

УДК: 623.468:623.454.8

DOI: 10.53816/20753608\_2022\_2\_116

**БОЕВЫЕ ЧАСТИ ЗЕНИТНЫХ УПРАВЛЯЕМЫХ РАКЕТ  
ЗЕНИТНОЙ РАКЕТНОЙ СИСТЕМЫ С-25. ЧАСТЬ 2.  
БОЕВЫЕ ЧАСТИ ПОСЛЕ ТРЕТЬЕГО И ЧЕТВЁРТОГО  
ЭТАПОВ МОДЕРНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ С-25.  
СПЕЦИАЛЬНЫЕ БОЕВЫЕ ЧАСТИ**

**WARHEADS OF ANTI-AIRCRAFT GUIDED MISSILES  
OF THE ANTI-AIRCRAFT MISSILE SYSTEM S-25. PART 2.  
WARHEADS AFTER THE THIRD AND FOURTH STAGES  
OF MODERNIZATION  
OF SYSTEM S-25. NUCLEAR WARHEADS**

*По представлению академика РАН В.В. Селиванова*

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

*МГТУ им. Н.Э. Баумана*

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

Рассматриваются боевые части (БЧ) обычного снаряжения зенитных управляемых ракет (ЗУР) семейства В-300 зенитной ракетной системы (ЗРС) С-25 третьего и четвертого этапов модернизации. Дан обзор ядерных и специальных боевых частей (СБЧ) ЗУР ЗРС С-25. Боевые части описаны в комплексе с другими составляющими боевого снаряжения (сочетание БЧ и взрывательного устройства) ЗУР: предохранительно-исполнительными механизмами (ПИМ) и радиовзрывателями (РВ). Указаны особенности конструкции БЧ, виды готовых поражающих элементов (ГПЭ) и типы применяемых в разрывных зарядах (РЗ) взрывчатых смесей (ВС).

**Ключевые слова:** зенитная управляемая ракета, осколочно-фугасная боевая часть направленного действия, разрывной заряд, готовые поражающие элементы, боевая часть с управляемым полем поражения, предохранительно-исполнительный механизм, радиовзрыватель, ядерная боевая часть.

The conventional ammunition parts of the B-300 family of anti-aircraft guided missiles of the S-25 surface-to-air missile system of the third and fourth stages of modernization are examined. The nuclear and special warheads of anti-aircraft guided missiles<sup>1</sup> of anti-aircraft missile system S-25 are reviewed. Combat parts are described in conjunction with other components of combat equipment (combination of warheads and fuzes) of anti-aircraft guided missiles: fuse-executing mechanisms and radio fuzes. The features of the design of the warheads, the types of finished targets, and the types of explosive mixtures used in the explosive charges are indicated.

**Keywords:** anti-aircraft guided missile, directional warhead, explosive, bursting charge, finished striking elements, warhead with controlled field of destruction, safety-and-arming mechanism, radio fuse, nuclear warhead, implosive circuit.

### БЧ 5Ж91

Осколочно-фугасная (ОФ) БЧ 5Ж91 (рис. 1 [1]), разработанная в НИИ-6 [3] (в настоящее время ФГУП «ЦНИИХМ им. Д.И. Менделеева») для ЗУР 5Я25 и 5Я25М, стала дальнейшим развитием БЧ Ф-280. В связи с этим в ней также предполагалась реализация идеи направленного поля поражения [1]. Главными отличиями данной БЧ от прототипа были значительное удлинение корпуса, позволившее увеличить массу ВС, и количество ГПЭ, которые теперь располагались в несколько рядов [1].

Указанные изменения позволили увеличить поражающее действие БЧ за счёт расширения сектора поражения и увеличения плотности поля ГПЭ (рис. 2 [3]). БЧ 5Ж91 имела следующие составные элементы: корпус, дно, крышку и РЗ. Корпус изготавливался из трёх слоёв стальных ГПЭ, укладываемых на стеклоленту и скрепляемых эпоксидным компаундом горячего отверждения. Все ГПЭ, имевшие форму прямоугольного параллелепипеда, были одного размера —  $6 \times 6 \times 16$  мм. На торцах БЧ были предусмотрены кольцевые утолщения с отверстиями для крепления дна и крышки [1]. Так как БЧ имела сложную форму, обусловленную криволинейностью образующей, можно предположить, что укладка ГПЭ осуществлялась вручную в силу

ограниченных возможностей автоматизированного способа намотки стеклоленты.

