

УДК: 623.4.082:623.462

DOI: 10.53816/20753608_2022_1_112

**БОЕВЫЕ ЧАСТИ ЗЕНИТНЫХ УПРАВЛЯЕМЫХ РАКЕТ
ЗЕНИТНОЙ РАКЕТНОЙ СИСТЕМЫ С-25. ЧАСТЬ 1.
ПЕРВИЧНЫЕ БОЕВЫЕ ЧАСТИ И БОЕВЫЕ ЧАСТИ
ПОСЛЕ ПЕРВЫХ ДВУХ ЭТАПОВ МОДЕРНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ С-25**

**WARHEADS OF ANTI-AIRCRAFT GUIDED MISSILES
OF THE ANTI-AIRCRAFT MISSILE SYSTEM S-25. PART 1.
THE FIRST WARHEADS AND WARHEADS AFTER THE FIRST TWO STAGES
OF SYSTEM S-25 MODERNIZATION**

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 первичные боевые части (БЧ) обычного снаряжения зенитных управляемых ракет (ЗУР) зенитной ракетной системы (ЗРС) С-25 и БЧ после первых двух этапов модернизации. Выявлены особенности для всех БЧ системы и проведён подробный анализ их конструкции. При описании основной акцент делается на способе реализации поражающего действия и конструктивных особенностях рассматриваемых БЧ. Также описаны другие устройства, составляющие боевое снаряжение (сочетание БЧ и взрывательного устройства) ЗУР: предохранительно-исполнительные механизмы (ПИМ) и радиовзрыватели (РВ).

Ключевые слова: зенитная управляемая ракета, осколочно-фугасная боевая часть, разрывной заряд, готовые поражающие элементы, мультикумулятивная боевая часть, предохранительно-исполнительный механизм, боевая часть направленного действия, радиовзрыватель.

Primary warheads (CUs) of conventional anti-aircraft guided missiles (AAGMs) of the S-25 anti-aircraft missile system (AAMS) and warheads after the first two stages of modernization are considered. Features for all warheads of the system are revealed and a detailed analysis of their design is carried out. When describing, the main emphasis is on the method of implementing the damaging effect and the design features of the considered warheads. Also described are other devices that make up combat equipment (a combination of warheads and an explosive device) AAGMs: safety actuators (SA) and radio fuses (RF).

Keywords: anti-aircraft guided missile, high-explosive fragmentation warhead, bursting charge, finished striking elements, multicumulative warhead, safety-and-arming mechanism, directional warhead, radio fuse.

БЧ ЗУР семейства В-300

На этапе разработки ЗРС С-25 и при последующей её модернизации были предложены много-

численные варианты исполнения БЧ, а также созданы различные их образцы, которые частично были приняты на вооружение. Например, в некоторых источниках упоминается вариант БЧ ЗУР,

который по принципу действия напоминал 76-мм, так называемый «противоаэропланый» снаряд образца 1925 года. При взрыве корпус этого снаряда разделялся на сегменты, связанные тросами, которые перерезали элементы планера цели при встрече [1, 2]. Однако сведений о принятии на вооружение данного изделия не было обнаружено.

БЧ ЗУР семейства В-300 представляли собой вкладные обычные и ядерные БЧ, имеющие, как правило, максимальный диаметр корпуса 500–560 мм. При этом обычные и ядерные БЧ не являлись взаимозаменяемыми. БЧ обычного снаряжения, в большинстве своём, являлись осколочно-фугасными (ОФ) с готовыми поражающими элементами (ГПЭ) и инициировались с переднего торца по направлению полёта ЗУР. Каждая БЧ оснащалась ПИМ и приводилась в действие по команде, поступающей от РВ. Хотелось бы отдельно отметить участие в разработке, отработке в серийном производстве, испытаниях и сдаче на вооружение РВ и ПИМ к ЗУР ЗРС С-25 Н.Д. Пославского (1921–2006) инженера первого выпуска (1944 г.) кафедры ПБ-Н «Проектирование боеприпасов» МВТУ им. Н.Э. Баумана (в настоящее время кафедра СМ4 «Высокоточные летательные аппараты» МГТУ им. Н.Э. Баумана) [3]. Далее подробно рассмотрены принятые на вооружение конструкции БЧ ЗУР семейства В-300 с упоминанием некоторых опытных образцов.

БЧ Е-600

Осколочно-фугасная БЧ Е-600 (рис. 1 [4]) стала первой отечественной БЧ для ЗУР, которая была принята на вооружение. Ей оснащались ЗУР 205 (рис. 2 [5]) — первые ЗУР в семействе В300 [1, 2, 5–7]. БЧ Е-600 в различных вариантах исполнения разрабатывалась в НИИ-6 (в настоящее время ФГУП «ЦНИИХМ им. Д.И. Менделеева») коллективом под руководством В.А. Сухих [1, 2, 6–8]. Однако в техническом проекте [4] создания системы «Беркут» (первоначальное название ЗРС С-25) Е-600 называется «осколочно-зажигательной» БЧ.

