

С. А. ПЕРЕСАДА

# Зенитные ракетные комплексы



С. А. ПЕРЕСАДА

# ЗЕНИТНЫЕ РАКЕТНЫЕ КОМПЛЕКСЫ

Ордена Трудового Красного Знамени  
ВОЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО  
МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ СССР  
МОСКВА—1973

355.76

П27

УДК 623.451.8

**Пересада С. А.**

**П-27** Зенитные ракетные комплексы. М., Воениздат, 1973.

271 с.

Книга знакомит с зенитными ракетными комплексами (ЗРК) и основами их боевого применения.

В ней даются схемы построения и действия ЗРК и его боевых средств, приводятся их классификации, помещены основные тактико-технические характеристики некоторых ЗРК и зенитных управляемых ракет ряда капиталистических государств.

Весь фактический и цифровой материал, помещенный в книге, взят из зарубежной печати, а вопросы боевого применения ЗРК раскрываются по взглядам иностранных специалистов.

Книга рассчитана на широкий круг военных и гражданских читателей, интересующихся зенитным управляемым ракетным оружием.

П  $\frac{1124-193}{068(02)-73}$  105-73

355.76

© Воениздат, 1973

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Рост летно-технических характеристик авиации, появление новых средств воздушно-космического нападения в виде крылатых и баллистических ракет класса «земля-земля» заставили военных специалистов ряда стран искать средство борьбы с ними. Им оказалось зенитное управляемое ракетное оружие (ЗУРО).

Идея управления подвижными объектами на расстоянии возникла в начале XIX в., когда появилась техника электрической связи. Еще до изобретения радио проводились опыты по управлению на расстоянии судами и автомобилями, управляющие электрические сигналы на которые передавались по проводам.

После изобретения А. С. Поповым в 1895 г. радио были предложены системы для управления подвижными объектами по радио. Первые успешные опыты по радиоуправлению самолетом были проведены во Франции в 1918 г. В Австрии с 1928 по 1935 г. испытывались радиоуправляемые почтовые ракеты.

Проекты боевых зенитных управляемых ракет (ЗУР) появились в 20-х годах в нашей стране и за границей. В некоторых из них предлагался способ удержания ракеты в луче прожектора, направленном на цель. В одном из проектов, автором которого был русский инженер А. Г. Овижень, предусматривалось освещать цель прожектором, имеющим кольцевой луч. Ракета должна была удерживаться внутри светового кольца, в неосвещенной части. Для этого она снабжалась фотоэлементами, которые засвечивались при попадании ракеты в кольцо луча. При засвечивании фотоэлементов вырабатывался сигнал, который приводил в движение механизмы, возвращавшие ракету внутрь кольца. Если луч прожектора в момент встречи направлялся на цель, ракета должна

была поразить ее. Аналогичный проект появился в 1925 г. и за рубежом. Он отличался от вышеописанного тем, что ракета должна была двигаться в силовом луче прожектора, направленном на цель.

Эти, как и другие, проекты того времени не были реализованы. Тем не менее предложенные в них способы имеют принципиальное сходство с применяемым в настоящее время теленаведением ЗУР по радиолучу, причем фотоэлементы в ракете заменены радиоприемником, а сама она летит в луче радиолокатора.

Принципиально ЗУРО отличается от зенитной артиллерии использованием реактивного двигателя в летательном аппарате, несущем боевой заряд для поражения цели, и управлением полета этого летательного аппарата (его наведением) в зависимости от характеристик движения обстреливаемой цели.

Поэтому создание ЗУРО зависело в первую очередь от успешной разработки реактивных двигателей и средств наведения ракет, базировавшихся на использовании принципов радиолокации, общей радиотехники и теории автоматического регулирования.

Реактивный двигатель обеспечивал зенитной ракете по сравнению с зенитным артиллерийским снарядом ряд преимуществ: он позволял резко увеличить дальность при гораздо большей средней скорости полета, а также транспортировать к цели несравнимо больший по весу боевой заряд.

Однако применение неуправляемой ракеты вместо артиллерийского снаряда еще не решало задачи успешной борьбы со средствами воздушного нападения, особенно при стрельбе на средние и большие высоты и дальности.

Существенным преимуществом зенитной управляемой ракеты перед зенитным артиллерийским снарядом явилась возможность наводить ее на цель средствами ЗУРО. В этом отношении для разработки ЗУРО важнейшее значение имело создание радиолокационных станций (РЛС).

В современном ЗУРО радиолокационные станции решают ряд важнейших задач: они обнаруживают воздушного противника; опознают его по принципу «свой — чужой» или «ложная — истинная цель»; определяют координаты летящих целей и ЗУР, чем способствуют выработке команд наведения ракеты.

Предлагаемая вниманию читателей книга дает общее представление о современном зенитном ракетном комплексе, об основных принципах построения его боевых средств и отдельных важнейших их элементов, о схемах взаимодействия средств в процессе пуска и наведения ракет.

Вопросы боевого применения ЗРК изложены по взглядам зарубежных военных специалистов.

Следует иметь в виду, что сведения по различным проектам и образцам иностранной военной техники, взятые из зарубежной печати, часто носят рекламный характер. Поэтому к ним следует относиться критически, помня, что они могут быть завышенными.

Не следует также считать, что рассмогранные в книге образцы иностранной военной техники являются новинками и по своим характеристикам превосходят советские образцы, созданные на базе достижений нашей науки и техники.

На XXIV съезде КПСС указывалось, что принятые за последние годы меры позволили существенно укрепить мощь и боеспособность наших Вооруженных Сил. Советские люди могут быть уверены, что в любое время дня и ночи наши славные Вооруженные Силы готовы отразить нападение врага, откуда бы оно ни исходило.

Автор приносит искреннюю благодарность кандидатам технических наук Москаленко А. К., Торчинскому Г. А. и Порошину Р. Е. за ценные замечания, сделанные при подготовке рукописи к печати.

## ГЛАВА I

# ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ О ЗЕНИТНОМ УПРАВЛЯЕМОМ РАКЕТНОМ ОРУЖИИ

### § 1. ПЕРВЫЕ ЗЕНИТНЫЕ РАКЕТЫ

Зенитные ракеты как боевое средство впервые были применены во второй мировой войне против бомбардировщиков.

Одна из них представляла собой неуправляемую 76,2-мм ракету, которая несла мину. В верхней точке траектории открывался размещенный в ракете парашют, который извлекал мину и медленно опускал ее на тросе. При соприкосновении с тросом самолет поражался подорвавшейся миной.

Другая неуправляемая ракета, разработанная в Германии в 1944 г. и носившая название «Тайфун» (рис. 1),

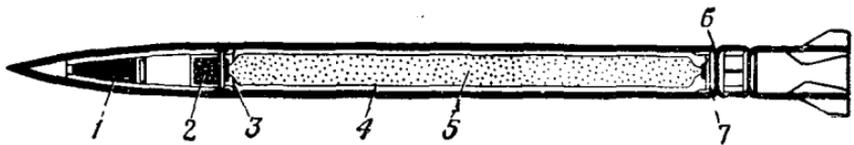


Рис. 1. Схема немецкой зенитной неуправляемой ракеты «Тайфун»: 1 — боевой заряд; 2 — аккумулятор давления; 3 — мембрана; 4 — кольцевой бак горючего (бутиловый эфир с анилином); 5 — бак окислителя (азотная кислота); 6 — мембрана; 7 — плита

предназначалась для борьбы с бомбардировщиками «Летающая крепость».

Существовало несколько вариантов этой ракеты, отличавшихся в основном тягой двигателя и временем его работы. Вариант, переданный на серийное (2 млн. штук ежемесячно) производство за несколько месяцев до окон-

чания второй мировой войны, предусматривал жидкостный ракетный двигатель (ЖРД), который разгонял ракету до скорости 900—1050 м/сек. Стартовый вес ракеты достигал 19,3 кгс, вес боевой части 0,6 кгс. Длина ракеты составляла 1,88 м, диаметр 100 мм.

Пусковая установка имела 60 стволов, обеспечивая запуск ракет с различным темпом. Например, все ракеты можно было запустить за 1,5 сек.

Благодаря устойчивой работе двигателя и стабилизации ракеты вращением в окружность диаметром 250 м на высоте 10 км укладывалось 60 ракет.

В 1949 г. по аналогии с ракетой «Тайфун» в США была разработана зенитная неуправляемая ракета с ракетным двигателем твердого топлива (РДТТ) «Локи» калибром 76 мм и длиной 1,8 м.

В ходе второй мировой войны работы над ЗУРО наиболее продвинулись в Германии, однако они не вышли из стадии экспериментальных. Известны немецкие ЗУР «Шметтерлинг» HS-117, «Рейнтохтер» I и III (рис. 2), «Энциан» E-4 и «Вассерфаль» (рис. 3), основные характеристики которых приведены в таблице.

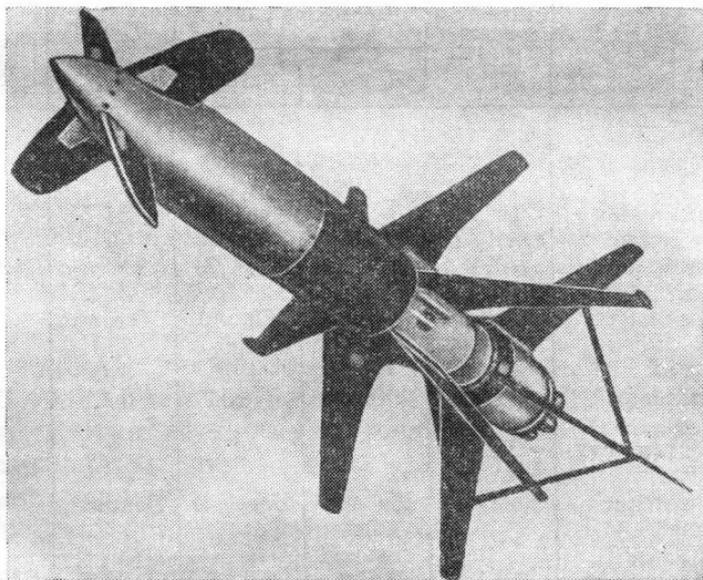


Рис. 2. Немецкая зенитная управляемая ракета «Рейнтохтер-1»

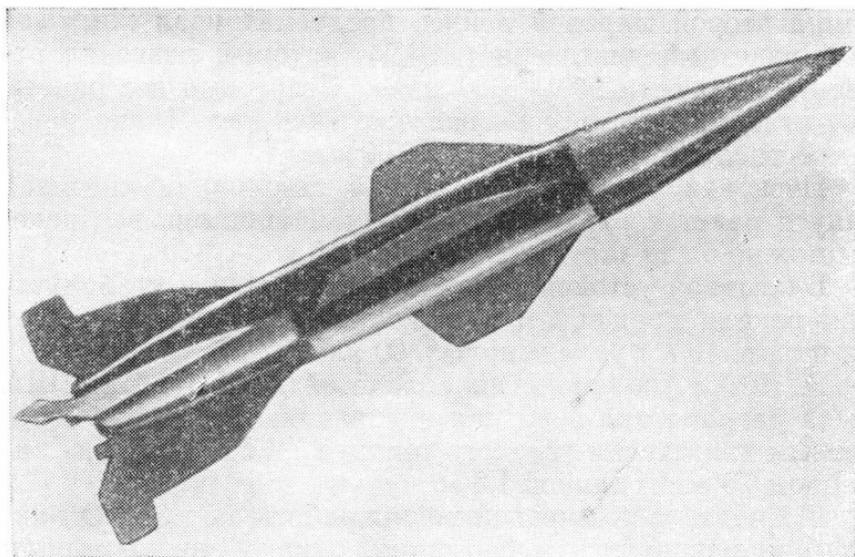


Рис. 3. Немецкая зенитная управляемая ракета «Вассерфаль»

Характеристики	Наименование ЗУР				
	„Шметтер-линг“ HS-117, 1944 г.	„Рейнтохтер“, 1944 г.		„Энциан“ Е-4, 1944 г.	„Вассер- фаль“, 1943 г.
		I	III		
Стартовый вес, <i>кгс</i>	460	1750	1560	1920	3500
Максимальная дальность, <i>км</i>	16—32	16	18	24,5	50
Максимальная высота, <i>км</i>	9	8,4	14,7	12,9	17,7
Максимальная скорость, <i>м/сек</i>	Около 300	350	Около 400	Около 250	650
Длина, <i>м</i>	3,75	5,75	4,9	3,6	7,7
Максимальный диаметр, <i>м</i>	0,35	0,54	0,54	0,89	0,81
Количество ступеней	2	2	2	2	1
Расположение ускорителей	Боковое	После- дова- тельное	Боковое	Боковое	—
Тип ускорителя	РДТТ	РДТТ	РДТТ	РДТТ	—
Тип маршевого двигателя	ЖРД	РДТТ	ЖРД	ЖРД	ЖРД

Для теленавещения этих ЗУР в Германии в 1944 г. под руководством фирмы «Телефункен» разрабатывалась единая программа «Рейнланд».