Дно и крышка БЧ имели радиальные рёбра жёсткости, расположенные с наружной стороны, а по бокам имелись две стыковочные лапы. В отверстиях стыковочных лап были развальцованы стальные втулки, предназначенные для стыковки БЧ с отсеком ЗУР. Кроме того, крышка и дно имели проушины, с помощью которых осуществлялся подъём БЧ при её транспортировке или установке в ЗУР [1, 2]. Крепление дна и крышки к корпусу БЧ осуществлялось с помощью двенадцати болтов и четырёх винтов, а герметизация стыков обеспечивалась их установкой на эпоксидном компаунде. В центре дна БЧ имелся прилив с гнездом, в котором устанавливался стакан для размещения ПИМ ВДМ-8 или заглушки. РЗ представлял собой ВС ТГ-20 (20 % тротила, 80 % гексогена), которая заливалась в корпус БЧ методом вакуум-вибрационной заливки. При этом открытый торец РЗ заливался тротилом, образующим при застывании «пробку» с последующей установкой герметизирующих прокладок и крышки [1]. Используя известные геометрические соотношения, можно оценить массу ВС и коэффициент наполнения (отношение массы РЗ к массе БЧ) БЧ 5Ж91. Для ВС ТГ-20 с плотностью  $1,71 \text{ г/см}^3$  масса РЗ составит примерно 212 кг, и тогда коэффициент наполнения будет

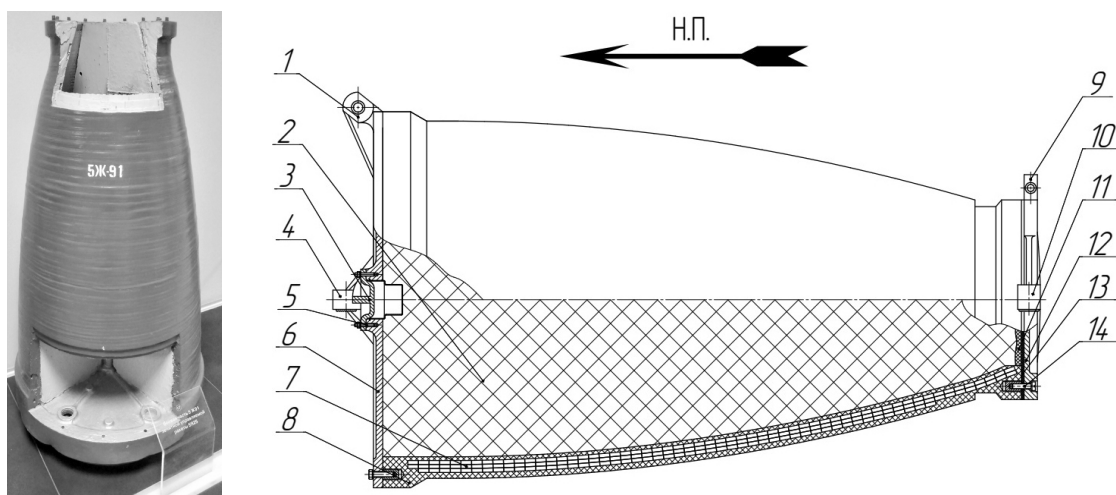


Рис. 1. Слева: учебная БЧ 5Ж91 из демонстрационно-музейного зала кафедры СМ4 «Высокоточные летательные аппараты» МГТУ им. Н.Э. Баумана;

Справа: конструктивно-компоновочная схема БЧ 5Ж91 (Н.П. — направление полёта ЗУР):

1, 9 — проушины; 2 — РЗ; 3 — заглушка; 4, 10 — стыковочные лапы; 5 — шпилька; 6 — дно; 7 — ГПЭ; 8 — корпус; 11 — тротильная «пробка»; 12 — крышка; 13 — прокладки; 14 — болт

равняться 0,54. Основные характеристики БЧ 5Ж91 представлены в табл. 1 [1, 4].

Инициирование БЧ 5Ж91 осуществлялось по команде от РВ Е-802М-II (от 5Х48 в ЗУР 5Я25М), передающейся на ПИМ ВДМ-8 (именуемый в техническом описании [1] «воспламенительно-детонирующим механизмом») [1, 3, 5, 6]. В момент взрыва под действием расширяющихся продуктов детонации ГПЭ разлетались, образуя круговое поле поражения, близкое по форме к усечённому конусу [1]. При этом основная, большая часть ГПЭ сосредотачивалась в 70° секторе, отклонённом от оси ЗУР примерно на 70°, в то время как у БЧ Ф-280 этот сектор был всего 22° (рис. 2 [3]) при том же отклонении [3, 7]. Поражение цели осуществлялось осколочным действием, а также совместным действием ГПЭ и фугасного действия в случае подрыва БЧ на малом удалении [1]. Радиус фугасного действия БЧ, приводящего к разрушению конструкции планера воздушной цели при разрушающем импульсе 100 кгс·с/м<sup>2</sup>, в зависимости от высоты полёта цели, представлен в табл. 2 [6].