Конструктивно БЧ Е-600 представляла собой относительно короткий цилиндр (отношение длины БЧ к диаметру $\sim 0,8$), ограниченный с двух сторон плоскими днищами, которые, очевидно, прикреплялись к корпусу БЧ с помощью болтов (рис. 1 [4]). Продольный размер торцевых днищ

БЧ, превышающий диаметр корпуса, судя по всему, обусловлен схемой крепления БЧ в соответствующем отсеке ЗУР. ГПЭ в виде стальных цилиндров [9] располагались на образующей цилиндрического корпуса БЧ. Число ГПЭ составляло около 2000 ед. и при этом не исключено, что в конструкции комбинировались цилиндры малых и больших масс [4]. Судя по рис. 1 [4], ГПЭ в процессе сборки БЧ размещались на корпусе БЧ, фиксировались застывающим составом наподобие мастики, а затем закрывались листовым металлом. Укладка ГПЭ могла осуществляться в составе пеналов. Разрывной заряд (РЗ) представлял собой взрывчатое вещество (ВВ) литьевого снаряжения. Можно предположить, что это мог быть не только тротил, но и взрывчатая смесь (ВС) на основе тротила с гексогеном типа ТГ или ТГА. В случае снаряжения БЧ гексогенсодержащей ВС, перед установкой прокладок и днища открытый торец РЗ заливался тротилом, образующим при застывании «пробку». Масса всей БЧ составляла 235 кг [6]. Используя известные геометрические соотношения, для БЧ Е-600 можно оценить массу ВС и коэффициент наполнения (отношение массы РЗ к массе БЧ). Для ВС ТГА-16 с плотностью 1,67 г/см³ масса РЗ соста-

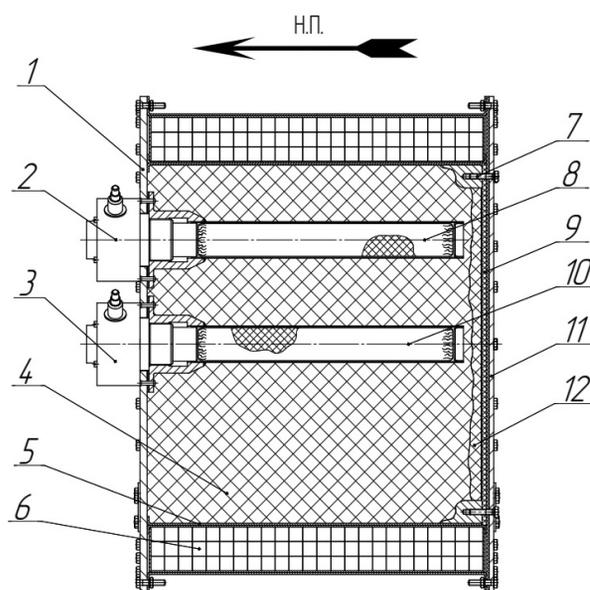


Рис. 1. Предполагаемая конструктивно-компоновочная схема БЧ Е-600 (Н.П. — направление полёта ЗУР): 1, 11 — днища; 2, 3 — ПИМ (основной и дополнительный); 4 — РЗ (разрывной заряд); 5 — корпус; 6 — ГПЭ; 7 — болт; 8, 10 — дополнительный детонатор; 9 — прокладки; 12 — тротиловая «пробка»

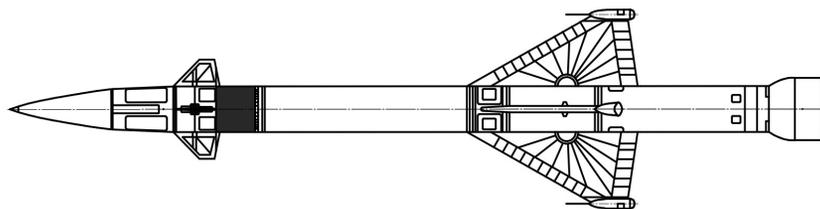


Рис. 2. ЗУР 205. Закрашен отсек БЧ

вит, примерно, 65 кг, и тогда коэффициент наполнения будет равняться 0,27. Также с учётом диаметра ЗУР 205, равного 0,65 м, и доступного материала [4, 6, 7, 9] можно определить примерные габаритные характеристики БЧ и ГПЭ. Начальную скорость разлёта ГПЭ можно оценить, используя формулу Покровского-Гарни, приняв линейное распределение скорости продуктов детонации [10–12]. Такая оценка позволяет получить начальную скорость ГПЭ, равную, примерно, 1180 м/с. Предполагаемые характеристики БЧ Е-600 представлены в табл. 1 [4, 6, 7, 9–12].

