17 000...5000 кгс;
- новые блоки аппаратуры радиоуправления и радиовизирования;
- новая ОФ БЧ направленного действия Ф-280;
- импульсный РВ Е-802М, замененный позднее на Е-802М-II;
- измененные обводы корпуса и геометрия крыла, появление хвостовых стабилизаторов с консолями треугольной формы;
- размещение антенны радиоуправления и радиовизирования на законцовках консолей хвостовых стабилизаторов;
- сокращение числа газовых рулей с четырех до двух;
- размещение приемников воздушного давления (ПВД) на вертикальных консолях крыльев;
- применение в конструкции титановых сплавов и различных новых материалов;
- радиопрозрачный носовой обтекатель из стеклопластика с повышенной температуростойкостью наполнителя.

Новая ЗУР 217М была способна выдерживать перегрузки до 14 ед. [13].

Основные технические характеристики трех ЗУР подсемейства 217М представлены в таблице [13, 16-21].

**Основные технические данные некоторых ЗУР подсемейства 217М**

Характеристика	Индекс ЗУР		
	217М	5Я25М	5Я24
Длина (с газовыми рулями и трубкой ПВД), м	12,856	12,883	12,975
Размах крыльев (с законцовками), м	2,735	2,734	2,734
Размах воздушных рулей (с законцовками), м	1,426	1,426	1,426
Размах стабилизаторов (горизонтальный / вертикальный), м	1,100/1,048	1,100/1,048	1,100/1,048
Размах газового руля, мм	91	91	91
Стартовая масса ракеты, кг	3975 <sup>+25</sup> <sub>-20</sub>	4143 <sup>+25</sup> <sub>-20</sub>	4143 <sup>+30</sup> <sub>-15</sub>

Характеристика	Индекс ЗУР		
	217М	5Я25М	5Я24
Масса окислителя в баке, кг	1919,8	1930,88	1930,88
Масса горючего в баке, кг	627,8	590,9г	590,9
Масса воздуха в системе ЖРД, кг	14,9	16,2	16,2
Масса воздуха в системе АП, кг	10,3	11,6	11,6
Максимальная скорость, м/с	1560	1560	1560
Средняя скорость на высоте 30 км, м/с	700-750	700-750	700-750
Перегрузка в диапазоне высот 25...30 км	6-3	6-3	6-3
Индекс БЧ, тип	Ф-280, ОФ направленно- го действия	5Ж91, ОФ направленно- го действия	5Ж97, ОФ с управляе- мым полем поражения
Масса БЧ (без ПИМ), кг	280	390	382
Индекс РВ	Е-802М, Е-802М-П	5Х48	82В6

**ЗУР 218.** Согласно постановлению СМ СССР от 18 мая 1957 года, в ОКБ-301 наряду с основным вариантом ЗУР 217М разрабатывалась ее модификация, оснащенная СБЧ, которая получила заводской индекс 217Т, замененный вскоре на 218 [6]. Как и в случае с ЗУР 217М, работы по ее доводке были завершены уже в КБ-82 (ГК — А.В. Потопалов).

ЗУР 218 имела следующие характеристики [13, 21]:

Длина (с газовыми рулями и трубкой ПВД), м ..... 12,875  
 Размах крыльев (с законцовками), м ..... 2,735  
 Стартовая масса, кг ..... 4038,5  
 Тяга ЖРД, кгс ..... 17 000–5000  
 Максимальная скорость, м/с ..... 1500

В то же время ЗУР 218 имела следующие отличия от ЗУР 217М [13, 20, 22]:

- новая СБЧ РА-4;
- установлен РВ 5Е19, позволяющий поражать цели — постановщики активных помех;
- появилась пневмогидравлическая система регулировки тяги;
- дублированы приборы радиоуправления и радиовизирования, а также приборы и агрегаты бортового оборудования;
- демпфирующие гироскопы автопилота вынесены в район центра масс ракеты для улучшения виброрежима;
- более надежная, чем у ЗУР 207Т, система предохранения и ликвидации ракеты;

- два режима работы ЗУР: с подрывом по команде от станции наведения и с подрывом от РВ 5Е19;
- применен пневморегулятор ЖРД;
- установлен датчик предельных ускорений (для фиксации момента разрушения ЗУР при самоликвидации);
- теплоизолирован отсек БЧ, введены электрообогреватель и автоматика включения и выключения нагрева.