Таблица 1

Основные характеристики боевой части 5Ж91

| Тип БЧ                                           | ОФ направленного действия |
|--------------------------------------------------|---------------------------|
| Диаметр переднего торца, м                       | 0,56                      |
| Диаметр заднего торца, м                         | 0,3                       |
| Длина, м                                         | 1,065                     |
| Общая масса (без ПИМ), кг                        | 390                       |
| Тип ВС                                           | ТГ-20                     |
| Масса ВС (при $\rho = 1,71 \text{ г/см}^3$ ), кг | ~ 212                     |
| Коэффициент наполнения                           | ~ 0,54                    |
| Количество ГПЭ                                   | ~36 000                   |
| Материал ГПЭ                                     | сталь                     |
| Масса одного ГПЭ, г                              | 4,3                       |
| Размеры одного ГПЭ, мм                           | 6×6×16                    |
| Начальная скорость разлёта ГПЭ, м/с:             |                           |
| на переднем фронте                               | ~ 1800                    |
| на заднем фронте                                 | ~ 2400                    |

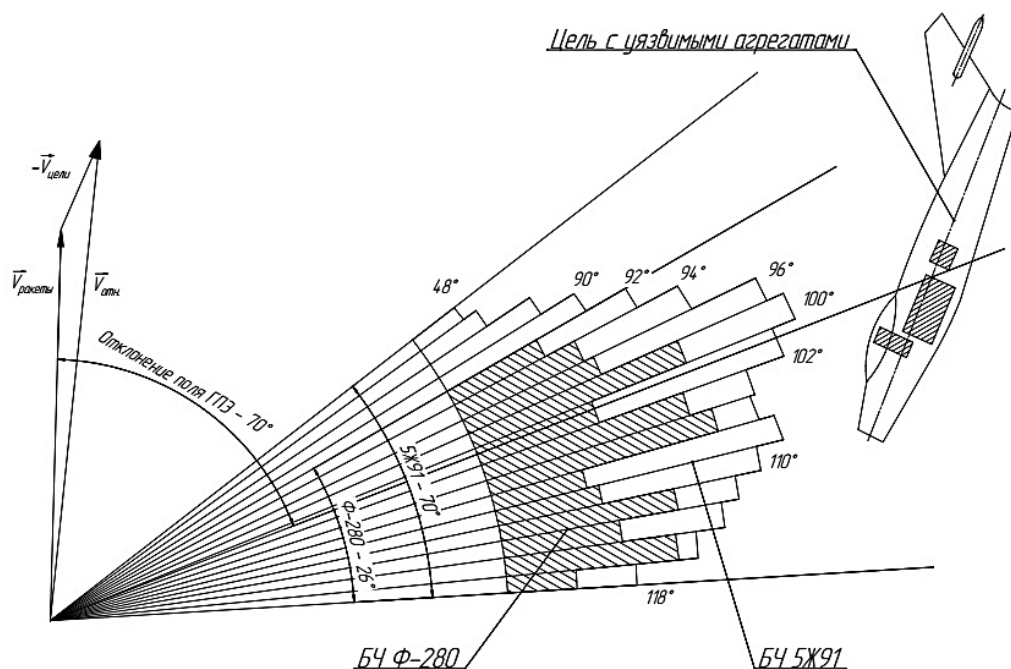


Рис. 2. Сравнение гистограмм плотности полей ГПЭ при действии по истребителю МиГ-15 БЧ Ф-280 и БЧ 5Ж91

Таблица 2

Радиус фугасного действия БЧ 5Ж91 на различных высотах

|                      |     |    |    |    |    |    |    |       |
|----------------------|-----|----|----|----|----|----|----|-------|
| H, км                | 1,5 | 3  | 5  | 10 | 15 | 20 | 25 | 30–35 |
| R <sub>фуг</sub> , м | 17  | 16 | 15 | 12 | 10 | 7  | 5  | 4     |

РВ 5Х48 являлся активным РВ, реализующим импульсный принцип выделения сигнала, который работал в сантиметровом диапазоне длин волн. По структурной схеме 5Х48 представлял собой гетеродинный РВ с отдельными трактами приёма и передачи, имеющим отдельные антенные входы [5, 6]. Классификация РВ Е-802М-II дана в части 1 настоящей статьи.

### БЧ 5Ж97

Для ЗУР семейства В-300 БЧ 5Ж97 (рис. 3 [8]) стала последней БЧ обычного снаряжения, принятой на вооружение. Она была разработана, вероятно, в НИИ-6 и предназначалась для снаряжения ЗУР 5Я24 (рис. 4 [9]). Главной особенностью БЧ 5Ж97 была попытка реализации принципа управляемого поля поражения. Этого предполагалось достичь путём введения в конструкцию БЧ двух точек инициирования РЗ, использование которых зависело от условий встречи ЗУР с целью [4, 8, 10].