Ещё одной характерной особенностью БЧ Е-600 было наличие двух ПИМ и дополнительных детонаторов (предположительно, тетриловых). При этом один ПИМ (основной), вместе с шашкой дополнительного детонатора располагался на оси симметрии БЧ, а другой ПИМ (дополнительный) с шашкой дополнительного детонатора — в стороне от основного. Скорее

всего, данная мера была введена для повышения надёжности срабатывания БЧ, по причине несовершенства первых ПИМ. При срабатывании БЧ образовывалось равномерное (ненаправленное) круговое поле ГПЭ.

БЧ инициировалась через ПИМ по сигналу от активного РВ непрерывного излучения Е-601 [13], разработанного в ГНИИ-504 под руководством Н.С. Расторгуева (1920–1997) [1, 2, 6]. Сигнал на дополнительный ПИМ, очевидно, поступал с некоторой задержкой. Следует отметить, что в данном РВ элементы системы предохранения (предохранительный переключатель и предохранительные механизмы), механизм самоликвидации и замыкатель мгновенного действия с блоком подрывных конденсаторов конструктивно не были объединены в один блок [13, 14]. Предполагается, что принцип работы РВ Е-601 был основан на эффекте Доплера, а по структурной схеме РВ, работавший в сантиметровом

Таблица 1

Предполагаемые характеристики БЧ Е-600

Тип БЧ	ОФ («осколочно-зажигательная»)
Диаметр днищ, м	0,54
Диаметр корпуса, м	0,5
Длина, м	0,4
Общая масса БЧ (без ПИМ), кг	235
Тип ВВ/ВС (предположительный)	тротил, ТГ, ТГА
Масса ВС, кг	65
Коэффициент наполнения	0,27
Количество ГПЭ	2000
Материал ГПЭ	сталь
Масса одного ГПЭ, г	20
Размеры одного ГПЭ (диаметр/высота), мм	15/15
Начальная скорость разлёта ГПЭ, м/с (для ВС ТГА-16 при $\rho = 1,67 \text{ г/см}^3$)	1180

диапазоне, представлял собой гетеродинный РВ с отдельными трактами приёма и передачи, и с отдельными антенными входами.

Полигонные испытания ЗУР 205 в 1953 году продемонстрировали в целом положительные результаты, хотя и выявилась недостаточная эффективность БЧ Е-600, она поражала цель при пролёте не далее 25–30 м (50 м, согласно [9]), вместо требуемых 75 м и для гарантированного поражения самолета типа Ту-4 требовалось, как правило, две-три ЗУР 205 [7]. Поэтому требовалось создание более эффективной БЧ.

БЧ В-196

Ввиду недостаточной эффективности ЗУР 205 с БЧ Е-600 было принято решение создать для новой ЗУР 207А (рис. 3 [6]) БЧ с большей эффективностью действия. Поэтому были разработаны и испытаны три варианта БЧ: две кумулятивного действия и одна — ОФ направленного действия [7, 8]. По результатам испытаний на вооружение была принята мультикумулятивная БЧ, получившая индекс В-196 (рис. 4 [14, 15]). БЧ В-196 была разработана в НИИ-6 коллективом, возглавляемым Н.С. Житких, в 1955 году [1, 6]. БЧ состояла из 196 одиночных дальнобойных кумулятивных

зарядов (КЗ) (рис. 4 [14, 15]) с индексом ЖСБ-00, расположенных радиально вокруг оси инициирования (14 рядов по 14 КЗ в каждом) [14]. При этом центральные КЗ были расположены перпендикулярно оси БЧ, а торцевые имели некоторый наклон к оси в направлении к центру БЧ, по-видимому, увеличивающийся до 5° по мере приближения к торцу БЧ. Кроме того, каждый круговой ряд КЗ был повернут относительно предыдущего на 1°–2° [14, 15]. Данное конструктивное решение, возможно, имело целью создать большую плотность поля поражения у центра БЧ, а также увеличить вероятность поражения цели. Каждый КЗ состоял из цилиндро-конического корпуса, РЗ (наиболее вероятно применение ВС типа ТГ), сегментной облицовки (предположительно стальной) и прижимной крышки (рис. 4 [14, 15]). К трубе БЧ КЗ крепились за счёт резьбы, выполненной на корпусах КЗ и на внутренних поверхностях гнезд трубы. От гнезд отходили специальные каналы, в которых устанавливались передаточные детонаторы (вероятно, тетриловые шашки), упирающиеся в центральную трубу, где располагалось иницилирующее устройство, боевая трубка БН-7. Учитывая то, что диаметр ЗУР 207А равен 0,65 м, а также используя материал из [14, 15], можно оценить габариты БЧ