Помимо заводских индексов 217Т и 218, в некоторых источниках встречаются такие обозначения ЗУР, как В-300МТ и 5В18 [11, 12]. Государственные испытания ЗУР 218 проводили на полигоне Сары-Шаган [11].

**ЗУР 5Я25 и 5Я25М.** Разрабатывалась ЗУР 5Я25 (заводской индекс 217МА) в КБ-82 (с 1965 г. — МКБ «Буревестник», ГК — А.В. Потопалов) в период с 1964 по 1965 г. Создание ЗУР проводилось в рамках третьего этапа модернизации ЗРС С-25. Ее оснастили новым ЖРД 5Д25 с повышенным удельным импульсом, новым автопилотом с двухканальной системой стабилизации и новой радиоаппаратурой 5У18. По сравнению с предшествующими образцами была значительно повышена маневренность ЗУР, особенно на малых высотах. Максимальная скорость составляла 1560 м/с, диапазон высот поражения целей был расширен до 1,5...35 км. Благодаря возможности наведения на пассивном участке полета дальность пусков ЗУР была увеличена до 56 км [4, 6]. Кроме того, эта ЗУР содержала более мощную ОФ БЧ направленного действия 5Ж91 и РВ Е-802М-II [4, 6, 23].

Вариант ЗУР, усовершенствованный в рамках первой очереди четвертого этапа модернизации и получивший наименование 5Я25М (заводской индекс 217МАМ), отличался в основном наличием нового РВ 5Х48 повышенной помехозащищенности и наличием предохранительного переключателя ПП-2П, выдающего сигнал на самоликвидацию ракеты после 70 с полета на пассивном участке траектории [6, 18, 23]. Основные технические характеристики ЗУР 5Я25М представлены в таблице.

**ЗУР 5Я24.** Она была разработана на базе ЗУР 5Я25М в НПО «Молния» (ГК — А.В. Потопалов) в период с 1972 по 1976 г. Создание ЗУР, имевшей заводской индекс 219 [3, 10, 24], проходило в рамках второй очереди четвертого этапа модернизации ЗРС С-25 [6]. Для повышения устойчивости в сложной радиоэлектронной обстановке ракету оснастили помехозащищенной аппаратурой 5У31. Вероятность поражения цели была увеличена благодаря применению новой ОФ БЧ 5Ж97 с управляемым полем поражения. Повышенная маневренность ракеты обеспечивалась автоматической системой форсажа ЖРД при условии наведения по методу «трехточка» [6, 19]. Основные технические характеристики ЗУР 5Я24 представлены в таблице.



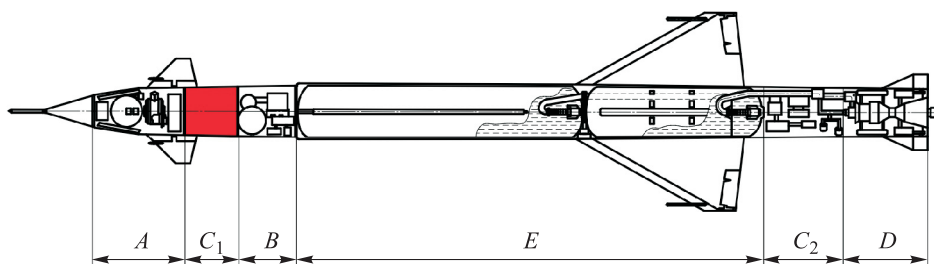
Кроме того, отличия ЗУР 5Я24 от ЗУР 5Я25М заключались в следующем [20]:

возможностью поражения самолетов — постановщиков помех и более эффективным поражением целей, летящих с большими курсовыми углами, а также лучшим действием по целям в области нижней границы зоны поражения;

повышенной помехозащищенностью аппаратуры радиоправления, радиовизирования и радиостробирования;

возможностью автономной принудительной остановки двигателя для исключения разрушения ракеты при скоростном напоре, превышающем предельно допустимое значение.