Конструкция БЧ также состояла из корпуса, дна, крышки и РЗ. Металлопластиковый корпус,

имевший бочкообразную форму, представлял собой стеклопластиковую конструкцию на основе эпоксидного связующего, армированную стальными ГПЭ. Слой ГПЭ в форме прямоугольного параллелепипеда имел переменную толщину, достигавшуюся комбинациями способов укладки двух типов ГПЭ:  $6 \times 6 \times 12$  мм и  $7 \times 7 \times 9$  мм. По бокам дна и крышки были установлены по два установочных ушка с отверстиями для стыковки БЧ с ЗУР. В верхней же части дна и крышки имелись такелажные ушки, предназначенные для подъёма БЧ в процессе её транспортировки или установки в ЗУР. Герметичность корпуса БЧ достигалась установкой дна и крышки к торцам корпуса на эпоксидном компаунде, с последующим закреплением их самонарезными винтами. РЗ представлял собой ВС на основе тротила и гексогена.

Предполагается, что, как и в БЧ 5Ж91 — использовалась ВС ТГ-20, которая снаряжалась методом вакуум-вибрационной заливки. В этом случае перед установкой прокладок и крышки в РЗ также формировалась тротиловая «пробка». Используя известные геометрические соотноше-

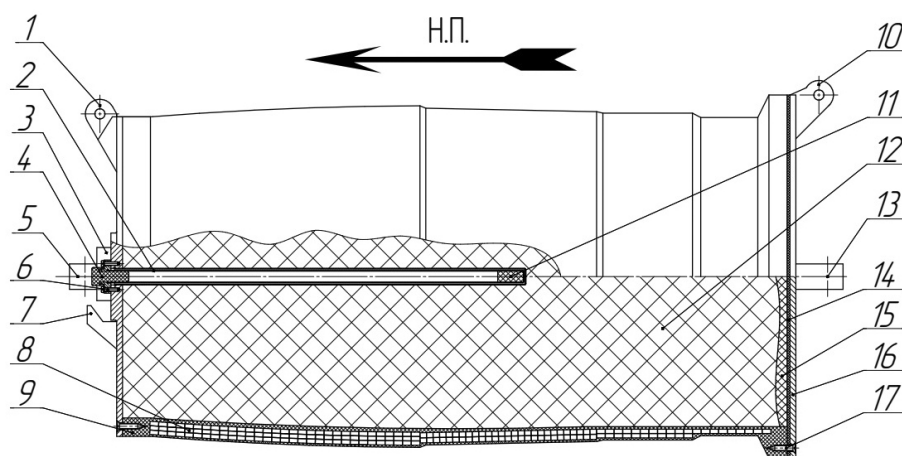


Рис. 3. Конструктивно-компоновочная схема БЧ 5Ж97 (Н.П. — направление полёта ЗУР):

1, 10 — такелажные ушки; 2 — трубка с волноводом; 3 — направляющий выступ; 4 — заглушка; 5, 13 — установочные ушки; 6 — винт; 7 — клиновой захват; 8 — ГПЭ; 9 — корпус; 11 — третиловая шашка; 12 — РЗ; 14 — прокладки; 15 — тротиловая «пробка»; 16 — крышка; 17 — самонарезной винт



Рис. 4. ЗУР 5Я24. Закрашен отсек БЧ



ния, можно оценить массу ВС и коэффициент наполнения БЧ 5Ж97. Для ВС ТГ-20 с плотностью  $1,71 \text{ г/см}^3$  масса РЗ составит примерно 200 кг, и тогда коэффициент наполнения будет равняться 0,52. Начальную скорость разлёта ГПЭ можно оценить, используя формулу Покровского–Гарни, приняв линейное распределение скорости продуктов детонации [11–13]. Такая оценка начальной скорости ГПЭ даёт результат, равный примерно 2210 м/с. В связи с тем, что корпус БЧ имел сравнительно простую форму, можно предположить, что намотка стеклопластика и последующая укладка ГПЭ могла осуществляться по механизированной технологии. В центральной части дна БЧ имелись отверстие под трубку и утонение, через которые детонирующие импульсы от ПИМ передавались на РЗ. Трубка крепилась ко дну БЧ с помощью развальцовки, а в неё был вставлен волновод, состоявший из стального фланца (с помощью которого волновод крепился ко дну), алюминиевой трубы и алюминиевого стаканчика с впрессованной в него тетриловой шашкой. Отверстие волновода закрывалось пластмассовой заглушкой, которая снималась при установке ПИМ в БЧ. В центральной части дна БЧ была расположена площадка, предназначенная для установки ПИМ. Фиксация и точная ориентация ПИМ обеспечивалась клиновыми захватами и направляющими выступами, в которых имелись резьбовые отверстия для его крепления. Корпус БЧ окрашивался с наружной стороны грунтом АК-070 и эмалью ХВ-124. Основные характеристики БЧ 5Ж97 представлены в табл. 3 [9, 12–14].