Первоначально полагали, что наиболее простым является теленавещение по радиолучу, так как оно не требовало определения координат летящей ЗУР и достаточно было иметь одну РЛС. Однако техника того времени не позволила создать РЛС с остронаправленным

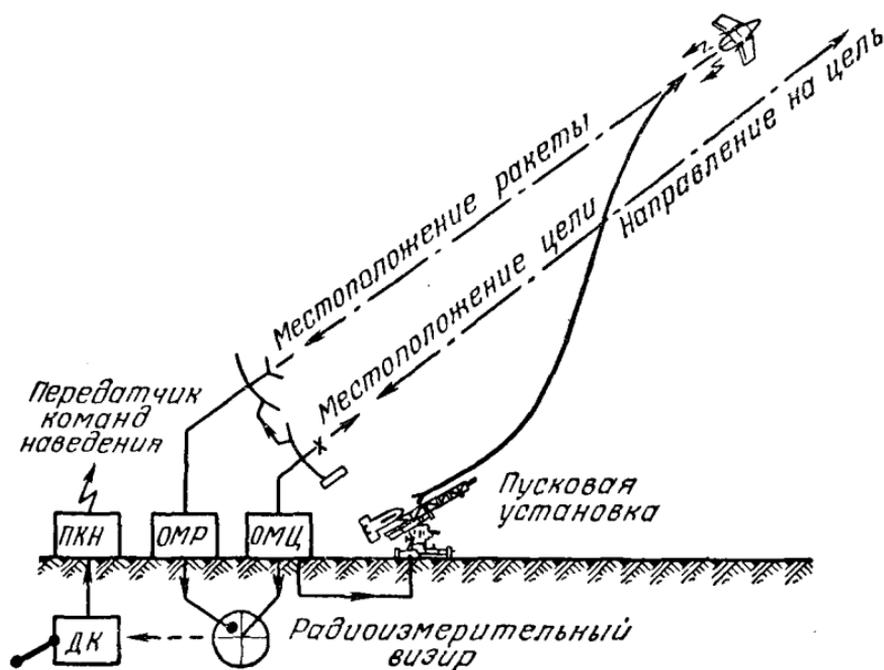


Рис. 4. Схема немецкой системы теленавещения «Рейнланд»:

ПКН — передатчик команд наведения; ОМР — определитель местоположения ракеты; ОМЦ — определитель местоположения цели; ДК — датчик команд

радиолучом, а также бортовой приемник, определяющий две координаты отклонения ЗУР от такого луча. Поэтому программа «Рейнланд» предусматривала раздельное определение местоположения цели и ЗУР, обеспечивая наведение по методу накрытия.

Средства теленавещения этой программы (рис. 4) включали: определитель местоположения цели (ОМЦ); определитель местоположения ЗУР (ОМР); радиоизмерительный визир для фиксации отклонения ЗУР от тре-

буемой траектории; датчик команд (*ДК*) для выработки соответствующих команд наведения ЗУР; передатчик команд наведения (*ПКН*) на ЗУР; приемник команд наведения на борту ЗУР.

Для определения местоположения цели и ЗУР в *ОМЦ* и *ОМР* использовались РЛС. В наземное оборудование наведения входил также счетно-решающий прибор для учета параллакса, расчета упрежденной точки и выработки команд наведения, которые с помощью *ПКН* передавались в виде кодированных радиосигналов на борт ЗУР.

На борту ЗУР размещались радиопередатчик (ответчик), облегчавший работу *ОМР*, и ультракоротковолновый приемник радиоконанд от *ПКН*.

В перспективе для некоторых ЗУР предусматривался переход после теленаведения на самонаведение в непосредственной близости от цели (около 1—3 км). Однако в систему «Рейнланд» аппаратура самонаведения не входила.

Схема работы системы «Рейнланд» была следующей. Антенна *ОМЦ* направлялась на намеченную для обстрела цель и сопровождала ее, что позволяло снабдить счетно-решающий прибор необходимыми данными о цели для расчетов команд наведения.

В зависимости от вида старта ЗУР устройства *ОМР* работали по-разному.

При наклонном старте, когда направляющей с ЗУР придавалось определенное положение, антенна *ОМР*, как и антенна *ОМЦ*, направлялась в цель, но имела в это время широкую диаграмму направленности. Стартовавшая ЗУР попадала в эту диаграмму, которая по мере вывода ракеты на расчетную траекторию переключалась на узкую.

Для ЗУР «Вассерфаль» с вертикальным стартом антенна *ОМР* сначала направлялась на подготовленную к запуску ЗУР. После старта ракеты антенна с помощью данных счетно-решающего прибора постепенно перемещалась на цель, положение которой определялось *ОМЦ*. После вывода ЗУР на расчетную траекторию дальнейшее наведение производилось, как и при наклонном старте.

Положение летящей ЗУР относительно расчетной траектории наведения фиксировалось визуально в виде от-

клонения светового пятна от перекрестия на экране радиоизмерительного визира. В задачу оператора наведения входило совмещение и удержание светового пятна на перекрестии, что достигалось перемещением рукоятки ДК. Тем самым обеспечивалось наведение ЗУР на цель за счет радиокоманд ЛКН.

С антенной системой ОМЦ предусматривалась также связь оптического устройства, которое позволяло наводить ракету визуально путем совмещения видимого в оптический визир трассера ракеты с перекрестием. Визир в этом случае перемещался синхронно с антенной ОМЦ.

Программой «Рейнланд» предполагалось создать три модификации средств теленаведения — А, Б и В, отличавшихся в основном сложностью и диапазоном используемых радиоволн.

Установка опытной батареи ЗУР «Шметтерлинг» с системой наведения «Рейнланд» планировалась на март — апрель 1945 г. в окрестности г. Гарц, но работам помешало наступление американских войск в этом районе.

В 1944—1945 гг. в Германии делалась попытка заменить средства наведения зенитной ракеты человеком. Для этого отработывалась ракета «Наттер» (рис. 5). После почти вертикального, автоматически контролируемого старта, происходящего с учетом допустимого для пилота ускорения, ракета в течение примерно одной минуты достигала высоты 11 км. Далее пилот начинал ручную наводить ракету на атакуемый самолет или группу самолетов. Затем он сбрасывал носовой колпак, за которым были размещены неуправляемые ракеты, и производил их пуск по целям. Произведя пуск ракет, пилот парашютировался.

Ракета «Наттер» имела деревянный корпус. Четыре ускорителя с отделяющимися корпусами были бокового расположения. Маршевый ЖРД работал на перекиси водорода с гидратом гидразина и метанолом.

Были созданы ЗУР и в других странах, например: в США «Литтл Джо» (1944 г.), в Англии «Студж» (1947 г.), предназначенные для ПВО кораблей.

Американская ЗУР «Литтл Джо» (рис. 6) имела четыре РДТТ с боковым расположением. Наводилась эта крестокрылатая ракета на цель по радиокомандам с зем-

ли. Максимальная досягаемость ее по высоте составляла 3 км, а максимальная скорость — 180 м/сек. В качестве боевой части использовалась 45-кгс авиационная бомба, подрывавшаяся у цели радиовзрывателем.

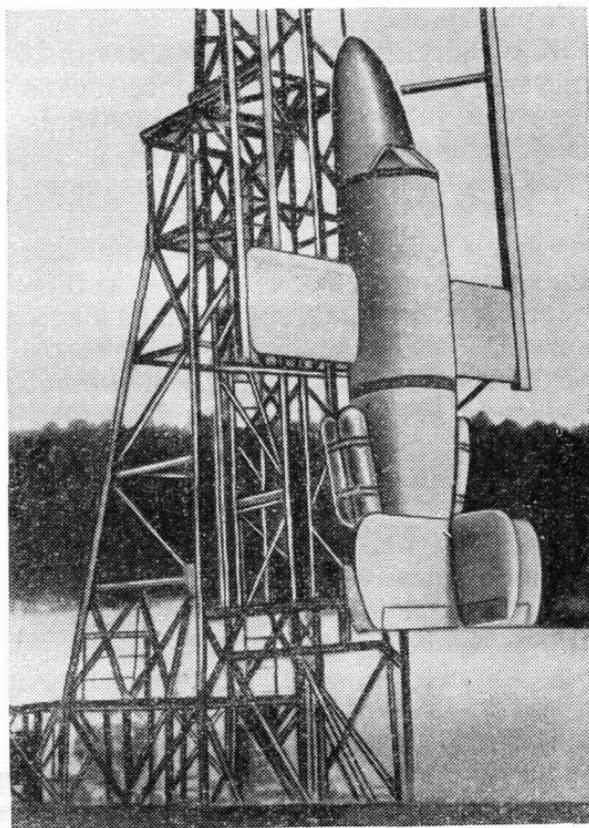


Рис. 5. Наводимая человеком зенитная ракета «Наттер» на пусковой установке

Английская ЗУР «Студж» (рис. 7) была похожа на самолет. Она наводилась радиокомандами с земли. Ракета имела четыре стартовых ускорителя с отделяющимися корпусами и маршевый РДТТ. Запуск маршевого двигателя производился по радиокомандам с земли, что позволяло изменять время полета ЗУР. Стартовый вес ракеты составлял 335 кгс, длина — 2,25 м, максимальный диаметр корпуса — 312 мм. Скорость полета не превышала 150 м/сек.