**ЗУР 44Н6.** Эта ЗУР [25], оснащенная СБЧ (рис. 5), стала последней принятой на вооружение ЗУР семейства В-300. Имевшую первоначальное обозначение 5Я24С, новую ЗУР 44Н6 (заводской индекс — 219С) [3, 10, 24] разрабатывали в НПО «Молния» в период с 1976 по 1978 г. Создание ЗУР проводилось в рамках второй очереди четвертого этапа модернизации ЗРС С-25 [6, 25-27]. Разработана ЗУР 44Н6 была на основании постановления ЦК КПСС и СМ СССР № 734-273 от 4 октября 1973 г. на базе ЗУР 5Я24 для замены находящихся на вооружении и выработывающих свой ресурс ЗУР 218 [25, 26].



**Рис. 5.** Компоновочная схема ЗУР 44Н6:

*A* — головной отсек; *C*<sub>1</sub>, *C*<sub>2</sub> — приборные отсеки; *B* — отсек СБЧ; *E* — топливный отсек; *D* — ЖРД

По сравнению с 5Я24 отмечают следующие отличия у ЗУР 44Н6 [25-27]:

- СБЧ ТА26 переменной мощности;
- кодировочное устройство в составе замка-шифратора АЗЭ6;
- РВ 5Е19 (как и в ЗУР 218);
- аппаратура радиоправления, радиовизирования и радиостробирования 5У31Н;
- ампульная батарея П-1;
- датчик предельных углов (ДПУ-М) и блок контролирующих гироскопов;

– перемещенные на 400 мм крылья вместе с баками, измененное положение центра масс в результате перекомпоновки бортового оборудования (в связи с тем, что СБЧ имела меньшую массу, чем БЧ обычного снаряжения);

– приемники воздушного давления (ПП-5) на верхних и нижних крыльях для обеспечения работы барометрической системы СБЧ;

– изменена технология крепления лобового обтекателя к передней стенке крыла в связи с применением односторонней клепки (в целях улучшения технологичности процесса сборки);

– дублированы основные электрические цепи, контакты и разъемы с применением элементов с индексом «ОС».

На этом развитие ЗУР семейства В-300 завершилось.

**Заключение.** В результате исследования развития ЗРС С-25 удалось установить общие особенности, обусловленные разработкой систем ЗРО и их последующей модернизацией. Комплексное решение задачи создания ЗРО связано с организацией взаимодействия предприятий-разработчиков из различных ведомств, нашедшей свое воплощение в кооперации предприятий. Головной организацией при разработке комплекса в кооперации выступает радиотехническое предприятие (КБ-1), но при разработке ЗУР происходит своеобразная рокировка — головная организация становится смежной по отношению к предприятию-разработчику ЗУР (ОКБ-301, КБ-82, НПО «Молния»), так как она отвечает за создание бортовой аппаратуры ЗУР. Это актуально на сегодняшний день не только для отечественного оборонно-промышленного комплекса, но и для предприятий США, занимающихся разработкой зенитных ракетных комплексов. Кроме того, кооперация предприятий может способствовать появлению широкой номенклатуры ЗУР. В случае создания ракет семейства В-300 это имело место тогда, когда конкурирующие предприятия, разрабатывающие ЖРД (ОКБ-2 и ОКБ-3), представляли свои варианты ЖРД для ЗУР: 207 и 207А, 217 и 217М. Следует заметить, что БЧ ЗРС С-25 не были взаимозаменяемыми между собой, поэтому под каждую ЗУР приходилось создавать новую БЧ. От такой затратной практики в дальнейшем отказались после создания взаимозаменяемых (сменных) БЧ.

Кооперация предприятий также задействуется при проведении модернизации системы ЗРО, которая является реакцией на развитие боевой авиационной техники, а также средств радиоэлектронной борьбы. Этапы модернизации проводятся под общим руководством головного радиотехнического предприятия. При этом в ходе их проведения могут быть привлечены военные специалисты частей и соединений ПВО, эксплуатирующих данную систему ЗРО. Модернизация ЗУР также ориентирована на изменение характеристик целей, что обуславливает появление подсемейств ЗУР данного типа. Кроме

того, в процессе модернизации может смениться головная организация по разработке ЗУР и ее место может занять бывший смежник по отношению к предыдущей головной организации (передача работ по ЗУР В-300 от ОКБ-301 к КБ-82). Исследование непростого вопроса кооперации предприятий-разработчиков ЗРС призвано заполнить имеющийся в отечественной научно-технической и учебной литературе пробел для лучшего понимания основ организации проектирования ЗРО.