Поражение воздушных целей основывалось на действии поля ГПЭ и на суммарном осколочно-фугасном действии БЧ на близких расстояниях. РЗ инициировался по команде от РВ 82В6, поступающей к ПИМ 5В38, имевшему два детонатора (один служил для подрыва БЧ в торцевой точке, а второй — во внутренней точке). При необходимости подрыва БЧ с торца сигнал РВ коммутирующим устройством передавался на детонатор ПИМ, расположенный перед утонением дна. Образовавшиеся при взрыве детонатора ПИМ ударная волна и мелкие осколки через утонение дна вызывали подрыв РЗ. При необходимости подрыва БЧ изнутри сигнал от РВ коммутирующим устройством подавался на детонатор ПИМ, расположенный перед каналом волновода.

Таблица 3

Основные характеристики БЧ 5Ж97

| Тип БЧ                                           | ОФ с управляемым полем поражения                |
|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Максимальный диаметр, м                          | 0,5                                             |
| Длина, м                                         | 1,065                                           |
| Общая масса (без ПИМ), кг                        | $382^{+5}_{-2}$                                 |
| Тип ВС (предположительный)                       | ТГ-20                                           |
| Масса ВС (при $\rho = 1,71 \text{ г/см}^3$ ), кг | ~ 200                                           |
| Коэффициент наполнения                           | ~ 0,52                                          |
| Количество ГПЭ                                   | ~ 32 000                                        |
| Материал ГПЭ                                     | сталь                                           |
| Масса одного ГПЭ, г                              | ~ 3,3                                           |
| Размеры одного ГПЭ, мм (два типа)                | $6 \times 6 \times 12$<br>$7 \times 7 \times 9$ |
| Начальная скорость разлёта ГПЭ, м/с:             | ~ 2210                                          |

Образовавшиеся при взрыве детонатора ударная волна и мелкие осколки через канал волновода осуществляли инициирование тетриловой шашки, которая вызывала подрыв РЗ. В момент подрыва БЧ под действием расширявшихся продуктов детонации разлетающиеся ГПЭ образовывали круговое поле поражения, близкое по форме к усечённому конусу. При этом в случае подрыва БЧ с торца максимум плотности поля ГПЭ располагался посередине угла разлёта, а в случае подрыва изнутри максимум плотности смещался к передней границе поля поражения. Наличие у БЧ 5Ж97 двух точек инициирования усиливало вероятность поражения, а также повышало надёжность срабатывания. Последнее обеспечивалось выдачей РВ с небольшой задержкой дополнительного сигнала на подрыв обоих детонаторов ПИМ [8].

ПИМ 5В38 предохранял БЧ от подрыва в служебном обращении ЗУР, при её старте и на траектории полёта до момента его взведения. По соответствующему сигналу РВ он выдавал детонационный импульс на подрыв БЧ в одной из точек инициирования, а на 70-й секунде полёта — детонационный импульс на ликвидацию ЗУР. ПИМ устанавливался на площадку дна БЧ, поджимался клиновыми захватами и крепился винтами к направляющим выступам [8].

РВ 82В6 являлся активным РВ, реализующим импульсный принцип выделения сигнала и работавший в сантиметровом диапазоне длин

волн. По структурной схеме РВ 82В6 представлял собой гетеродинный РВ с отдельными трактами приёма и передачи, имевший отдельные антенные входы [15].

### Специальные боевые части

Каждый зенитный ракетный полк ЗРС С-25 «Беркут» имел в своём составе 3 ЗУР, оснащённые СБЧ [15]. Данные СБЧ создавались с целью обеспечения возможности отражать массированные налёты авиации противника, проводившиеся в плотных боевых порядках. В настоящем разделе рассмотрены СБЧ, которыми оснащались принятые на вооружение ЗУР ЗРС С-25.

### СБЧ С2

СБЧ С2 (рис. 5 [7]) стала первой отечественной СБЧ для ЗУР, принятой на вооружение и запущенной в серийное производство [2, 4, 8]. Она была разработана для ЗУР 215 в КБ-25 (в настоящее время ВНИИА им. Н.Л. Духова) под руководством Н.Л. Духова (1904–1964), в связи с выходом постановления Совета Министров СССР (СМ СССР) от 22 марта 1955 года [2, 5]. Согласно [10], СБЧ С2 представляла собой адаптированный под ЗУР ядерный боевой заряд РДС-9 [16, 17], созданный для первой советской ядерной торпеды Т-9, имевшей калибр 533 мм. Учитывая то, что диаметр ЗУР 215 составлял 650 мм, а БЧ ЗУР семейства В-300 имели диаметр более 500 мм, такое решение представляется вполне возможным. Косвенным подтверждением этому является одинаковая мощность взрыва СБЧ С2 и РДС-9, равнявшаяся 10 килотоннам в тротиловом эквиваленте [4, 10, 16, 17]. Очевидно, СБЧ С2, как и её аналог РДС-9, были выполнены по импловивной схеме