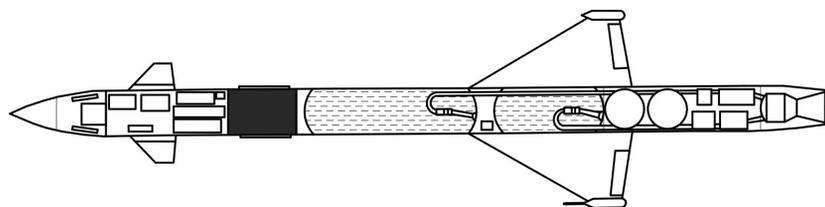


Рис. 3. ЗУР 207А. Закрашен отсек БЧ

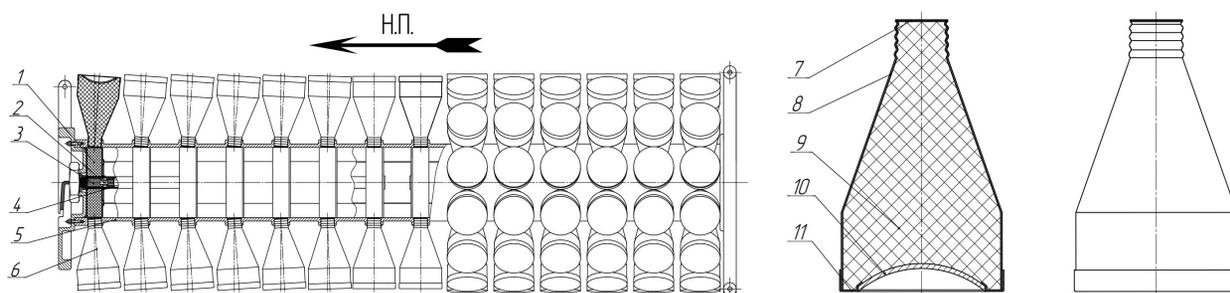


Рис. 4. Конструктивно-компоновочная схема БЧ В-196 и КЗ ЖСБ-00 (Н.П. — направление полёта ЗУР):
 1 — передаточный детонатор; 2 — электродетонатор; 3 — основной детонатор; 4 — боевая трубка БН-7;
 5 — труба БЧ; 6 — КЗ ЖСБ-00; 7 — прокладка; 8 — корпус КЗ; 9 — РЗ; 10 — кумулятивная облицовка;
 11 — прижимная крышка

В-196, КЗ ЖСБ-00 и определить для них коэффициент наполнения. Основные характеристики БЧ В-196 и КЗ ЖСБ-00 вместе с результатами проведённых оценок представлены в табл. 2 [14, 15].

Боевая трубка БН-7 представляла собой помещённую в цилиндрический корпус электрическую цепь параллельно соединённых электродетонаторов (по-видимому, искровых), установленных в шашки основных детонаторов (вероятно, тетриловых). Такая конструкция боевой трубки обеспечивала срабатывание всех КЗ с минимальным временным разбросом. Осевое инициирование БЧ осуществлялось посредством двух боевых трубок БН-7 (очевидно,

левой и правой). При подрыве БЧ образовывалось круговое поле поражения, составленное низкоградиентными кумулятивными струями с начальными скоростями 3600–3800 м/с. Следует отметить, что использование в КЗ сегментных облицовок вместо уже отработанных к тому времени конических стал для нашей страны важным шагом в становлении направления взрывного формирования компактных поражающих элементов [14, 15].

Отсек БЧ ЗУР 207А был выполнен с двойной обшивкой. Внутренняя обшивка имела отверстия в зонах напротив КЗ, чтобы корпус не препятствовал формированию кумулятивной струи. Эти отверстия прикрывались тонкой наружной обшивкой. При обслуживании ЗУР БЧ в рамках эксплуатационных мероприятий, для обеспечения доступа к люку БЧ надлежало нижний и правый рули ЗУР 207А выводить в отклонённое положение [6].

Можно отметить, что в 1957 году (после принятия на вооружение БЧ В-196) в министерстве обороны США появился секретный патент № 3998162 «Боевая часть управляемой ракеты» («Missile warheads»), рассекреченный лишь в 1976 году (рис. 5 [16]). В патенте тоже приведена мультикумулятивная БЧ, но для одновременного инициирования КЗ в ней использовалась детонационная разводка. В то же время, авторами патента (Thomas Percy Forrest, William Ernest Soper, Donald McKenzie) отмечалось, что для одновременного инициирования КЗ предпочтительнее применение цепи электродетонаторов [16]. В КЗ предусматривалось использование низкой конической облицовки, по-видимому, для формирования низкоградиентной кумулятивной струи или компактного поражающего элемента. Очевидно, решение аналогичных задач в СССР и США являлось причиной появления схожих технических решений в данной отрасли.