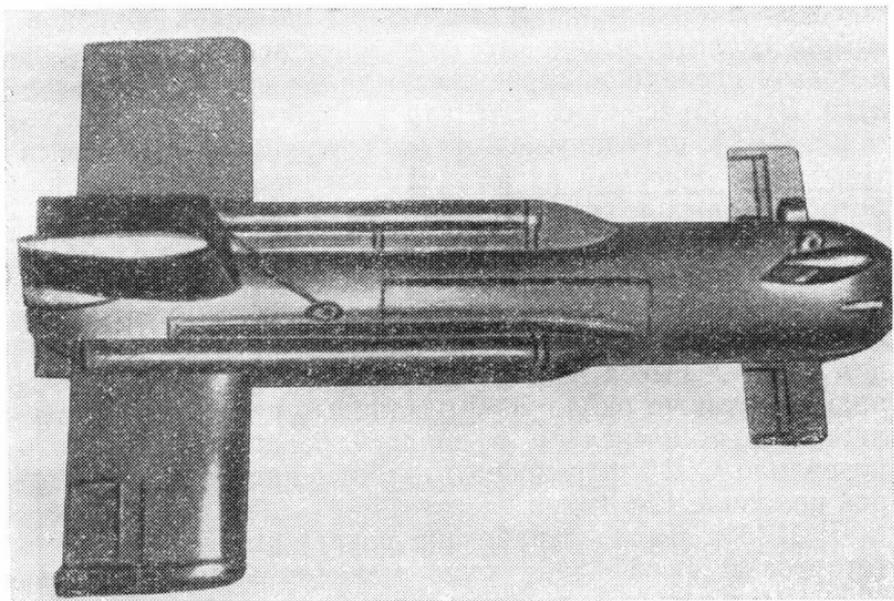


Рис. 6. Американская зенитная управляемая ракета «Литтл Джо»

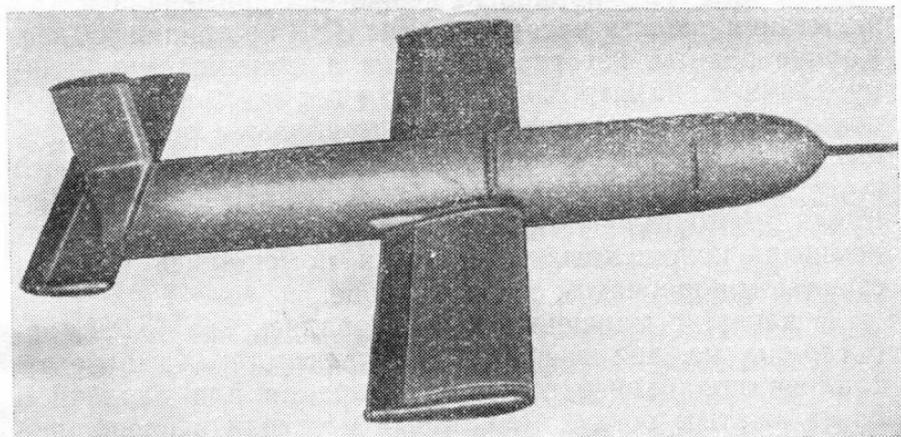


Рис. 7. Маршевая ступень английской зенитной управляемой ракеты «Студж»

Сравнивая характеристики ЗУР «Литтл Джо» и «Студж» с характеристиками ранних немецких образцов, можно сделать вывод, что они существенно отличаются в пользу последних, особенно по дальности и высоте полета. Это объяснялось тем, что разработка ЗУР, например в США, натолкнулась на непреодолимые в то время трудности, основной из которых явилось отсутствие работоспособных реактивных двигателей.

В конце второй мировой войны и сразу после ее окончания американцы провели операцию под кодовым наименованием «Пейпер Клипс», целью которой был захват немецких научно-исследовательских материалов и образцов ракет и вывоз их из Германии. В США было переправлено также около 2000 различных немецких специалистов, в том числе и в области ракетостроения. Это позволило США форсировать работы над ЗУРО во второй половине 40-х годов.

В 1945 г. была разработана ракета «ВАК Корпорал» (стартовый вес 300 кгс, максимальная скорость 1250 м/сек, максимальная высота 30 км), предназначенная для научных исследований на больших высотах, которая считалась пригодной и для ПВО.

В 1952 г. началось серийное производство (работы над проектом велись с 1945 г.) экспериментальной ЗУР «Ларк» для ПВО кораблей; позже она применялась для испытания средств наведения. Вес ЗУР составлял 550 кгс. Корпус ракеты, изготовленный из алюминия, имел длину 4,33 м и диаметр 460 мм. Головная часть корпуса выполнялась из плексигласа. Крестообразно расположенные алюминиевые крылья и стабилизаторы, плоскости которых были сдвинуты относительно друг друга на 45°, имели прямоугольную форму. Два твердотопливных tandemно расположенных ускорителя помещались в сбрасываемом коробчатом стабилизаторе.

В качестве маршевых использовались два ЖРД, работавшие на анилине и азотной кислоте. Компоненты топлива подавались в камеру сгорания под давлением 33 ат сжатым воздухом, который поступал в расширяющиеся эластичные мешки, расположенные внутри топливных баков. После отделения корпусов стартовых ускорителей начинал работать только один маршевый двигатель, обеспечивая скорость полета около 300 м/сек и дальность около 16 км. Второй маршевый ЖРД исполь-

зовался для увеличения тяги при необходимости совершать ЗУР более энергичный маневр.

ЗУР на большей части траектории полета наводилась радиокомандами. При приближении ракеты к цели включалась полуактивная радиолокационная головка самонаведения.

В 1945 г. американская фирма «Боинг» приступила к выполнению программы (ГАПА) экспериментальных работ по созданию ЗУРО. Было испытано в полете более 100 различных экспериментальных зенитных ракет с ракетными и прямоточными двигателями.

Опыт, накопленный в ходе выполнения программы ГАПА, завершенной в 1949 г., был использован при проектировании зенитной ракеты «Бомарк», летные испытания которой начались в 1954 г.

ЗУР «Найк Аякс» с радиокомандным теленаведением явилась первой американской ракетой, поступившей на вооружение (1953 г.).

С середины 50-х годов в США разрабатывались другие образцы зенитных ракет: с теленаведением, радиолокационным и инфракрасным самонаведением. Одной из первых была создана корабельная ЗУР «Терьер», начало проектирования которой относится к 1945 г., а серийное производство — к 1953 г.

Официальное заявление о работах над ЗУРО в Великобритании было сделано в июле 1952 г., хотя на выставках в 1948 и 1951 гг. показывались две английские экспериментальные ЗУР.

Первые английские ЗУР имели по несколько (до восьми) ускорителей с боковым расположением, корпуса которых отделялись после выгорания в них топлива. Здесь, очевидно, был использован опыт Германии, большинство ЗУР которой имели ускорители с таким расположением.

Одной из первых на выставке в 1948 г. была показана ЗУР «Лоп-Гэп». Она имела семь стартовых отделяющихся ускорителей с боковым расположением, разгонявших ракету за 4 сек до 510 м/сек. Маршевый ЖРД работал 25 сек на метиловом спирте и жидком кислороде, обеспечивая ракете скорость около 480 м/сек. Подача топлива в охлаждаемую горючим камеру сгорания производилась газами порохового аккумулятора давления.

Эта ЗУР не была принята на вооружение и использовалась для экспериментальной отработки элементов ракет. Для этого она снабжалась телеметрическим оборудованием, передававшим на землю полученные в полете данные.

В начале 50-х годов проводились летные испытания французской модели ЗУР «Матра» (стартовый вес 460 кгс, длина 4,5 м, максимальная скорость 480 м/сек). Ракета имела маршевый ЖРД, в котором горючее и окислитель вытеснялись в камеру сгорания сжатым воздухом из двух кольцевых баков. На борту ЗУР, спускавшейся после полета на парашюте, устанавливалась записывающая аппаратура, фиксирующая с помощью 24 датчиков характеристики бортовых устройств.

В 1951 г. стало известно, что разработкой ЗУР занимается швейцарская фирма «Эрликон». Ею была создана ЗУР «Эрликон», наводимая по радиолучу. Ракета не имела ускорителя, управление ее полетом производилось за счет поворота двигателя. ЖРД работал на азотной кислоте и керосине, обеспечивая максимальную скорость полета 740 м/сек, максимальные высоту и дальность около 20 км. Стартовый вес ЗУР составлял 250 кгс. Боевая часть, снабженная радиовзрывателем, весила 20 кгс.

Ракеты запускались со спаренной подвижной пусковой установки.

В дальнейшем интенсивность работ над ЗУРО значительно возросла вследствие изменения взглядов на задачи противовоздушной обороны в связи с распространением ядерного оружия. Теперь, когда носителем ядерной бомбы мог быть практически любой военный самолет противника, на противовоздушную оборону возлагалась задача уничтожения всех самолетов, пытающихся прорваться к рубежу или объекту, обороняемому средствами ПВО.

Еще в период второй мировой войны при появлении баллистических ракет класса «земля—земля» ФАУ-2 встала проблема борьбы с ними. Позже, когда подобные ракеты стали использоваться как средство доставки ядерного оружия, гарантированное их поражение на траектории явилось не менее актуальной проблемой, чем надежная противосамолетная оборона (ПСО). Так возникла противоракетная оборона (ПРО).

Таким образом, понятие «противовоздушная оборона» в настоящее время расширилось, превратившись из противосамолетной в оборону от различных средств воздушного нападения.

Одним из основных средств противовоздушной обороны стало зенитное управляемое ракетное оружие, которое уже достигло значительного развития и продолжает быстро совершенствоваться.

## § 2. СХЕМА ПОСТРОЕНИЯ ЗЕНИТНОГО УПРАВЛЯЕМОГО РАКЕТНОГО ОРУЖИЯ

Основной единицей зенитного управляемого ракетного оружия считается зенитный ракетный комплекс (ЗРК).

Зенитным ракетным комплексом называется совокупность минимально-необходимого количества средств, включая зенитную управляемую ракету, функционально связанных и непосредственно обеспечивающих обнаружение, опознавание и выбор для обстрела воздушной цели, а также пуск и наведение ракеты на эту цель с задачей ее поражения.

Обнаружение, опознавание и выбор для обстрела воздушной цели производят средства обнаружения, опознавания и целеуказания, которые в совокупности могут быть названы системой обнаружения и целеуказания ЗРК.

Придание зенитной управляемой ракете необходимого положения в пространстве, определение момента пуска, пуск и наведение ее на цель, выбранную системой обнаружения и целеуказания, обеспечивают в ЗРК средства управления ЗУР.

Пуск ЗУР производится с направляющей пусковой установки.

Цель поражается боевой частью ЗУР.

В соответствии с этими функциями и строятся схемы ЗРК. Наиболее полная и общая схема современного ЗРК приведена на рис. 8, где условно изображены средства, непосредственно обеспечивающие его боевую работу. Эти средства называют боевыми средствами ЗРК.

В зенитный ракетный комплекс входит минимальное количество боевых средств, т. е. такое их количество,

которое обеспечивает эффективный запуск по одной цели одной зенитной управляемой ракеты. Однако в такой комплектации современное ЗУРО строится не всегда. Часто одной системе обнаружения и целеуказания придается не по одному, а по нескольку остальных боевых средств ЗРК. Такое объединение вызвано как функциональными возможностями боевых средств комплекса, так

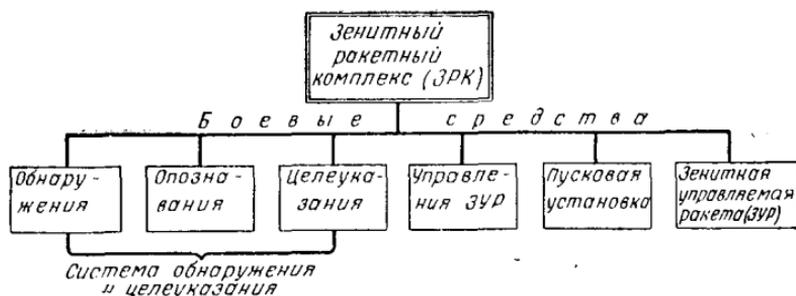


Рис. 8. Схема построения современного ЗРК

и требованием наиболее эффективного боевого их использования и рационального конструирования.

Действительно, одна система обнаружения и целеуказания согласно своему назначению «обрабатывает» все воздушные цели, находящиеся в зоне ее действия, т. е. является многоканальной по целям.

Средства же управления ЗУР, которые обслуживает система обнаружения и целеуказания, у подавляющего большинства зарубежных ЗРК обеспечивают пуск и наведение ЗУР лишь на одну цель, т. е. являются одноканальными по цели.