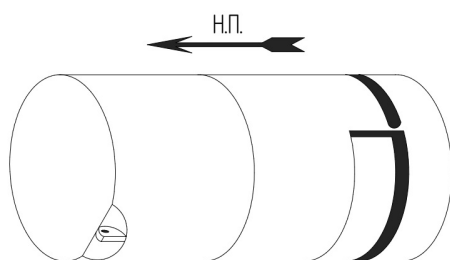


Рис. 5. Контурный чертёж СБЧ С2. Н.П. — направление полёта ЗУР

[16, 17]. Масса СБЧ С2 составляла 380 кг [7]. Для обеспечения её функционирования отсек СБЧ в ЗУР 215 был теплоизолирован и оснащён электрообогревателем с автоматикой включения и выключения обогрева [7].

СБЧ С2 должна была обеспечивать поражение воздушных целей при массированном налёте авиации противника в плотных боевых порядках, когда разрешающая способность станции Б-200 не обеспечивала наведения на отдельный самолёт [4]. Первое испытание СБЧ С2 в составе ЗУР 215 было проведено на полигоне Капустин Яр 19 января 1957 года и стало известно как операция «ЗУР-215» [18, 19]. По результатам испытания 2 бомбардировщика Ил-28, летевшие на высоте 10 км с интервалом около километра, были уничтожены ЗУР 215, взорвавшейся на расстоянии 200 м от первой цели. Как указывается в [2, 4], в результате взрыва СБЧ у обоих Ил-28 разрушились консоли крыльев. Позднее испытания ЗУР 215 повторили 6 сентября 1961 года в рамках операции «Гроза» [18, 19].

### СБЧ РА-4

СБЧ РА-4 (рис. 6 [7, 20, 21]) была разработана для ЗУР 218, предположительно, в КБ-25 [10, 21, 22]. Наиболее вероятно, что в данной СБЧ также была реализована импловивная схема. Компонировочно, отсек СБЧ РА-4 располагался за воздушными рулями ЗУР 218, отличительной особенностью которого также являлось наличие теплоизоляции и электрообогревателя с автоматикой включения и выключения обогрева [7].

Теплоизоляция состояла из двух слоёв стеклоткани, между которыми помещался слой стекловаты. Обогреватель выполнялся в виде электронагревателя из проволоки с большим

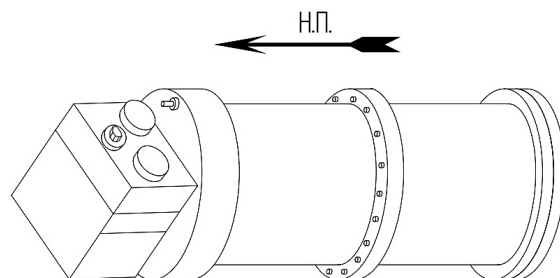


Рис. 6. Контурный чертёж СБЧ РА-4. Н.П. — направление полёта ЗУР

электрическим сопротивлением, вмонтированной внутри стеклотекстолитового листа [21]. Масса СБЧ РА-4 составляла 247 кг [7].

СБЧ РА-4 приводилась в действие по команде от РВ 5Е19, разработанного в НИИ-504 [10, 21, 22]. РВ 5Е19 являлся активным РВ, реализующим импульсный принцип выделения сигнала. Взрыватель работал в сантиметровом диапазоне длин волн и структурно представлял собой гетеродинный РВ с отдельными трактами приёма и передачи, имеющий отдельные антенные входы [20, 23]. Дальность срабатывания РВ составляла 250 м [20].

### СБЧ ТА26

Она (рис. 7 [24]) стала последней БЧ ЗУР семейства В-300, принятой на вооружение. Создание СБЧ ТА26 проводилось для оснащения ЗУР 44Н6 (рис. 8 [24]). Отличительной особенностью ТА26 являлось то, что она была СБЧ перемен-

ной мощности [24, 25]. Масса СБЧ, очевидно, не превосходила 382 кг [8, 24]. Разработка ТА26 проводилась в КБ-25. Комплексно с самой СБЧ от изготовителя поставлялся шифратор АЗЭ6 [24, 25]. Предполагается, что и в СБЧ ТА26 была реализована импловзивная схема устройства. Для обеспечения работы барометрической системы СБЧ ТА26 приёмники воздушного давления ПД-5 устанавливались на верхнем и нижнем крыльях ЗУР 44Н6.