Для инициирования новой БЧ был разработан РВ Е-501 (другое обозначение 515) с радиусом реагирования 75 м, который представлял собой малогабаритный радиолокатор непрерывного излучения, использующий эффект Доплера, с дополнительным устройством для подрыва БЧ. РВ Е-501 имел три ступени предохранения, включённых последовательно в цепь подрыва электрозапалов и срабатывал от сигнала, отра-

Таблица 2

Основные характеристики БЧ В-196 и КЗ ЖСБ-00

Тип БЧ	Мультикумулятивная
Диаметр БЧ (наибольший), м	~ 0,54
Длина БЧ, м	~ 1,6
Общая масса БЧ, кг	327
Тип ВС (предположительный)	ТГ
Общая масса ВС, кг	221
Количество КЗ	196
Диаметр КЗ (наибольший), мм	~100
Высота КЗ, мм	~ 190
Масса КЗ, кг	~ 1,6
Масса ВС одиночного КЗ, кг	1,132
Тип облицовки КЗ	сегментная
Толщина облицовки КЗ, мм	~ 5
Прогиб облицовки КЗ, мм	~ 10
Материал облицовки (предположительный)	сталь
Коэффициент наполнения БЧ	0,67
Коэффициент наполнения одиночного КЗ	~ 0,7
Начальная скорость струи, м/с	3600–3800

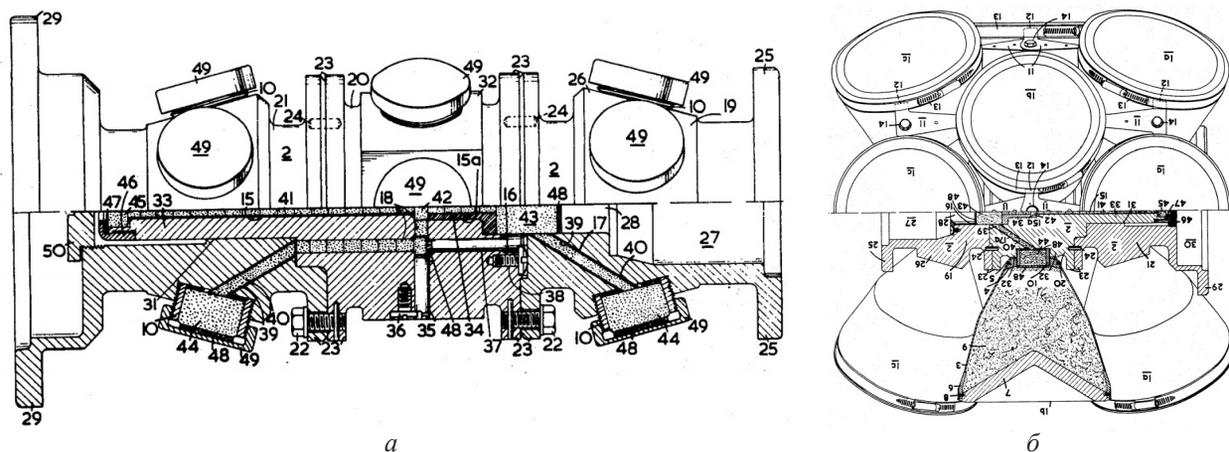


Рис. 5. Патент США №3998162 — боевая часть управляемой ракеты:
 а — вид БЧ без КЗ (слева); б — вид БЧ с КЗ (справа)

жённому целью, при её появлении в области срабатывания РВ [6, 14].

Принципиальные отличия РВ Е-501 от РВ Е-601 ЗУР 205 состояли в следующем [14]:

а) в введении блока подрывных конденсаторов мгновенного действия;

б) в изменении угла наклона максимума главного лепестка диаграммы направленности антенных систем к оси ракеты в плоскости, проходящей через ось ЗУР с 60° на 73°.

Данные изменения РВ определялись особенностями действия мультикумулятивной БЧ В-196. Таким образом, РВ Е-501 можно классифицировать как активный доплеровский РВ. По структурной схеме Е-501 представлял собой гетеродинный РВ с отдельными трактами приёма и передачи, имеющий отдельные антенные входы [14]. Предположительно, взрыватель работал в сантиметровом диапазоне длин волн.

В 1955 году для оценки эффективности действия ЗУР 207А с БЧ В-196 были проведены стрельбовые испытания по самолётам-мишеням Ил-28 и Ту-4. В числе их были [14]:

а) испытания при стрельбе по низколетящей цели;

б) испытания при стрельбе по целям на средних высотах;

в) испытания при стрельбе по маневрирующей цели;

г) испытания при стрельбе с ручным сопровождением цели;

д) испытания при пониженной точности попадания;

е) испытания при стрельбе по парашютным мишеням.