Поэтому для более полного использования качества многоканальности по целям системы обнаружения и целеуказания в ряде случаев оказывается выгодным применять ее с несколькими одноканальными средствами управления ЗУР. Такое сочетание обеспечивает многоканальность подразделения ЗРК, т. е. возможность одновременного обстрела нескольких целей, по количеству равных числу одноканальных средств управления ЗУР.

Подобное сочетание одной системы обнаружения и целеуказания ЗРК с несколькими средствами управле-

ния ЗУР может оказаться применимым и при многоканальности последних. Критериями целесообразности таких сочетаний считают возможность обеспечения достаточно точного целеуказания по выбранным целям, военно-экономическую выгоду и др.

Одноканальные по цели средства управления ЗУР в зависимости от их конструкции могут обеспечить одновременное наведение на цель либо одной, либо нескольких ЗУР. В соответствии с этим средства управления ЗУР называются одно- или многоканальными (двух-, трех- и т. д. канальными) по ракете. В первом случае для обстрела цели одному средству управления ЗУР достаточно придать одну зенитную ракету, расположенную на пусковой установке, во втором — несколько ЗУР в соответствии с канальностью по ракетам.

Однако, как правило, одному средству управления ЗУР придают значительно большее, чем требует канальность по ракетам, количество готовых к пуску ЗУР, расположенных на соответствующих пусковых установках или на направляющих. Это объясняется, с одной стороны, более эффективным в данном случае боевым применением ЗУР: при выходе из строя перед пуском одной из ЗУР вместо нее практически мгновенно можно запустить исправную ракету; при необходимости обстрелять следующую быстро появившуюся цель не требуется затрачивать время на зарядание пусковой установки, которое может составлять несколько минут. С другой стороны, это обусловлено стремлением к рациональному конструированию пусковой установки: иногда целесообразнее на одной базе пусковой установки разместить несколько направляющих для ЗУР.

Следует иметь в виду и то обстоятельство, что в некоторых ЗРК могут отсутствовать отдельные из названных боевых средств, а их функции могут перераспределяться, выполняться человеком или устройствами, не входящими в состав ЗРК.

Таким образом, при построении схемы ЗУРО стремятся к максимальному использованию функциональных и технических возможностей боевых средств ЗРК, что зачастую реализуется путем их объединения. Объединенные средства ЗРК составляют подразделения зенитных ракетных комплексов: взводы, батареи, дивизионы и т. п.

Каждое подразделение имеет систему обнаружения и целеуказания, которая в составе подразделения ЗРК называется системой управления.

Подразделения ЗРК, обслуживаемые такой системой управления, могут быть двух типов:

— подразделение, в котором система управления включает средства обнаружения, опознавания и целеуказания, не входящие в состав комплексов; каждый комплекс такого подразделения имеет полный состав боевых средств и может использоваться как самостоятельно (автономно), так и в составе подразделения;

— подразделение, в котором функции системы управления выполняет система обнаружения и целеуказания комплекса; этой системе придается по нескольку средств управления ЗУР, пусковых установок и ракет; средства управления ЗУР самостоятельно (без системы обнаружения и целеуказания) могут работать лишь в ограниченных пределах или вообще не могут работать автономно.

Иногда в состав ЗРК помимо боевых средств включают и технические средства (вспомогательное и контрольно-измерительное оборудование), обеспечивающие различные поверочные и ремонтные работы, сборку ЗУР, их транспортировку, зарядание пусковых установок и т. п. Однако эти средства, как правило, придаются подразделениям ЗРК.

### **§ 3. СХЕМА СТРЕЛЬБЫ ЗЕНИТНОГО РАКЕТНОГО КОМПЛЕКСА**

Несмотря на многообразие типов современных ЗРК, схема их стрельбы принципиально одинакова.

Стрельбу ЗРК (или его подразделения) по воздушной цели можно разделить на следующие взаимосвязанные последовательные этапы, обеспечиваемые той или иной конструкцией боевых средств комплекса: обнаружение целей, опознавание, выбор одной или нескольких из них для обстрела (данные о цели являются исходными для работы остальных боевых средств комплекса), придание ЗУР необходимого положения в пространстве, определение момента пуска и пуск ЗУР, наведение ЗУР на цель и ее поражение.

Эти этапы показаны на рис. 9, где приведен наиболее простой случай стрельбы по горизонтально летящей с постоянной скоростью одиночной цели в координатах  $H$  (высота) —  $D$  (дальность).

Каждый этап стрельбы комплекса рассмотрен во времени.

Система обнаружения и целеуказания начинает решать задачи при входе цели (целей) в зону ее действия

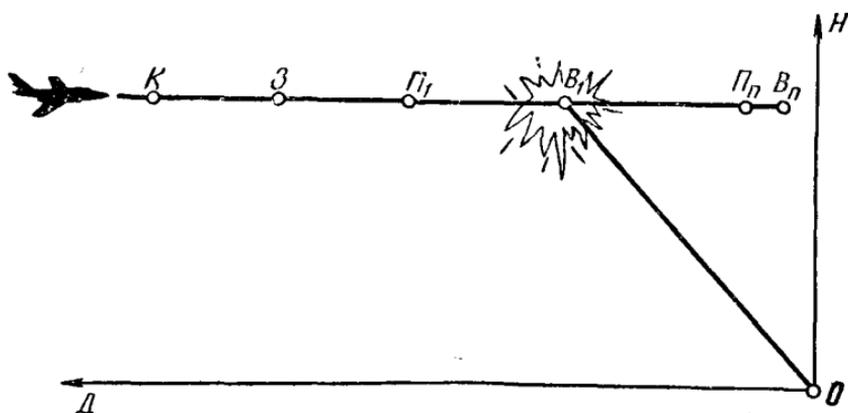


Рис. 9. Схема стрельбы ЗРК:

$K$  — точка начала работы системы обнаружения и целеуказания;  $Z$  — точка начала работы средств управления ЗУР;  $П_1$  — точка пуска первой ЗУР;  $В_1$  — точка встречи первой ЗУР с целью;  $П_n$  — точка пуска  $n$ -й ЗУР;  $В_n$  — точка встречи  $n$ -й ЗУР с целью;  $H$  — высота;  $D$  — дальность;  $O$  — точка расположения ЗРК

(точка  $K$ ). Тем или иным способом обнаруженные цели опознаются по принципу «свой — чужой» или «ложная — истинная цель». Устанавливаются степень угрозы прикрываемому объекту от опознанных целей и возможность обстрела их комплексом, для чего определяются направление, высота, дальность и скорость полета целей.

В зависимости от конструкции комплекса цели выбираются визуально оператором на глаз, с использованием оптики, экрана с отображением необходимых данных о целях или автоматически. Количество целей, назначенных для обстрела, определяется в соответствии с каналностью комплекса (его подразделения) по целям. Если количество опознанных целей превосходит каналность по целям, для обстрела выбираются наиболее угрожающие из них.

Целеуказание и необходимые данные о выбранной цели (целях) передаются на средства управления ЗУР.

На осуществление перечисленных операций система обнаружения и целеуказания расходует некоторое время, в течение которого цель пролетает расстояние  $KЗ$  (рис. 9). В современных ЗРК в зависимости от конструкции это время составляет от нескольких секунд до нескольких десятков секунд.

Придание ЗУР требуемого положения в пространстве, определение момента пуска и пуск ЗУР обеспечивают средства управления пуском ЗУР, которые начинают работать при нахождении цели в точке  $З$ . За время их работы цель пролетает расстояние  $ЗП_1$ .

Отрезок времени от начала обнаружения цели до момента пуска ЗУР называется рабочим временем ЗРК (иначе — временем его «реакции») и составляет у современных комплексов от единиц до десятков секунд.

В течение рабочего времени комплекса цель пролетает расстояние  $КП_1$ . Когда она находится в точке  $П_1$ , средства ЗРК готовы к пуску ЗУР, однако осуществлять пуск в этот момент не всегда целесообразно. Дело в том, что при стрельбе на максимальную боевую дальность полета ЗУР, определяемую ее конструкцией (например, до точки  $В_1$ ), необходимо, чтобы за время полета ЗУР на расстояние  $ОВ_1$  цель из точки  $П_1$  также прилетела в точку  $В_1$ . Только в этом случае встреча ЗУР с целью произойдет на максимальной боевой дальности полета ЗУР.

Если в течение времени полета ЗУР цель будет лететь со скоростью, превосходящей некоторую заданную при проектировании ЗРК, то встреча ЗУР с целью (при ее пуске в момент нахождения цели в точке  $П_1$ ) произойдет на дальности, меньшей, чем максимальная боевая дальность полета ЗУР. Если при тех же условиях цель будет лететь со скоростью, меньшей наперед заданной, то встреча ЗУР с целью не произойдет: ЗУР исчерпает свою максимальную боевую дальность, а цель из точки  $П_1$  еще не прилетит в точку  $В_1$ .

Из сказанного видно, что выбор характеристик системы обнаружения и целеуказания, средств управления ЗУР, а также зенитной управляемой ракеты необходимо

строго увязывать по времени, дальностям действия и учитывать летные характеристики целей, для борьбы с которыми предназначается комплекс.

Наведение ракеты на выбранную цель производится в ЗРК средствами наведения ЗУР. После пуска современная ЗУР летит некоторое время, как правило, без управления. Участок траектории такого полета называется неуправляемым или стартовым. После неуправляемого начинается участок управляемого полета, с началом которого средства наведения постепенно выводят ракету на требуемую траекторию полета и удерживают ее на этой траектории.

Время полета ЗУР на стартовом и управляемом участках траектории (до момента встречи с целью) называется полетным временем ЗУР.

Поражение цели боевой частью ЗУР происходит при непосредственном контакте ракеты с целью (ударная стрельба) или при некотором допустимом по величине промахе (неконтактная стрельба).

#### **§ 4. ОСНОВНЫЕ БОЕВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗЕНИТНОГО РАКЕТНОГО КОМПЛЕКСА**

Основными боевыми характеристиками ЗРК считают эффективность и зависящую от нее зону поражения комплекса.

##### **1. Эффективность ЗРК**

Эффективность ЗРК характеризуют различными показателями: условной и полной вероятностями поражения определенной одиночной цели одной или несколькими ракетами; расчетным расходом ЗУР для поражения цели; стоимостью средств, затрачиваемых на поражение одной цели; предполагаемым ущербом, наносимым противнику; предотвращенным собственным ущербом и др.

Выбор критерия (или нескольких критериев одновременно) оценки эффективности ЗРК зависит от задач проводимого исследования и задач стрельбы, при этом во всех случаях определяются условная и полная вероятности поражения одиночной цели одной ЗУР.

Поскольку эффективность стрельбы определенного ЗРК может изменяться в широких пределах в зависимости от характеристик обстреливаемой цели, то при ее

расчетах задаются конкретными характеристиками одной или нескольких (обычно) типовых для исследуемого комплекса целей, а именно: диапазоном скоростей их полета, требуемыми дальностями и высотами поражения, уязвимостью, видами и параметрами маневров, эффективной площадью рассеяния, помеховой ситуацией, эффективностью ответного огня, возможным составом и построением групп в налете и т. п.

Условной вероятностью поражения цели называют вероятность ее поражения при условии, что цель своевременно обнаружена, а боевые средства ЗРК в ходе стрельбы работают надежно и обеспечивают своевременный обстрел цели на заданной наклонной дальности при отсутствии противодействия противника (помех, маневра, ответного огня).

В зависимости от конструкции современные ЗРК рассчитаны на поражение цели либо при прямом попадании ЗУР в нее (контактная или ударная стрельба), либо при некотором промахе (неконтактная стрельба).