В отсеке СБЧ применялась термоизоляция со специальной окраской отсека, предназначенной для обеспечения необходимого теплового режима при содержании ЗУР в естественных условиях. Теплозащита была выполнена в виде отдельных матов из стекловолокна, обшитых кремнеземной тканью. Как и СБЧ РА-4, СБЧ ТА26 приводилась в действие по команде от РВ 5Е19 [23, 25].

### Заключение

БЧ ЗУР ЗРС С-25 стали одними из первых в мире БЧ ЗУР, явив собой появление совершенно нового вида оружия. Нельзя не отметить тот факт, что данные БЧ в варианте обычного снаряжения испытывались в составе ЗУР по реальным аналогам стратегических бомбардировщиков вероятного противника, что демонстрирует огромную важность, которую отводили данному проекту в то время. Многие технические решения, отработанные в БЧ ЗУР семейства В-300, используются в отечественных БЧ ЗУР по настоящее время, что подчёркивает исключительную роль данного этапа становления зенитного ракетного вооружения (ЗРВ) нашей страны. Именно для ЗРС С-25 впервые были созданы и приняты на вооружение СБЧ, отработка которых изначально также производилась по реальным самолётам.

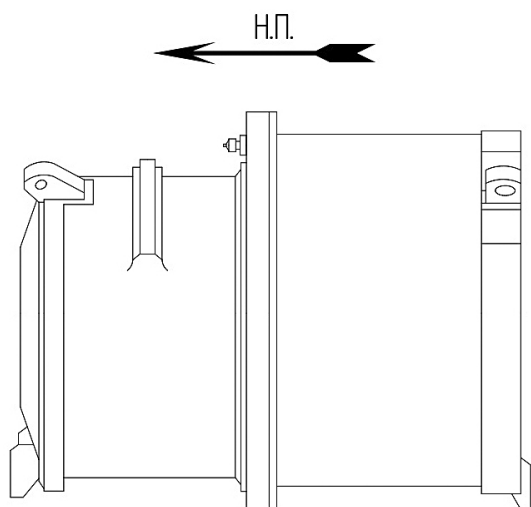


Рис. 7. Контурный чертёж СБЧ ТА26. Н.П. — направление полёта ЗУР

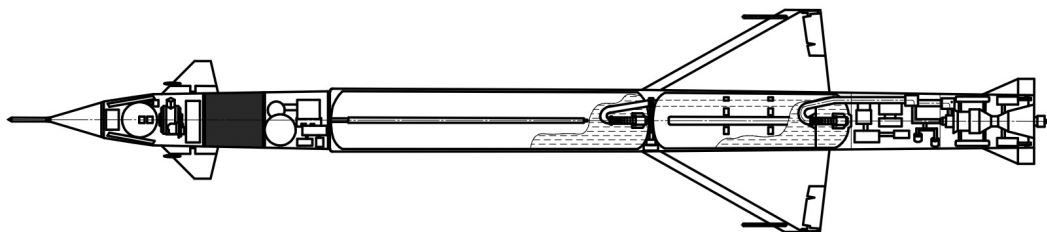


Рис. 8. ЗУР 44Н6. Закрашен отсек БЧ

Очевидно, что все разработанные СБЧ не были взаимозаменяемыми (или «сменными» по терминологии военных специалистов) с БЧ обычного снаряжения, поэтому для каждой СБЧ разрабатывалась или модификация, или новая ЗУР. Так, для СБЧ С2 ЗУР 215, для СБЧ РА-4 — ЗУР 218 и для СБЧ ТА26 — ЗУР 44Н6. С одной стороны, в то время не было принято предъявлять требования к разработчикам СБЧ как со стороны головной организации по разработке ЗУР, так и со стороны головной организации по разработке ЗРС, а разработчики СБЧ занимали привилегированное положение. С другой стороны, применение СБЧ повышало требования к надёжности ЗУР, что приводило к существенной модернизации или разработке новой ЗУР. Такой подход являлся весьма затратным, поэтому в более поздних разработках отечественных зенитных ракетных комплексов от него отказались.

В БЧ обычного снаряжения ЗУР В-300 ЗРС С-25 впервые в СССР были реализованы следующие научно-технические решения:

- применение ГПЭ в боеприпасах столь крупного калибра;
- комбинирование ГПЭ разных габаритно-массовых параметров;
- применение мультикумулятивной схемы с цепью искровых электродетонаторов и сегментными облицовками одиночных кумулятивных зарядов;
- предприняты попытки создания ОФ БЧ направленного действия;
- использование композиционных материалов в качестве несущей конструкции корпуса БЧ.

Следует отметить, что отработка БЧ с управляемым полем поражения началась в т.ч. с ЗУР ЗРС С-25. Кроме того, необходимо иметь в виду, что отработка всех БЧ ЗУР семейства В-300 происходила отдельно от ЗУР.