Авторы выражают благодарность выпускнику кафедры СМ4 «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] 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>
- [2] Ангельский Р. Ракетные леса Подмосковья. *Техника и вооружение вчера, сегодня, завтра*, 2002, № 3, с. 9–14.
- [3] Ганин С.М. Первая отечественная зенитная ракетная система ПВО Москвы — С-25 «Беркут». *Невский бастион. Военно-технический сборник*, 1997, № 2, с. 25–32.
- [4] 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).
- [5] Василин Н.Я., Гуринович А.Л. *Зенитные ракетные комплексы: справочник*. Минск, Изд-во «Попурри», 2002, 463 с.
- [6] Ангельский Р. Ракетные леса Подмосковья. *Техника и вооружение вчера, сегодня, завтра*, 2002, № 4, с. 13–18.
- [7] *Памятник «Ракета В-300». Зенитно-ракетная система С-25 «Беркут*. Изделие «217М» за № 6222618/6222655. URL: <http://c-25.su/> (дата обращения 18.12.2018).
- [8] *Система противовоздушной обороны г. Москвы*. URL: <http://historykpvo.narod2.ru> (дата обращения 25.04.2019).
- [9] *Отчет о государственных испытаниях ракеты В-300* (типа 207А) в комплексе Б-200, В-300 системы 25. 1955 г. URL: <http://historykpvo.narod2.ru> (дата обращения 19.12.2018).
- [10] Первый отечественный ЗРК С-25. *Военное обозрение*. URL: <https://topwar.ru/29102-pervyyu-otchestvennyy-zrk-s-25.html> (дата обращения 10.04.2019).
- [11] Многоканальные стационарные зенитные ракетные комплексы ПВО. *Военный паритет*. URL: [http://www.militaryparitet.com/nomen/russia/rocket/rocketcomplex/data/ic\\_nomenrussiारocketrocketcomplex/4/](http://www.militaryparitet.com/nomen/russia/rocket/rocketcomplex/data/ic_nomenrussiारocketrocketcomplex/4/) (дата обращения 10.04.2019).
- [12] Индексные обозначения объектов ПВО. *Русская сила*. URL: [http://русская-сила.рф/guide/army/index\\_pvo.shtml](http://русская-сила.рф/guide/army/index_pvo.shtml) (дата обращения 10.04.2019).

- [13] *Совокупность научно-исследовательских, опытно-конструкторских и испытательных работ по коренному расширению тактико-технических характеристик и боевых возможностей систем ЗУРО С-25 и С-75 и созданию методов исследования систем ЗУРО (Фотоиллюстрации).*  
URL: <http://historykpvo.narod2.ru> (дата обращения 25.04.2019).
- [14] *Ядерные взрывы на полигоне Капустин Яр.*  
URL: <http://www.kap-yar.ru/index.php?pg=404> (дата обращения 10.04.2019).
- [15] *Ядерные испытания СССР. Том II: Технологии ядерных испытаний СССР. Воздействие на окружающую среду. Меры по обеспечению безопасности. Ядерные полигоны и площадки. Глава 1: Технология проведения ядерных испытаний в атмосфере. Воздействие на окружающую среду. Меры по обеспечению безопасности. П. 1.9: Ядерные взрывы на больших высотах.*  
URL: [https://web.archive.org/web/20140406175913/http://www.iss-atom.ru/sssrg2/1\\_9.htm](https://web.archive.org/web/20140406175913/http://www.iss-atom.ru/sssrg2/1_9.htm) (дата обращения 10.04.2019).
- [16] *Ракета 217М. Техническое описание. Книга 1: Устройство ракеты. Общие сведения.* Москва, Воениздат, 1981, 129 с. URL: <http://historykpvo.narod2.ru> (дата обращения 19.12.2018).
- [17] *Ракета 217М. Техническое описание. Книга 4: Радиовзрыватель Е-802М-II.* Москва, Воениздат, 1982, 113 с. URL: <http://historykpvo.narod2.ru> (дата обращения 19.12.2018).
- [18] *Ракета 5Я25М. Техническое описание. Книга 1: Общие сведения. Устройство ракеты.* Москва, Воениздат, 1978, 127 с. URL: <http://historykpvo.narod2.ru> (дата обращения 19.12.2018).
- [19] *Ракета 5Я24. Техническое описание. Книга 1: Общие сведения. Устройство ракеты.* Москва, Воениздат, 1985, 133 с. URL: <http://historykpvo.narod2.ru> (дата обращения 19.12.2018).
- [20] *Зенитный стационарный комплекс С-25 (Альбом с характеристиками).*  
URL: <http://historykpvo.narod2.ru> (дата обращения 10.12.2018).
- [21] *Основные тактико-технические требования к зенитной управляемой ракете В-300 типа 217.* URL: <http://historykpvo.narod2.ru> (дата обращения 25.04.2019).
- [22] *Акт комиссии по заводским испытаниям ракеты 218.* Том I. 1963. URL: <http://historykpvo.narod2.ru> (дата обращения 19.12.2018).
- [23] *Ракета 5Я25М. Техническое описание. Книга 4: Радиовзрыватель 5Х48.* Москва, Воениздат, 1978, 88 с. URL: <http://historykpvo.narod2.ru> (дата обращения 19.12.2018).
- [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 (войсковая часть 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 (войсковая часть 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 (войсковая часть 29139), 1981. URL: <http://historykpvo.narod2.ru> (дата обращения 20.12.2018).*