Из 14 самолётов-мишеней 12 были сбиты одной ЗУР, а 2 самолёта получили повреждения. Согласно отчёту о государственных испытаниях ЗУР 207А [14], кумулятивные струи, попадая в самолёт, вызывали воспламенение топлива, разрушение силовых элементов конструкции самолёта, приводящее к его разрушению в воздухе, повреждали двигательные установки и органы управления. Отмечалась высокая воспламеняющая способность кумулятивных струй при попадании их в топливные баки: из 12 сбитых самолётов 10 загорелись в воздухе (девять Ил-28 и один Ту-4). В отчёте [14] указывалась значительно лучшая согласованность в ЗУР 207А РВ Е-501 и БЧ В-196, чем РВ и БЧ в ЗУР 205. В конечном итоге, полигонные испытания показали, что эффективность мультикумулятивных БЧ В-196 ЗУР 207А, по сравнению с БЧ Е-600 ЗУР 205, оказалась в 1,5 раза выше, что обеспечивало надёжное уничтожение целей при срабатывании БЧ ЗУР в 50 м от цели [7].

БЧ НОД-207А

В связи с тем, что кумулятивная БЧ В-196 в составе ЗУР 207А не обеспечивала гарантированного поражения бомбардировщиков при допустимых промахах до 75 м, возникла необходимость разработки новой БЧ. В это время конструкторскому коллективу из ГСКБ-47 (в настоящее время — НПО «Базальт»), возглавляемому К.И. Козорезовым (1920–2006) [1], уда-

лось разработать новую ОФ БЧ, получившую индекс НОД-207А. Разработчиками предполагалось, что конструкция данной БЧ позволит создать направленное поле поражения [7]. С декабря 1955 г. по февраль 1956 г. на полигоне «С» были проведены лётные испытания ЗУР 207А с БЧ НОД-207А со стрельбой по самолетам-мишеням Ту-4 и Ил-28. Испытания показали, что новая БЧ обеспечивала надежное поражение самолетов-бомбардировщиков типа Ту-4 и Ил-28 при промахах до 84 м от цели. Таким образом, был гарантирован расход не более одной ЗУР на поражение одной цели, что соответствовало полному выполнению основного требования технического задания. В связи с этим, по завершении испытаний, новая БЧ НОД-207А сразу же была запущена в серийное производство, а вариант ЗУР с этой БЧ, по-видимому, получил обозначение 207А3 [7, 17]. Предполагается, что команда на подрыв БЧ поступала от доплеровского РВ непрерывного излучения Е-501 (515), описанного ранее. С большой долей уверенности можно предположить, что БЧ НОД-207А яв-

лялась также и первой принятой на вооружение в СССР ОФ БЧ ЗУР, в которой предполагалась реализация направленного поля поражения.

БЧ Ф-280

ОФ БЧ Ф-280 (рис. 6 [18]) была разработана в НИИ-6 для ЗУР 217М (рис. 7 [1]) как замена непрошедшей испытания БЧ Ф-260 [7, 17–20]. Предполагается, что форма БЧ Ф-280 обусловлена влиянием БЧ НОД-207А, т.к. в данной БЧ также планировалось реализовать направленное поле поражения. Основными элементами БЧ Ф-280 были корпус, дно, крышка, и РЗ (рис. 6 [18]). Корпус являлся силовым элементом БЧ, представлявшим собой оболочку, изготовленную из стальных ГПЭ в форме прямоугольных параллелепипедов размером $7 \times 7 \times 13$ мм, удерживаемых компаундом [18].

Стеклопластик был образован несколькими слоями стеклоленты, пропитанной эпоксидным компаундом с последующей полимеризацией. ГПЭ были уложены в один ряд с ориентацией длинных граней поперёк оси симметрии БЧ и