Условная вероятность ( $R_1$ ) поражения одиночной воздушной цели при стрельбе по ней одной ЗУР в общем виде может быть записана как функция произведения вероятностей двух случайных событий:

$$R_1 = f(PG),$$

где  $P$  — вероятность попадания при одном выстреле одной ракетой либо в цель (ударная стрельба), либо в определенную область около нее (неконтактная стрельба). При ударной стрельбе эта вероятность обозначается  $P_1$ , при неконтактной —  $P(x, y, z)$  или  $P(x, y)$ ;

$G$  — закон поражения цели, т. е. вероятность поражения цели одной ЗУР при условии либо прямого попадания в цель (ударная стрельба), либо попадания в определенную область около цели с подрывом в ней боевой части ЗУР (неконтактная стрельба). При ударной стрельбе закон поражения обозначается  $G$ , при неконтактной —  $G(x, y, z)$  или  $G(x, y)$ .

Вероятность попадания ( $P$ ) определяется ошибками наведения ЗУР на цель. По своему характеру эти ошибки могут быть систематическими и случайными.

Систематическими ошибками называют такие, которые при стрельбе одного ЗРК по определенной цели остаются постоянными или изменяются по определенному закону. Поэтому они могут быть заранее выявлены и устранены путем ввода соответствующих поправок.

Случайными ошибками называют такие, которые при каждом пуске ракеты одного и того же ЗРК по определенной цели имеют различные, заранее неизвестные значения и поэтому влияют на попадание случайным образом.

В зависимости от причин возникновения ошибки наведения делят на динамические, инструментальные и флюктуационные.

Динамические появляются в результате погрешностей в отработке команд замкнутым контуром наведения ЗУР на цель, который не имеет установившихся состояний. Динамические ошибки могут быть как случайными, так и систематическими, причем большинство их относится к последним.

Инструментальные ошибки являются следствием несовершенства используемых в ЗРК методов измерения координат ЗУР и цели, выработки команд наведения, а также схемных, конструктивных и технологических решений, принятых в средствах наведения. Эти ошибки также имеют систематические и случайные составляющие.

Флюктуационные ошибки наведения, наиболее характерные для работы измерительных элементов средств наведения ЗУР, вызываются случайными возмущениями, действующими на звенья этих средств: флюктуациями отраженного от цели радиосигнала, внутренними шумами радиоаппаратуры, естественными и искусственными помехами и др.

Для определения вероятности попадания на различных стадиях создания ЗРК применяют расчетные и экспериментальные методы измерения ошибок наведения. На ранней стадии проводят ориентировочные и более точные (с применением быстродействующих вычислительных машин) расчеты. Позже зачастую переходят к смешанному моделированию, при котором в модель контура наведения ЗУР на цель включают уже разработанные реальные блоки, а недостающие звенья имитируют уравнениями, решаемыми с помощью аналоговых или

цифровых электронных вычислительных машин. На последнем этапе правильность теоретических расчетов и моделирования процесса наведения ЗУР оценивается боевыми стрельбами по условным и реальным целям. При боевых пусках с помощью комплекса измерительных пунктов, а также телеметрической аппаратуры, установленной на борту ЗУР и цели, непосредственно измеряют ошибки наведения, по которым и рассчитывают вероятность попадания.

В связи с тем, что определение ошибок наведения на базе статистической обработки только результатов боевых стрельб практически невозможно (требуется большой расход дорогостоящих ЗУР для стрельбы по различным типовым целям, имеющим широкий диапазон характеристик полета), прибегают к чередующейся совокупности теоретических расчетов, моделирования и стрельб. При этом, если необходимо, вводят соответствующие изменения в элементы средств наведения ЗУР на цель.

Под поражением воздушной цели обычно понимают ее уничтожение на траектории полета, а иногда такое повреждение, которое исключает выполнение ею намеченной боевой задачи.

Закон поражения ( $G$ ) цели при ударной стрельбе характеризуется условной вероятностью поражения цели при прямом попадании в нее ЗУР. При неконтактной стрельбе он характеризуется также условной вероятностью поражения цели, но при этом подрыв (срабатывание) боевой части ЗУР производится около цели в определенной точке с координатами  $x$ ,  $y$ ,  $z$ . Поэтому закон поражения цели при неконтактной стрельбе иначе называют координатным законом поражения.

Закон поражения цели определяется ее уязвимостью и могуществом боевой части ЗУР, характеризующейся поражающими факторами боевой части.

Под уязвимостью цели понимают степень ее чувствительности к поражающим факторам боевой части ЗУР, подорванной при определенных условиях встречи ракеты с целью.

Поскольку каждая цель состоит из элементов (отсеков), ее уязвимость определяется уязвимостью этих элементов, какими, например, у самолета являются: отсек с экипажем, двигатели, система подачи топлива, планер,

система управления полетом, боевой груз (бомбы, боеприпасы бортового оружия) и др. Степень чувствительности элементов современных воздушно-космических целей к одному и тому же поражающему фактору боевой части ЗУР, как правило, различна.

Уязвимые элементы целей принято делить на две группы. К первой относят те, вывод из строя одного из которых приводит к поражению цели (например, двигатель одномоторного самолета, летчик одноместного самолета, любой отсек ряда ракет). Это так называемые цели без накопления ущерба. Ко второй группе относятся те элементы, которые для поражения цели необходимо вывести из строя одновременно или последовательно (например, несколько двигателей многомоторного самолета). Это цели с накоплением ущерба.

Поражение цели обеспечивается за счет подрыва боевой части ЗУР. Поражающими факторами боевых частей, характеризующими их могущество, являются: ударная волна, осколки (и другие поражающие элементы), тепло и лучевая энергия. Боевые части различных принципов действия (фугасные, осколочно-фугасные, осколочные, кумулятивные, ядерные) могут обладать одновременно несколькими поражающими факторами, однако, как правило, один из них является определяющим (основным).

Для создания максимально эффективной боевой части разрабатываемой ЗУР проводят большую расчетную и экспериментальную работу. Она включает, в частности, опытное определение в наземных условиях уязвимости отдельных отсеков типовых целей (или их аналогов) путем воздействия на них с различных расстояний и направлений поражающими факторами боевой части будущей ЗУР.

Таким образом, например, может быть установлен координатный закон поражения уязвимых отсеков цели. Упрощенно можно считать, что закон поражения цели ( $G$ ) определяется только величиной промаха ( $h$ ). Тогда простейшие координатные законы поражения цели в зависимости от конкретной величины промаха, характерной для данных средств наведения ЗУР (вплоть до максимального его значения  $r$ ), могут быть представлены для одного из направлений промаха графически (рис. 10).

На рисунках точка  $h=0$  соответствует прямому попаданию в цель.

Законы поражения целей при ударной и неконтактной стрельбе могут также рассчитываться по сложным аналитическим зависимостям.

Аналитическое выражение для условной вероятности поражения одиночной цели одной ЗУР при ударной стрельбе можно записать в виде

$$R_1 = P_1 G.$$

Неконтактная стрельба отличается от ударной тем, что для поражения цели не требуется прямое попадание

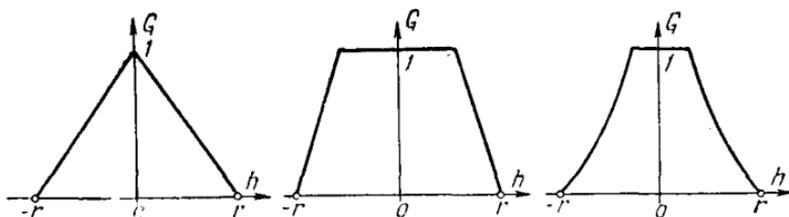


Рис. 10. Простейшие координатные законы поражения цели

в нее. В дополнение к рассеиванию точек подрыва боевой части в одной плоскости (как и при ударной стрельбе) имеется рассеивание этих точек и в перпендикулярной плоскости. Следовательно, при неконтактной стрельбе происходит трехмерное рассеивание разрывов (точек срабатывания) боевых частей ЗУР, которое при приближенных расчетах сводят иногда к двумерному.

Аналитическое выражение для условной вероятности ( $R_1$ ) поражения одиночной цели одной ЗУР при неконтактной стрельбе имеет вид

$$R_1 = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} P(x, y) G(x, y) dx dy.$$

В некоторых случаях по одной и той же цели для гарантированного ее поражения производят пуск нескольких ЗУР с одной или разных пусковых установок. В пределах обеспеченной комплексом зоны поражения условная вероятность поражения этой цели одной ЗУР будет

не ниже определенного уровня ( $R_1$ ). Исходя из этого минимальная условная вероятность ( $R_{N_{\min}}$ ) поражения цели несколькими ( $N$ ) ракетами в пределах зоны поражения комплекса может быть рассчитана по формуле

$$R_{N_{\min}} = 1 - (1 - R_1)^N.$$

Полная вероятность поражения одиночной цели одной ЗУР в отличие от условной вероятности учитывает еще ряд дополнительных случайных факторов, сопровождающих каждую стрельбу ЗРК.

Если условная вероятность предполагает, что цель обнаружена своевременно и боевые средства комплекса в ходе стрельбы работали надежно (что является идеальным случаем), то полная вероятность учитывает случайности этих и ряда других событий, сопровождающих стрельбу, оценивая их определенными уровнями вероятностей.

Полная вероятность поражения одиночной цели при одном выстреле может быть рассчитана по формуле, представляющей собой произведение вероятностей ряда случайных событий, сопровождающих всякую зенитную стрельбу:

$$R'_1 = P_{\text{обн}}(t) K_r P(t_{\text{ц}}) P(\tau) (1 - Q) R_1,$$

где  $P_{\text{обн}}(t)$  — вероятность случайного события, состоящего в том, что средства обнаружения комплекса своевременно обнаружили цель. Величина  $P_{\text{обн}}(t)$  для радиолокационной станции, например, связана с конструктивными ее особенностями и условиями поиска цели. Она определяется расчетным путем и проверяется экспериментально;

$K_r$  — вероятность случайного события, состоящего в том, что к началу стрельбы боевые средства ЗРК готовы к работе (поэтому величину  $K_r$  называют еще коэффициентом готовности). Иными словами, коэффициент готовности представляет собой вероятность застать комплекс исправным при условии, что он эксплуатировался достаточно длительный период. Величина  $K_r$  определяется по формуле

$$K_r = \frac{T}{T + T_{\text{в}}}.$$

Здесь  $T$  — средняя наработка на отказ или среднее время безотказной работы ЗРК;  $T_{\text{в}}$  — среднее время, необходимое для отыскания и устранения неисправностей ЗРК. Коэффициент готовности следует учитывать в тех случаях, если в период подготовки нет времени на технический осмотр боевых средств ЗРК и на ремонт или замену вышедших из строя элементов. Когда же времени достаточно,  $K_{\text{г}}=1$ ;

$P(t_{\text{п}})$  — вероятность случайного события, состоящего в том, что боевые средства ЗРК работают безотказно в течение заданного времени ( $t_{\text{п}}$ ) его подготовки, пуска и полета ЗУР до цели;

$P(\tau)$  — вероятность случайного события, состоящего в том, что за время ( $\tau$ ) полета ЗУР до цели цель прилетит в пределы зоны поражения комплекса;

$(1 - Q)$  — вероятность случайного события, состоящего в том, что боевые средства ЗРК не будут уничтожены (вероятность непоражения) противником за время  $t_{\text{п}}$ ;

$R_1$  — рассмотренные выше условные вероятности поражения одиночной цели одной ЗУР.

## 2. Зона поражения ЗРК

Зона поражения зенитного ракетного комплекса является основной обобщенной характеристикой его боевых возможностей. Она связывает боевую досягаемость зенитной управляемой ракеты по высоте, дальности и курсовому параметру с вероятностью поражения цели комплексом.

Зоной поражения зенитного ракетного комплекса называется часть пространства, внутри которого обеспечивается поражение зенитной управляемой ракетой типовой воздушной цели с вероятностью не ниже заданной.