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 2. *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2022, вып. 1. <http://dx.doi.org/10.18698/2308-6033-2022-1-2144>

**Метельский Александр Олегович** — аспирант кафедры «Высокоточные летательные аппараты», МГТУ им. Н.Э. Баумана. Автор 4 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](mailto: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](mailto: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 удара. e-mail: [pusevvi@bmstu.ru](mailto:pusevvi@bmstu.ru)

## On the S-25 anti-aircraft missile system. Part 2

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

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 105005, Russia

*The study focuses on the V-300 missile family of the S-25 anti-aircraft missile system as an example of the development of anti-aircraft guided missiles. The second part of the paper introduces the results of this study. Within the research, we described the capabilities and design features of the B-300 missile family, paying special attention to the cooperation between enterprises that develop anti-aircraft guided missiles, which is the next level of the hierarchy of the anti-aircraft missile system. Furthermore, we thoroughly considered the ways of modernizing missiles to improve military aviation technology and the cooperation; we emphasized the interaction between the leading missile organizations with the enterprises-developers of special, i. e. nuclear, warheads. The paper is the first to graphically interpret the evolution of anti-aircraft guided missiles of the S-25 anti-aircraft missile system and to give structural and layout diagrams of the main representatives of the V-300 missile family.*

**Keywords:** cooperation between enterprises, anti-aircraft guided missile, liquid-propellant rocket engine, autopilot, radio fuse, warhead, modernization of anti-aircraft guided missiles, radio command control, engine thrust, protection system

### REFERENCES

- [1] Metelskiy A.O., Markov V.A., Pusev V.I. *Inzhenerny zhurnal: nauka i innovatsii — Engineering Journal: Science and Innovation*, 2021, iss. 12. <http://dx.doi.org/10.18698/2308-6033-2021-12-2137>
- [2] Angelskiy R. *Tekhnika i vooruzhenie vchera, segodnya, zavtra (Engineering and weapons yesterday, today, tomorrow)*, 2002, no. 3, vol. 3, pp. 9–14.
- [3] Ganin S.M. *Nevskiy bastion. Voennno-tehnicheskii sbornik (Nevsky "Bastion")*, 1997, no. 2, pp. 25–32.
- [4] 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).
- [5] Vasilin N.Y., Gurinovich A.L. *Zenitnye raketnye komplekсы: spravochnik* [Anti-aircraft missile systems: directory]. Minsk, Poppuri Publ., 2002, 463 p.
- [6] Angelskiy R. *Tekhnika i vooruzhenie vchera, segodnya, zavtra (Engineering and weapons yesterday, today, tomorrow)*, 2002, no. 4, vol. 2, pp. 13–18.
- [7] *Pamyatnik «Raketa V-300». Zenitno-raketnaya sistema S-25 «Berkut»* [Monument "Rocket V-300". Anti-aircraft missile system S-25 "Berkut"]. Izdelie "217m" zav. no. 6222618/6222655 [Product "217m" serial number 6222618/6222655]. Available at: <http://c-25.su/> (accessed December 18, 2018).
- [8] *Sistema protivovozdushnoy oborony g. Moskvy* [Air defense system of Moscow]. Available at: <http://historykpvo.narod2.ru> (accessed April 25, 2019).
- [9] *Otchet o gosudarstvennykh ispytaniyakh rakety V-300 (tipa 207A) v komplekse B-200, V-300 sistemy 25. 1955 g.* [Report on the state tests of the B-300 missile (type 207A) in the B-200 V-300 complex, system 25. 1955]. Available at: <http://historykpvo.narod2.ru> (accessed December 19, 2018).
- [10] *Pervyy otechestvennyy ZRK S-25* [The first domestic anti-aircraft missile system S-25]. *Voennoe obozrenie* [Military review]. Available at: <https://topwar.ru/29102-pervyy-otechestvennyy-zrk-s-25.html> (accessed April 10, 2019).