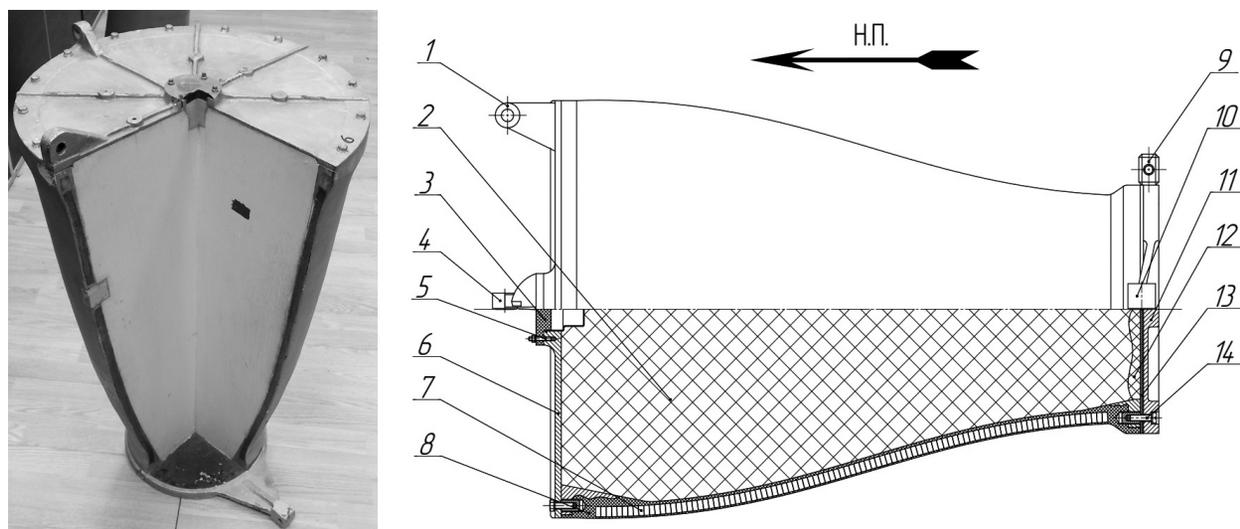


Рис. 6. Слева: учебная БЧ Ф-280 из демонстрационно-музейного зала кафедры СМ4 «Высокоточные летательные аппараты» МГТУ им. Н.Э. Баумана. Справа: конструктивно-компоновочная схема БЧ Ф-280 (Н.П. — направление полёта ЗУР): 1, 9 — проушины; 2 — РЗ; 3 заглушка; 4, 10 — стыковочные лапы; 5 — шпилька; 6 — дно; 7 — ГПЭ; 8 — корпус; 11 — крышка; 12 — тротильная «пробка»; 13 — прокладки; 14 — болт

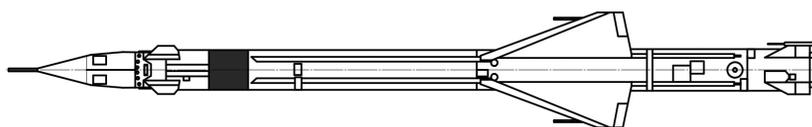


Рис. 7. ЗУР 217М. Закрашен отсек БЧ

Основные характеристики БЧ Ф-280

Тип БЧ	ОФ направленного действия
Диаметр переднего торца, м	0,596
Диаметр заднего торца, м	0,55
Длина, м	0,87
Общая масса БЧ, кг	280
Тип ВС	ТГ-20
Масса ВС, кг	171
Коэффициент наполнения	0,61
Количество ГПЭ	~18500
Материал ГПЭ	сталь
Масса одного ГПЭ, г	5
Размеры одного ГПЭ, мм (предположительно)	7×7×13
Начальная скорость разлёта ГПЭ, м/с:	~ 2500

скреплялись между собой эпоксидным компаундом [18]. Так как БЧ имела сложную форму из-за криволинейной образующей, можно предположить, что укладка ГПЭ осуществлялась вручную. Особенностью данной БЧ являлось то, что в ней материалом основной несущей конструкции выступал стеклопластик, а не металл [18]. По своей форме корпус БЧ являлся усечённым конусом с образующей в виде кривой переменного радиуса. На торцах корпуса были предусмотрены кольцевые утолщения с отверстиями для крепления дна и крышки. Дно и крышка имели радиальные рёбра жёсткости, расположенные с наружной стороны корпуса, а также размещённые по бокам две стыковочные лапы с отверстиями, в которых были развальцованы втулки для стыковки БЧ с отсеком ЗУР. В верхних частях дна и крышки имелись проушины для подъёма БЧ. Герметичность корпуса БЧ достигалась установкой дна и крышки на торцы корпуса на эпоксидном компаунде, которые затем крепились шестнадцатью болтами каждая. В центре дна имелся прилив с гнездом, заканчивавшийся стаканом для установки ПИМ ВДМ-8. В прилив были ввинчены четыре шпильки с гайками для крепления ПИМ ВДМ-8 или заглушки. РЗ представлял собой 171 кг литой ВС ТГ-20 (80% гексогена, 20% тротила) [18, 20]. Общая масса БЧ Ф-280 составляла 280 кг, а коэффициент наполнения — 0,61. При установке крышки также создавалась тротиловая «пробка». Основные характеристики БЧ Ф-280 представлены в табл. 3 [18, 20].

БЧ Ф-280 осуществляла поражение воздушных целей полем одинаковых стальных ГПЭ, а на близких расстояниях цели поражались совместным осколочным и фугасным действием [18]. РЗ БЧ детонировал по команде, поступающей с РВ Е-802М (или Е-802М-П) на ПИМ ВДМ-8 [17, 20, 21]. В момент взрыва под действием расширяющихся продуктов детонации ГПЭ разлетались с образованием кругового, направленного в сторону полёта ЗУР осколочного поля поражения, близкого по форме к усечённому конусу [18]. При этом основная большая часть ГПЭ сосредотачивалась в 22° секторе, отклонённом от оси ЗУР, примерно, на 70° [22, 23].