Размеры зоны поражения ЗРК (рис. 11) характеризуются ее границами — дальней, верхней, нижней, ближней и максимальным курсовым параметром.

Рассмотрение зоны поражения ЗРК целесообразно провести с двух точек зрения: выбора ее границ; обеспечения выбранных границ боевыми средствами ЗРК.

Выбор границ зоны поражения предшествует проектированию или модернизации каждого ЗРК. Исходными

являются характеристики типовых воздушных целей (обязательно с учетом перспектив их развития), которые будут действовать по объектам, прикрываемым будущим ЗРК.

Для выбора размеров зоны поражения ЗРК необходимы следующие характеристики типовой цели (целей): максимальная и минимальная скорости и высоты ее полета; маневренные возможности; виды ее бортового оружия; высоты, максимальные дальности и способы его эффективного использования по прикрываемым комплексом объектам; уязвимость (закон поражения).

Для рационального проектирования боевых средств ЗРК дополнительно к этим характеристикам необходимы также эффективная поверхность рассеяния типовой цели и ожидаемая помеховая обстановка ее боевого применения.

Минимально допустимая условная или полная вероятность поражения типовой цели при стрельбе комплексом одной или несколькими ЗУР в пределах выбранной зоны поражения устанавливается также перед проектированием ЗРК из условия необходимой степени прикрытия обороняемых комплексом объектов с учетом тактики его применения и возможностей других ЗРК, действующих одновременно с ним в общей системе ПВО.

В связи с тем что типовых целей для каждого ЗРК может оказаться несколько, зоны поражения этих целей для одного и того же комплекса могут отличаться раз-

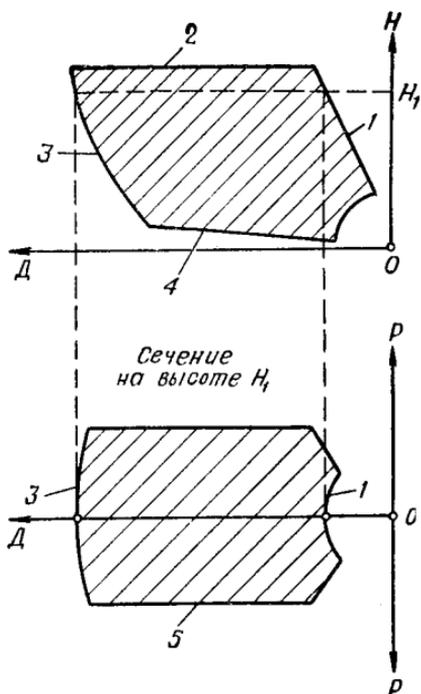


Рис. 11. Зона поражения ЗРК:  $H$  — высота;  $D$  — дальность;  $O$  — точка расположения ЗРК;  $P$  — курсовой параметр; 1 — ближняя граница; 2 — верхняя граница; 3 — дальняя граница; 4 — нижняя граница; 5 — максимальный курсовой параметр

мерами и формой, а иногда и вероятностью поражения целей.

Дальняя граница зоны поражения будущего ЗРК может выбираться, например, из условия, что типовая цель будет поражена с заданной вероятностью до применения ею по обороняемому объекту своего бортового оружия (бомб, ракет класса «воздух — земля», пулеметно-пушечного вооружения). Поскольку существует множество разнообразных типовых целей и прикрываемых объектов, за рубежом создано значительное количество ЗРК, отличающихся размерами зон поражения. Дальние границы зон поражения этих комплексов располагаются от их точек стояния на единицы, десятки и сотни километров.

Верхняя граница зоны поражения будущего ЗРК (а значит, и диапазон прикрываемых комплексом высот) выбирается из соображений обеспечения равнопрочной по высоте ПСО с учетом диапазонов высот прикрытия других ЗРК, входящих вместе с разрабатываемым в общую систему ПВО. Обычно верхняя граница назначается так, чтобы диапазоны высот комплексов общей системы ПВО частично перекрывали друг друга.

В состоящих на вооружении и разрабатываемых зарубежными ЗРК верхняя граница зон поражения располагается на расстоянии от единиц, десятков (комплексы ПСО) до сотен (комплексы ПРО) километров от поверхности земли.

В настоящее время в связи с широким применением авиацией полетов на малых и предельно малых высотах за рубежом практически ко всем комплексам ПСО предъявляется требование, предусматривающее борьбу с низколетающими целями. Этим объясняется стремление максимально приблизить нижнюю границу зоны поражения комплексов ПСО и универсальных ЗРК к поверхности земли. Нижняя граница зоны поражения зарубежных комплексов ПСО располагается на расстоянии от нескольких метров (особенно у ЗРК, специально предназначенных для борьбы с низколетающими целями) до десятков и сотен метров от поверхности земли.

Что касается нижней границы зон поражения комплексов ПРО, то она выбирается на высоте нескольких километров или десятков километров от поверхности

земли с учетом обеспечения безопасности своих наземных объектов от действия ядерного заряда атакующей баллистической ракеты противника, подорванного над ними противоракетой комплекса ПРО.

Ближняя граница зоны поражения ЗРК выбирается с таким расчетом, чтобы она отстояла на минимально возможном расстоянии от плоскости, проходящей через точку стояния комплекса и перпендикулярной к направлению полета цели. В этом случае глубина зоны поражения увеличивается, что позволяет более длительное время вести обстрел цели (например, несколькими последовательно запускаемыми по ней ЗУР), обеспечивает большие возможности последовательного обстрела других целей, летящих вслед за обстреливаемой, а также увеличивает возможность обстрела поздно обнаруженных пролетающих целей.

При выборе курсового параметра зоны поражения создаваемого ЗРК стремятся получить его максимально большим. Это объясняется тем, что увеличение курсового параметра позволяет сократить количество комплексов в группировке при сохранении эффективности ПСО, так как расширяется полоса (и объем) участия каждого ЗРК. У зарубежных ЗРК максимальный курсовой параметр несколько уступает его максимальной боевой дальности.

Следует отметить, что размеры зоны поражения и уровень вероятности поражения в ней могут задаваться как для борьбы с неманеврирующей, летящей на постоянной высоте с постоянной скоростью типовой целью, так и для борьбы с этой целью, совершающей определенный маневр курсом или скоростью. Кроме того, зона поражения может задаваться для стрельбы по цели не только на встречных курсах, но и на курсах догонных.

Выбранное расположение границ зоны поражения создаваемого ЗРК предопределяет характеристики всех его боевых средств, рациональность которых устанавливается на основе многочисленных вариационных расчетов и экспериментов.

К основным характеристикам боевых средств ЗРК в плане обеспечения заданной зоны поражения можно отнести: досягаемость ЗУР до границ зоны поражения и до всех ее точек, расположенных внутри границ; среднюю скорость полета ЗУР до этих точек зоны пораже-

ния, а также ее скорость вдоль траекторий; дальности действия средств обнаружения целей и средств наведения ЗУР; рабочее время системы обнаружения и целеуказания, средств управления ЗУР и всего комплекса; вероятности безотказной работы боевых средств комплекса.

Естественно, что для обеспечения выбранной зоны поражения в первую очередь необходимо, чтобы ЗУР долетала до всех ее точек. Однако этого недостаточно.

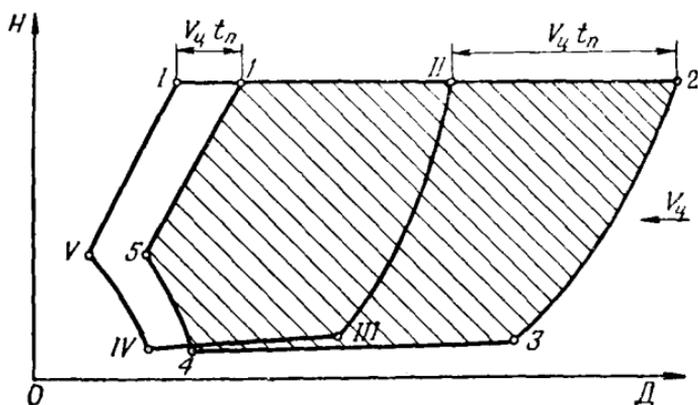


Рис. 12. Зоны пуска ЗУР и поражения ЗРК:

$H$  — высота;  $D$  — дальность;  $O$  — точка расположения ЗРК; 1, 2, 3, 4, 5 — точки зоны пуска ЗУР; I, II, III, IV, V — соответствующие точки зоны поражения ЗРК;  $V_d$  — скорость полета цели;  $t_n$  — полетное время ЗУР в соответствующие точки зоны поражения

Для поражения цели с заданным уровнем вероятности необходимо обеспечить требуемые скорость и управляемость ЗУР, определяемые принятым методом наведения.

Средняя скорость полета ЗУР до границ зоны поражения определяет так называемую зону пуска ЗУР — часть пространства, при нахождении цели в котором в момент пуска ЗУР обеспечивается ее встреча с целью в пределах заданной зоны поражения.

На рис. 12 рассмотрен случай стрельбы навстречу по неманеврирующей горизонтально летящей с постоянной скоростью цели. Зона пуска ЗУР 12345 (заштрихована), соответствующая заданной зоне поражения I II III IV V, может быть построена для каждого вертикаль-

ного сечения последней путем откладывания на различных высотах ( $H$ ) от ближней, дальней и нижней границ горизонтальных отрезков, равных в соответствующем масштабе произведению скорости полета цели ( $V_{ц}$ ) на время полета ЗУР ( $t_{п}$ ) до соответствующей точки границы зоны поражения ЗРК.

Расстояние по горизонту от точки стояния комплекса до точки зоны пуска ЗУР ( $D_{п}$ ), соответствующее определенным точкам встречи в зоне поражения, может быть рассчитано при полете цели на нулевом курсовом параметре по формуле

$$D_{п} = D_{в} \frac{k+1}{k},$$

где  $D_{в}$  — расстояние по горизонту от точки стояния ЗРК до точки встречи в зоне поражения ЗРК;

$k = \frac{V_{зп}}{V_{ц}}$  — отношение средней скорости полета ЗУР до точки встречи к средней скорости полета цели.

Из сказанного следует, что увеличение средней скорости полета ЗУР позволяет сократить глубину зоны пуска и тем самым уменьшить время занятости ЗРК некоторых конструкций на обстрел цели, т. е. повысить их огневую производительность. Однако препятствием к значительному увеличению средней скорости полета ЗУР является ограничение ее стартового веса. Кроме того, не во всех конструкциях ЗРК чрезмерное уменьшение глубины зоны пуска ЗУР может способствовать повышению боевой эффективности комплекса.

Следует отметить, что зона пуска ЗУР при стрельбе по неманеврирующей горизонтально летящей с постоянной скоростью цели зачастую не является единственной зоной, позволяющей определить оптимальные характеристики боевых средств создаваемого ЗРК.

Из-за высокой эффективности современной ПВО средства воздушного нападения широко применяют различные маневры курсом и скоростью при пролете через зону ПВО, при атаках наземных объектов, а также при уходах от запущенных по ним ЗУР. В этих случаях зона пуска ЗУР при заданной зоне поражения ЗРК определяется из условия, что при любом возможном (или заданном) маневре цель будет поражена с определенным уровнем вероятности в зоне поражения ЗРК.

Такая зона называется гарантированной зоной пуска ЗУР.

При прочих равных условиях эта зона значительно меньше по объему, чем зона пуска при обстреле неманеврирующей цели. Увеличению ее, как правило, способствует возрастание средней скорости полета ЗУР.

К моменту пуска ЗУР система обнаружения и целеуказания должна обнаружить и «обработать» цель; средства управления ЗУР должны определить направление пуска и придать ракете соответствующее положение в пространстве; бортовая аппаратура ЗУР должна быть также приведена в пусковое состояние (правда, последний процесс часто накладывается по времени на предыдущие).