Конструкции БЧ ЗУР ЗРС С-25 являются иллюстрацией развития отечественных БЧ ЗУР с момента зарождения ЗРВ в начале 50-х годов XX века вплоть до конца 70-х годов, когда СССР окончательно утвердился в качестве лидера в области ЗРВ. Понимание тенденций развития конструктивных решений в данной области, несомненно, может послужить хорошим уроком современному поколению студентов инженерных вузов, разработчиков и конструкторов.

Авторы выражают благодарность выпускнику кафедры СМ4 «Высокоточные летательные аппараты» МГТУ им. Н.Э. Баумана Медельцеву А.А., который принимал участие в сборе и анализе материалов и информации о ЗРС С-25.

## Литература

1. Ракета 5Я25М. Техническое описание. Книга 1: общие сведения. Устройство ракеты. — М.: Воениздат, 1978. 127 с. URL: <http://historykpvo.narod2.ru> (дата обращения 19.12.2018).
2. 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).
3. Альбом иллюстраций изделия 5Я25 (Акт по совместным испытаниям ракеты 5Я25 в составе огневого комплекса системы-25М. 1967 г.): URL: <http://historykpvo.narod2.ru> (дата обращения 15.12.2018).
4. Ангельский Р. Ракетные леса Подмосковья // Техника и вооружение вчера, сегодня, завтра. 2002. № 4. С. 13–18.
5. Ракета 5Я25М. Техническое описание. Книга 4: радиовзрыватель 5Х48. — М.: Воениздат. 1978. 88 с. URL: <http://historykpvo.narod2.ru> (дата обращения 19.12.2018).
6. Акт по заводским испытаниям ракеты 5Я25М (войсковая часть 29139), 1970 г. URL: <http://historykpvo.narod2.ru> (дата обращения 20.12.2018).
7. 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).
8. Ракета 5Я24. Техническое описание. Книга 1: общие сведения. Устройство ракеты. — М.: Воениздат, 1985. 133 с. URL: <http://historykpvo.narod2.ru> (дата обращения 19.12.2018).
9. Ганин С.М. Первая отечественная зенитная ракетная система ПВО Москвы — С-25 «Беркут» // Невский бастион. Военно-технический сборник. 1997. № 2. С. 25–32.



10. 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).

11. Рассоха С.С., Селиванов В.В. Осколочное действие боеприпасов: учебное пособие / под общ. Ред. В.В. Селиванова. — М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. 209 с.

12. Физика взрыва / Под ред. Л.П. Орленко. Изд. 3-е, испр. В 2 т. Т. 1. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. 832 с.

13. Физика взрыва / Под ред. Л.П. Орленко. Изд. 3-е, испр. В 2 т. Т. 2. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. 656 с.

14. Ракета 5Я24. Техническое описание. Книга 4: радиовзрыватель 82В6. — М.: Воениздат, 1986. 128 с. URL: <http://historykpvo.narod2.ru> (дата обращения 19.12.2018).

15. Василин Н.Я., Гуринович А.Л. Зенитные ракетные комплексы: справочник. — Минск: Изд-во «Попурри», 2002. 463 с.

16. Ядерная торпеда Т-5. Военное обозрение. URL: <https://topwar.ru/127031-yadernaya-torpeda-t-5.html> (дата обращения 10.04.2019).

17. Т-5 / Т-V / 53-58 /изделие 233. Military Russia (Отечественная военная техника после 1945 г.). URL: <http://militaryrussia.ru/blog/topic-483.html> (дата обращения 10.04.2019).

18. Ядерные взрывы на полигоне Капустин Яр. URL: <http://www.kap-yar.ru/index.php?pg=404> (дата обращения 10.04.2019).

19. Ядерные испытания СССР. Том II: Технологии ядерных испытаний СССР. Воздействие на окружающую среду. Меры по обеспечению безопасности. Ядерные полигоны и площадки. Гла-

ва 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/sss2/1\\_9.htm](https://web.archive.org/web/20140406175913/http://www.iss-atom.ru/sss2/1_9.htm) (дата обращения 10.04.2019).

20. Зенитный стационарный комплекс С-25 (альбом с характеристиками). URL: <http://historykpvo.narod2.ru> (дата обращения 10.12.2018).

21. Акт комиссии по заводским испытаниям ракеты 218. Том I. 1963. URL: <http://historykpvo.narod2.ru> (дата обращения 19.12.2018).

22. Акт комиссии по заводским испытаниям ракеты 218. Том II. 1963 г. URL: <http://historykpvo.narod2.ru> (дата обращения 20.12.2018).

23. 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).

24. Акт государственных испытаний ракеты 44Н6 (5Я24С) в составе огневого комплекса системы С-25М1. Книга 1: Основные результаты испытаний ракеты 44Н6 в огневом комплексе С-25М1 (войсковая часть 29139), 1981. URL: <http://historykpvo.narod2.ru> (дата обращения 19.12.2018).

25. 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).