- [11] Mnogokanalnye statsionarnye zenitnye raketnye kompleksy PVO [Multichannel stationary anti-aircraft missile defense systems]. *Voenny paritet* [Military parity]. Available at: [http://www.militaryparitet.com/nomen/russia/rocket/rocketcomplex/data/ic\\_nom\\_enrussiारocketrocketcomplex/4/](http://www.militaryparitet.com/nomen/russia/rocket/rocketcomplex/data/ic_nom_enrussiारocketrocketcomplex/4/) (accessed April 10, 2019).
- [12] Indeksnye oboznacheniya obektov PVO [Index designations of air defense objects]. *Russkaya sila* [Russian power]. Available at: [http://русская-сила.рф/guide/army/index\\_pvo.shtml](http://русская-сила.рф/guide/army/index_pvo.shtml) (accessed April 10, 2019).
- [13] *Sovokupnost nauchno-issledovatel'skikh, opytно-konstruktor'skikh i ispytatel'nykh rabot po korennomu rashireniiyu taktiko-tehnicheskikh kharakteristik i boevykh vozmozhnostey sistem ZURO S-25 i S-75 i sozdaniyu metodov issledovaniya sistem ZURO (fotoillustratsii)* [A set of research, development and test work on the radical expansion of tactical and technical characteristics and combat capabilities of ZURO C-25 and C-75 systems and the creation of methods for studying ZURO systems (photo-illustrations)]. Available at: <http://historykpvo.narod2.ru> (accessed April 25, 2019).
- [14] *Yadernye vzryvy na poligone Kapustin Yar* [Nuclear explosions at Kapustin Yar]. Available at: <http://www.kap-yar.ru/index.php?pg=404> (accessed April 10, 2019).
- [15] *Yadernye ispytaniya v SSSR. Tom II. Tekhnologii yadernykh ispytaniy SSSR. Vozdeystvie na okruzayushuyu sredu. Mery po obespecheniyu bezopasnosti. Yadernye poligony i ploshadki. Glava 1: Tekhnologiya provedeniya yadernykh ispytaniy v atmosfere. Vozdeystvie na okruzayushuyu sredu. Mery po obespecheniyu bezopasnosti. P. 1.9: Yadernye vzryvy na bolshih vysotah* [Nuclear tests of the USSR. Volume II: Nuclear Testing Technologies of the USSR. Impact on the environment. Security measures. Nuclear landfills and sites. Chapter 1: Technology of conducting nuclear tests in the atmosphere. Impact on the environment. Security measures. P. 1.9: Nuclear explosions at high altitudes]. Available at: [https://web.archive.org/web/20140406175913/http://www.iss-atom.ru/sssr2/1\\_9.htm](https://web.archive.org/web/20140406175913/http://www.iss-atom.ru/sssr2/1_9.htm) (accessed April 10, 2019).
- [16] *Raketa 217M. Tekhnicheskoe opisanie. Kniga 1: Ustroystvo rakety. Obschie svedeniya* [Missile 217M. Technical description. Book 1: Rocket structure. General information]. Moscow, Voenizdat Publ., 1981, 129 p. Available at: <http://historykpvo.narod2.ru> (accessed December 19, 2018).
- [17] *Raketa 217M. Tekhnicheskoe opisanie. Kniga 4: radiovzryvatel E-802M-II* [Missile 217M. Technical description. Book 4: Radio fuse E-802M-II]. Moscow, Voenizdat Publ., 1982, 113 p. Available at: <http://historykpvo.narod2.ru> (accessed December 19, 2018).
- [18] *Raketa 5Ya25M. Tekhnicheskoe opisanie. Kniga 1: Ustroystvo rakety. Obschie svedeniya* [Missile 5Ya25M. Technical description. Book 1: Rocket structure. General information]. Moscow, Voenizdat Publ., 1978, 127 p. Available at: <http://historykpvo.narod2.ru> (accessed December 19, 2018).
- [19] *Raketa 5Ya24. Tekhnicheskoe opisanie. Kniga 1: Ustroystvo rakety. Obschie svedeniya* [Missile 5Ya24. Technical description. Book 1: Rocket structure. General information]. Moscow, Voenizdat Publ., 1985, 133 p. Available at: <http://historykpvo.narod2.ru> (accessed December 19, 2018).
- [20] *Zenitny statsionarny kompleks S-25 (albom s kharakteristikami)* [Anti-aircraft stationary complex S-25 (album with characteristics)]. Available at: <http://historykpvo.narod2.ru> (accessed December 10, 2018).
- [21] *Osnovnye taktiko-tekhnicheckie trebovaniya k zenitnoy upravlyaemoy rakete V-300 tipa 217* [Basic tactical and technical requirements for anti-aircraft guided missile V-300 type 217]. Available at: <http://historykpvo.narod2.ru> (accessed April 25, 2019).