Чтобы определить в рассматриваемом случае стрельбы навстречу по неманеврирующей цели необходимую максимальную горизонтальную дальность действия средств управления (наведения) ЗУР, необходимо от нижней и дальней границ зоны пуска ЗУР отложить на различных высотах навстречу движению цели отрезки, равные произведению скорости полета цели на работное время средств управления ЗУР.

Для определения необходимой максимальной горизонтальной дальности действия средств обнаружения целей длина таких отрезков, также откладываемых от нижней и дальней границ зоны пуска ЗУР, должна равняться произведению скорости полета цели на работное время комплекса.

Таким образом рассчитываются основные характеристики боевых средств ЗРК.

Необходимо отметить, что подобные расчеты производятся многократно при различных исходных данных, основными из которых являются средние скорости полета ЗУР, работное время ЗРК и его средств. На основе сравнения полученных вариантов выбирается оптимальный. Критериями оптимальности вариантов, определяемыми назначением и рядом требований к создаваемому ЗРК, могут, в частности, быть минимальный вес ЗУР, минимальная сложность ЗРК, минимальный вес радиолокационных средств ЗРК, максимальная огневая производительность ЗРК и т. п.

Каждое из рассмотренных боевых средств ЗРК должно обеспечивать в соответствии со своим назначением нормальную «обработку» цели с определенным, заданным уровнем вероятности.

## § 5. КЛАССИФИКАЦИЯ ЗЕНИТНЫХ РАКЕТНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Зенитные ракетные комплексы могут быть классифицированы по различным признакам. Один из вариантов их классификации, ориентирующийся на состоящие на вооружении и разрабатываемые иностранные ЗРК, предусматривает их деление по виду ПВО, назначению, всепогодности, подвижности, способу (виду) наведения ЗУР на цель, степени автоматизации наведения ЗУР и по месту расположения.

По виду ПВО зенитные ракетные комплексы подразделяются на ЗРК ПВО страны, ПВО кораблей и ПВО войск.

Разработка ЗРК ПВО страны началась за рубежом раньше других комплексов. Первый из них — американский ЗРК «Найк-Аякс» — был принят на вооружение в 1953 г. Он предназначался для ПСО, так как авиация в то время считалась основным средством воздушного нападения (ракетное оружие класса «земля — земля» находилось в начальной стадии развития).

Отличительными особенностями ЗРК этого типа являются их сложность и, как правило, стационарность расположения подразделениями (частями) у прикрываемых объектов.

Эти ЗРК обычно обслуживаются разветвленной системой управления, не входящей в их состав и предназначенной для заблаговременного обнаружения средств воздушного нападения противника, опознавания и определения параметров их полета, целераспределения и передачи целеуказания подразделениям (частям) ЗРК. Такие системы управления обслуживают значительные районы, иногда территорию страны или нескольких стран, на которых, прикрывая отдельные объекты или площади, располагаются подразделения ЗРК.

ЗРК ПВО кораблей появились за рубежом несколько позже, чем ЗРК ПВО страны. Первый амери-

канский корабельный комплекс ПСО «Терьер» был принят на вооружение в 1955 г. ЗРК этого типа отличаются стационарностью—их боевым средствам отводятся на корабле специальные места. Пусковые установки комплекса снабжаются, как правило, устройствами, обеспечивающими автоматическую или механизированную подачу к ним ЗУР из хранилищ. В ходе подачи ракеты проходят необходимую сборку и проверки.

ЗРК ПВО войск появились позже рассмотренных выше комплексов. Это объясняется тем, что основным требованием, предъявляемым к войсковым ЗРК, является их высокая подвижность. На начальной же стадии разработок боевые средства ЗРК были громоздкими и тяжелыми.

Первым этапом в создании ЗРК ПСО войск была модернизация уже разработанных ЗРК ПСО страны путем придания их боевым средствам подвижности (американские комплексы «Хок» и «Найк-Геркулес», принятые на вооружение в 1958 г.).

Позже начали разрабатывать специальные комплексы ПВО войск. В настоящее время за рубежом в различных стадиях разработки находится ряд ЗРК этого типа, в том числе универсальные и специально предназначенные для борьбы с низколетящими средствами воздушного нападения (самолетами, вертолетами).

Отличительными особенностями ЗРК ПВО войск кроме высокой подвижности являются: быстрый переход из походного положения в боевое и обратно, измеряемый несколькими минутами (к некоторым ЗРК предъявляется требование обстрела целей и в движении); возможность действовать в бою автономно (вплоть до совмещения на одном шасси всех боевых средств комплекса); возможность борьбы с целями на малых и предельно малых высотах; сравнительно низкая стоимость; простота устройства, боевого использования и эксплуатации, продиктованные необходимой массовостью ЗРК этого типа.

**По назначению** комплексы разделяются на противосамолётные (ЗРК ПСО), противоракетные (ЗРК ПРО) и универсальные.

Противосамолётные ЗРК предназначаются в основном для поражения самолетов (вертолетов) противника. Эти комплексы могут также успешно применяться

против крылатых ракет, имеющих лётные и конструктивные характеристики (размеры, уязвимость), близкие или равные аналогичным характеристикам самолетов. В зависимости от конструкции (дальностей действия средств обнаружения и наведения, скорости полета ЗУР и др.) они могут бороться либо только с дозвуковой авиацией, либо с дозвуковой и сверхзвуковой. Противосамолетные ЗРК состоят на вооружении и разрабатываются для всех видов ПСО (страны, кораблей, войск).

Противоракетные ЗРК служат для поражения на траектории баллистических и крылатых ракет класса «земля — земля» различных дальностей полета. За рубежом эти комплексы не вышли из стадии разработок и испытаний. Их отличительные особенности: сложность и чрезвычайная дороговизна; сравнительно большие дальности и высоты полета ЗУР (противоракеты), измеряемые десятками и сотнями километров; большие скорости полета ЗУР; применение ядерных боевых частей в ЗУР; большие дальности действия средств обнаружения (до нескольких тысяч километров); высокая автоматизация боевой работы, необходимая для борьбы с высокоскоростными целями, применяющими различные помехи.

ЗРК ПРО разрабатываются за рубежом для ПРО страны с задачей прикрытия отдельных объектов (городов, баз межконтинентальных баллистических ракет) от атак баллистических ракет большой и средней дальности действия с ядерными боеголовками.

Универсальные ЗРК используются для поражения авиации, а также тактических ракет противника при одних и тех же боевых средствах комплекса. Качества универсализма, как правило, придаются ЗРК ПВО войск. Универсальные ЗРК отличаются от ЗРК ПСО тем, что имеют более мощные радиолокационные средства, обеспечивающие своевременную обработку целей значительно меньших габаритов, более скоростных и более высоколетящих, чем авиация, а также более скоростные ЗУР. Универсальные ЗРК создаются за рубежом путем модернизации ЗРК ПСО (в основном заменой радиолокационных средств обнаружения и сопровождения цели более мощными), а также путем разработки новых специальных комплексов. К первым

относятся «Найк-Геркулес» и «Хок», вторые не вышли из стадии проектирования и макетирования.

Универсализм ЗРК можно рассматривать также и с точки зрения обеспечения комплексам возможности вести стрельбу по наземным и морским целям. Это требование реализовано в ряде зарубежных ЗРК ПСО страны, войск и кораблей.

**По всепогодности** ЗРК подразделяются на всепогодные, не всепогодные и всепогодно-не всепогодные.

**Всепогодные** ЗРК обеспечивают стрельбу по воздушным целям при любой визуальной видимости, а также при любых метеорологических и фоновых условиях, днем и ночью. В современных ЗРК всепогодность достигается путем применения радиолокационных станций в системе обнаружения и целеуказания, а также (в зависимости от конструкции) в средствах управления ЗУР и на борту ЗУР.

Комплексы ПРО создаются всепогодными. Из комплексов ПСО всепогодными разрабатываются те, которые предназначаются для борьбы с авиацией на средних и больших высотах и дальностях.

**Не всепогодные** ЗРК могут вести борьбу с воздушными целями только при определенных условиях. Из состоящих на вооружении и разрабатываемых зарубежных ЗРК не всепогодными являются многие комплексы ПСО, специально предназначенные для борьбы с низколетающими целями.

Разработка комплексов этого типа базируется на предположении, что ряд объектов (особенно малоразмерных) авиация может атаковать в основном при хорошей визуальной их видимости. Считают, что в этих условиях эффективно применение ЗРК, в которых цель (а иногда и ЗУР) при стрельбе сопровождается также визуально человеком с использованием различных устройств сопровождения.

Применение не всепогодных ЗРК продиктовано еще и тем, что радиолокационное обнаружение и сопровождение низколетающих целей встречает ряд трудностей, связанных с помехами из-за отражения радиоволн от поверхности земли.

Не всепогодные ЗРК значительно проще, а поэтому и дешевле всепогодных.

В зависимости от конструкции для успешной стрель-

бы некоторым невсепогодным ЗРК кроме надежного визуального сопровождения цели необходимы и другие условия: определенный фон, на котором летит обстреливаемая цель; определенная температура выхлопных газов двигателя обстреливаемого самолета (вертолета) и его определенное положение относительно комплекса. Все это еще больше ограничивает применимость невсепогодных ЗРК.

Большинство иностранных ЗРК этого типа находится в стадии разработки.

Всепогодно-невсепогодные ЗРК объединяют качества всепогодных и невсепогодных комплексов ПСО. У таких ЗРК основной считается стрельба всепогодная, для чего они обеспечены необходимыми радиолокационными средствами. Если эти средства применить невозможно (помехи, искусственно созданные противником; влияние поверхности земли и т. п.), комплекс переходит на невсепогодный режим стрельбы.

По подвижности ЗРК подразделяются на стационарные, полустационарные и подвижные.

Установка стационарных ЗРК на боевой позиции требует длительных подготовительных инженерных работ. Эти ЗРК обычно имеют сложное и громоздкое оборудование; зачастую требуются подземные помещения для хранения, сборки и проверок ЗУР. У некоторых образцов ЗРК ПСО страны и у всех наземных комплексов ПРО под землей располагаются и пусковые установки. Транспортируются боевые средства этих ЗРК для установки на наземных боевых позициях в разобранном виде. Перебазировка их в ходе боевых действий не предусматривается.

К стационарным ЗРК относятся некоторые комплексы ПСО страны и все наземные комплексы ПРО, а также комплексы ПСО кораблей.

Полустационарные ЗРК представляют собой комплексы ПСО страны, модернизированные для ПСО войск. Предусматривается перебазировка этих ЗРК в ходе боевых действий, для чего нужно время, измеряемое часами, и нередко требуется частичная их разборка. Вновь занимаемые боевые позиции, как правило, нуждаются в специальной инженерной подготовке. В настоящее время за рубежом число комплексов этого типа сокращается.

Подвижный ЗРК предназначен в основном для ПСО войск. Комплексы этого типа бывают самоходные, буксируемые, возимые и носимые. Наиболее подвижным считается самоходный комплекс. Тип комплекса определяется здесь наименее подвижным боевым средством, входящим в его состав.

В самоходных комплексах боевые средства располагаются на отдельных колесных или гусеничных самоходных шасси либо на одном самоходном шасси. Расположение боевых средств на однотипных шасси (что бывает не всегда) повышает маневренность ЗРК. Наиболее маневренным является ЗРК на одном шасси.

В буксируемых ЗРК все или некоторые боевые средства размещены на колесных прицепах или полуприцепах, буксируемых тягачами.

В возимых ЗРК отдельные боевые средства могут транспортироваться в тягаче, буксирующем другие боевые средства.

Носимые ЗРК отличаются ограниченным весом, позволяющим транспортировать их личному составу.

Самоходные и буксируемые ЗРК созданы и разрабатываются за рубежом для ПВО страны и войск.