РВ Е-802М-П обеспечивал эффективное поражение при большом диапазоне скоростей ЗУР и цели, а также при различных углах встречи и

при промахах до 75 м по самолёту Ил-28 (фронтальной бомбардировщик) и 60 м — по самолёту МиГ-17 (истребитель). Он являлся активным РВ, реализующим импульсный принцип выделения сигнала и работавшим в сантиметровом диапазоне длин волн. По структурной схеме Е-802М-П представлял собой гетеродинный РВ с отдельными трактами приёма и передачи сигнала, имеющим отдельные антенные входы [21].

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. Ганин С.М. Первая отечественная зенитная ракетная система ПВО Москвы — С-25 «Беркут» // Невский бастион. Военно-технический сборник. 1997. № 2. С. 25–32.
2. Зенитный ракетный комплекс С-25 «беркут» (SA-1 Guild). URL: <http://pvo.guns.ru/s25/s25.htm> (дата обращения 18.12.2018).
3. Кафедра «Высокоточные летательные аппараты» МГТУ им. Н.Э. Баумана. Люди, события, история развития. 1938–2013 [под общ. ред. В.В. Селиванова]. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2013. 422 с.

4. Куксенко П.Н. Технический проект. Раздел I. Общая характеристика комплекса ПВО «Беркут». 1951 г. URL: <http://historykpvo.narod2.ru> (дата обращения 16.12.2018).
5. Памятник «Ракета В-300». Зенитно-ракетная система С-25 «Беркут». Изделие «217М» зав. № 6222618/6222655. URL: <http://c-25.su/> (дата обращения 18.12.2018).
6. Ангельский Р. Ракетные леса Подмосковья // Техника и вооружение вчера, сегодня, завтра. 2002. № 3. С. 9–14.
7. Серов Г.П. В-300 наша первая зенитная ракета. URL: <https://aviator.guru/blog/437014-67987/V-300-%E2%80%93-nasha-pervaya-zenitnaya-raketa> (дата обращения 17.12.2018).
8. Василин Н.Я., Гуринович А.Л. Зенитные ракетные комплексы: справочник. — Минск: Изд-во «Попурри». 2002. 463 с.
9. Архангельский И.И., Афанасьев П.П., Голубев Е.Г. и др. Проектирование зенитных управляемых ракет / Под ред. И.С. Голубева и В.Г. Светлова. 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Изд-во МАИ. 2001. 732 с.
10. 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.
11. Пироправка. Справочник по взрывчатым веществам, порохам и пиротехническим составам. 6-е издание. — М.: 2012. 310 с. URL: <https://docplayer.ru/25882729-Pirospravka-spravochnik-po-vzryvchatym-veshchestvam-poroham-i-pirotehnikeskim-sostavam.html> (дата обращения 20.04.2019).
12. Физика взрыва / Под ред. Л.П. Орленко. Изд. 3-е, испр. в 2 т. Т. 2. — М.: ФИЗМАТЛИТ. 2004. 656 с.
13. Система противовоздушной обороны г. Москвы. URL: <http://historykpvo.narod2.ru> (дата обращения 25.04.2019).
14. Отчёт 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).
15. Макеты ЗУР системы С-25 в музее НПО им. Лавочкина. URL: http://www.missiles.ru/foto_S-25.htm (дата обращения 19.12.2018).
16. Pat. 3998162 US. F42B13/10, F42B12/14. Missile warheads / Thomas Percy Forrest, William Ernest Soper, Donald McKenzie (USA) – №761442. Application 17.09.1957 Publ. 21.12.1976. US3998162A.
17. Многоканальные стационарные зенитные ракетные комплексы ПВО. Военный паритет. URL: http://www.militaryparitet.com/nomen/russia/rocket/rocketcomplex/data/ic_nomenrussiारocketrocketcomplex/4/ (дата обращения 10.04.2019).
18. Ракета 217М. Техническое описание. Книга 1: устройство ракеты. Общие сведения. — М.: Воениздат. 1981. 129 с. URL: <http://historykpvo.narod2.ru> (дата обращения 19.12.2018).
19. Ангельский Р. Ракетные леса Подмосковья // Техника и вооружение вчера, сегодня, завтра. 2002. № 4. С. 13–18.
20. Зенитный стационарный комплекс С-25 (альбом с характеристиками). URL: <http://historykpvo.narod2.ru> (дата обращения 10.12.2018).
21. Ракета 217М. Техническое описание. Книга 4: радиовзрыватель Е-802М-II. — М.: Воениздат. 1982. 113 с. URL: <http://historykpvo.narod2.ru> (дата обращения 19.12.2018).
22. 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).
23. Альбом иллюстраций изделия 5Я25. (Акт по совместным испытаниям ракеты 5Я25 в составе огневого комплекса системы-25М. Альбом иллюстраций. 1967 г.): URL: <http://historykpvo.narod2.ru> (дата обращения 15.12.2018).