- [22] *Akt komissii po zavodskim ispytaniyam rakety 218. Tom I. 1963 g.* [The act of the commission for testing the rocket 218. Vol. I. 1963]. Available at: <http://historykpvo.narod2.ru> (accessed December 19, 2018).
- [23] *Raketa 5Ya25M. Tekhnicheskoe opisanie. Kniga 4: Radiovzryvatel 5H48* [Missile 5Ya25M. Technical description. Book 4: Radio fuse 5H48]. Moscow, Voenizdat Publ., 1978, 88 p. Available at: <http://historykpvo.narod2.ru> (accessed December 19, 2018).
- [24] *Prikaz Ministra oborony Rossiyskoy Federatsii ot 27.05.2000 g., № 270 "O snyatii s vooryzheniya (ekspluatatsii, so snabzheniya) obraztsov vooruzeniya, voennoy tekhniki i voenno-tehnicheskogo imuschestva i priznanii ne deystvuyuschimi v Vooruzennykh Silakh Rossiyskoy Federatsii prikazov i direktiv o prinyatii ikh na vooruzenie (snabzhenie, v ekspluatatsiyu), a takze snyatii grifa sekretnosti s nikh"* [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 ogneвого kompleksa sistemy S-25M1. Kniga I: Osnovnye rezultaty ispytaniy rakety 44N6 v ognevom komplekse S-25M1 (voyskovaya chast 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 predvaritel'nykh (zavodskikh) ispytaniy rakety 44N6 (5YA24S) v sostave ogneвого kompleksa sistemy S-25M1. Chast I: Osnovnyye rezul'taty ispytaniy rakety 44N6 v ognevom komplekse S-25M1. Kniga I (voyskovaya chast 29139), 1981 g.* [Act of preliminary (factory) tests of the 44N6 (5YA24S) missile as part of the S-25M1 firing system. Part I: Main results of tests of the 44N6 missile in the S-25M1 firing system. Book I (military unit 29139), 1981]. Available at: <http://historykpvo.narod2.ru> (accessed December 19, 2018).
- [27] *Akt gosudarstvennykh ispytaniy rakety 44N6 (5Ya24S) v sostave ogneвого kompleksa sistemy S-25M1. Kniga 5: Illyustratsii po rakete 44N6 I (voyskovaya chast 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 20, 2018).

**Metelsky A.O.**, post-graduate, Department of High-Precision Air-borne Devices, Bauman Moscow State Technical University; author of 4 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