**По способу (виду) наведения ЗУР на цель** ЗРК подразделяются на комплексы с теленаведением (по лучу, командное), с самонаведением (пассивное, полуактивное, активное) и с комбинированным наведением — с комбинацией выше названных способов наведения.

**По степени автоматизации наведения ЗУР** зенитные ракетные комплексы делятся на автоматические, полуавтоматические и неавтоматические.

Степень автоматизации определяется здесь мерой участия человека в процессе наведения ЗУР на цель.

В основном этот признак классификации относится к комплексам с теленаведением ЗУР на цель и степень их автоматизации определяется мерой участия человека в измерении характеристик полета цели и ЗУР. Эти характеристики, измеряемые различными станциями непрерывного сопровождения цели и ЗУР, необходимы для выработки команд наведения, производимой наземным (корабельным) или бортовым (при теленаведении по лучу) счетно-решающим прибором.

В автоматическом ЗРК сопровождение цели и

ракеты осуществляется станциями их автосопровождения. Такими станциями для сопровождения цели у современных ЗРК является, как правило, РЛС, а для сопровождения ЗУР — построенные и на других принципах (например, теплотеленгатор, осуществляющий автосопровождение трассера ракеты).

При радиолокационном автосопровождении цели и ЗУР комплексы являются всепогодными.

В полуавтоматическом ЗРК степень участия человека в процессе наведения ЗУР на цель возрастает. Здесь человек осуществляет визуальное непрерывное сопровождение цели с помощью станции, приводимой в действие вручную. Обычно это — оптическое устройство. ЗУР при этом сопровождается автоматически, аналогично сопровождению в автоматическом ЗРК.

В неавтоматическом ЗРК и цель и ракета непрерывно сопровождают станциями, приводимыми в действие человеком вручную. Таких станций может быть две (отдельно для цели и для ЗУР) или одна. Строятся они на различных принципах: оптическом, телевизионном, радиолокационном. Точность наведения ЗУР на цель здесь целиком зависит от тренированности человека.

При оптическом либо телевизионном сопровождении цели или ЗУР полуавтоматические и неавтоматические комплексы являются не всепогодными. При радиолокационном — всепогодными.

Встречаются комплексы, в которых наряду с автоматическим наведением ЗУР на цель в качестве дублирующего режима предусматривается и полуавтоматическое наведение. Этот режим используется при невозможности автоматического сопровождения цели (искусственные помехи, создаваемые противником, или влияние поверхности земли). Такие ЗРК можно назвать автоматически-полуавтоматическими.

Что касается ЗРК с самонаведением, то они, как правило, автоматические. Только при полуактивном самонаведении в принципе возможен полуавтоматический режим наведения.

Автоматические ЗРК получили наиболее широкое распространение за рубежом для ПВО страны, войск и кораблей. Полуавтоматические применяются для ПСО от низколетящих целей. Неавтоматические — для ПСО от

низколетящих целей, имеющих, как правило, дозвуковую скорость полета.

Наиболее эффективным (но и наиболее дорогостоящим) является автоматический ЗРК, наименее эффективным — неавтоматический. Это объясняется тем, что участие человека в весьма скоротечной стрельбе ЗРК вносит дополнительные случайные ошибки.

По месту расположения ЗРК подразделяются на наземные и корабельные.

Рассмотренный вариант классификации ЗРК может быть представлен таблицей.

Признак классификации ЗРК	Тип ЗРК
По виду ПВО	ПВО страны ПВО кораблей ПВО войск
По назначению	Противосамолетный — ЗРК ПСО Противоракетный — ЗРК ПРО Универсальный
По всепогодности	Всепогодный Невсепогодный Всепогодно-невсепогодный
По подвижности	Стационарный Полустационарный Подвижный (самоходный, буксируемый, возимый, носимый)
По способу (виду) наведения ЗУР на цель	С теленаведением (по лучу, командное) С самонаведением (пассивное, полуактивное, активное) С комбинированным наведением
По степени автоматизации наведения ЗУР	Автоматический Полуавтоматический Неавтоматический
По месту расположения	Наземный Корабельный

Следует заметить, что за рубежом принято делить зенитные ракетные комплексы на три типа еще и по дальности действия: дальнего действия, средней дальности действия и ближнего действия.

К ЗРК дальнего действия относят комплексы, предназначенные для ПВО страны и кораблей. Они являются всепогодными, зачастую стационарными. Эти комплексы имеют наиболее тяжелые ракеты. Ракеты американских комплексов этого типа снабжаются как обычными, так и ядерными боевыми частями, что позволяет применять их и для обстрела наземных (надводных) объектов. Кроме того, ядерная боевая часть позволяет снизить требование к точности наведения ЗУР на воздушную цель и повысить эффективность поражения.

Большинство ракет комплексов этого типа снабжается прямоточными воздушно-реактивными двигателями, что, по мнению иностранных специалистов, дает возможность снизить их стартовый вес.

ЗРК средней дальности действия имеют дальность стрельбы в несколько десятков километров. Они более многочисленны, все являются всепогодными, автоматическими, в наземном исполнении подвижные и предназначаются для ПВО страны, кораблей и войск. Ведутся разработки новых ЗРК этого типа, а также модернизируются все существующие образцы.

Отличительной особенностью комплексов этого типа является применение ракет с двигателями на твердом топливе, что, по мнению иностранных специалистов, обеспечивает более высокую боевую готовность ЗУР и упрощает их обслуживание. Подавляющее большинство ракет комплексов средней дальности действия наводится на цель радиолокационной полуактивной головкой самонаведения. К некоторым из них предъявляются требования ведения борьбы с низколетящими целями, а иногда — и универсализма.

К ЗРК ближнего действия относятся комплексы с дальностью стрельбы в несколько километров. Эти комплексы служат для ПСО войск и кораблей от низколетящих целей. Среди них имеются всепогодные (меньше), не всепогодные и всепогодно-не всепогодные. Многие из них находятся в различных стадиях отработки, некоторые приняты на вооружение.

Преимуществами комплексов этого типа считают их сравнительно высокую боеготовность (небольшое время между обнаружением цели и пуском по ней ЗУР), простоту устройства и эксплуатации, что не требует высококвалифицированных расчетов. Запуск ЗУР у многих из них производится непосредственно из транспортного контейнера. Работы за рубежом ведутся над созданием всепогодных комплексов ближнего действия при усовершенствовании радиолокационных станций обнаружения и сопровождения низколетящих целей.

## ГЛАВА 2

### БОЕВЫЕ СРЕДСТВА ЗЕНИТНОГО РАКЕТНОГО КОМПЛЕКСА

Как отмечалось, к боевым средствам ЗРК относятся система обнаружения и целеуказания, средства управления ЗУР, зенитная управляемая ракета и пусковая установка.

#### § 1. СИСТЕМА ОБНАРУЖЕНИЯ И ЦЕЛЕУКАЗАНИЯ ЗРК

Системой обнаружения и целеуказания называется часть ЗРК, предназначенная для обнаружения, опознавания и выбора для обстрела воздушно-космических целей, а также для передачи данных о целях на другие боевые средства ЗРК.

Для решения этих задач система обнаружения и целеуказания комплекса имеет средства обнаружения целей, их опознавания и целеуказания.

Средствами обнаружения в ЗРК, как правило, являются радиолокационные станции обнаружения (обзора). Только в некоторых комплексах прибегают к визуальному обнаружению с использованием оптических устройств или предварительного целеуказания от более совершенных средств обнаружения.

Для обнаружения целей в средствах обнаружения всепогодных ЗРК применяются радиолокационные станции, как правило, кругового (реже секторного) обзора. Они используют обычно веерный луч, узкий в азимутальной плоскости и широкий в угломестной плоскости. Форму диаграммы направленности в угломестной плоскости выбирают исходя из условия, чтобы цели с равной интенсивностью отражения радиоволн независимо от удаления в пределах зоны действия РЛС давали эхосигнал одинаковой мощности,

Обзор пространства РЛС по дальности происходит благодаря постоянству скорости и прямолинейности распространения радиоволн в однородной среде. Радиоволны распространяются со скоростью света, которая составляет в пустоте  $299\,792 \pm 0,4$  км/сек, или округленно 300 000 км/сек. Поэтому дальность до цели определяется практически мгновенно.

Время обзора пространства по высоте зависит от конструкции РЛС. Применяют однолучевые и многолучевые РЛС с одновременным и последовательным обзором пространства по углу места.

Однолучевая РЛС обзора может иметь ширину луча, либо перекрывающую весь требуемый диапазон высот обзора, либо составляющую только его часть. В первом случае обзор всего диапазона высот является одновременным (одноразовым) и обеспечивается в течение одного перемещения антенного луча в азимутальной плоскости, во втором — последовательным (многократным), так как необходимо последовательное по высоте перемещение луча в пределах всего требуемого диапазона высот обзора.

Находят применение в ЗРК и многолучевые РЛС обнаружения, которые также производят либо одновременный, либо последовательный обзор требуемого диапазона высот.

При равном времени одного обзора пространства по азимуту последовательный обзор приводит в общей сложности к затрате большего времени, однако способствует более точному определению угла места цели и требует меньшей мощности передатчика РЛС.

Для радиолокационного сопровождения цели и ЗУР в состав средств наведения некоторых всепогодных ЗРК включают РЛС с острым, «игольчатым» лучом. Ширина этого радиолуча, составляющая в обеих плоскостях единицы и доли градуса, определяется заданной точностью измерения угловых координат цели и ЗУР, а также разрешающей способностью по углу.

РЛС с таким лучом могут использоваться и для обнаружения целей. Однако как в средствах наведения ЗУР (которые до перехода на сопровождение цели и ракеты производят их поиск в ограниченном пространстве), так и особенно в средствах обнаружения целей (когда необходим обзор большого пространства) при-

менение игольчатого луча при механическом перемещении антенны может привести к значительной затрате времени. Дело в том, что РЛС с таким лучом просматривает всю зону обзора последовательно по сложному закону (растру; встречаются строчной, винтовой, спиральный, циклоидальный и другие растры), перемещая луч в угломестной и азимутальной плоскостях.

В РЛС зарубежных ЗРК перемещение (сканирование) радиолуча по зоне обзора в зависимости от конструкции производится механическим или электрическим способом. Механическое сканирование осуществляется за счет поворотов антенн РЛС электрическим или гидравлическим приводом. Электрическое сканирование луча, которое применяется в РЛС с антеннами типа фазированная решетка, позволяет избавиться от приводов и управлять игольчатым лучом с очень высокой скоростью по определенной программе при неподвижной антенне.

При радиолокационном обнаружении возможны факторы, усложняющие своевременное обнаружение целей. Эти факты делятся на искусственные и естественные.

К естественным относят зависимость максимально возможной дальности действия РЛС от кривизны земли и углов укрытия из-за неровностей ее поверхности. Для увеличения максимально возможной дальности действия РЛС поднимают ее антенну (или всю станцию) над поверхностью земли, а также выдвигают РЛС в направлении ожидаемого нападения противника. По результатам эти меры идентичны.

Если рассматривать РЛС обнаружения ЗРК (т. е. станцию, которая не должна располагаться слишком далеко от других боевых средств комплекса), то подъем ее антенны над поверхностью земли производится в основном за счет конструкции (например, выдвижная антенна), расположения на возвышенности, а также размещения на летательном аппарате.

В системе раннего обнаружения, РЛС которой не принадлежат конкретному ЗРК, станции могут подниматься на самолетах радиолокационного дозора либо выдвигаться в различных направлениях от обороняемых объектов на большие расстояния. В этих случаях дальность обзора РЛС (при достаточной ее мощности) значительно возрастает.

Для увеличения дальности обнаружения целей в состав ЗРК могут включаться и так называемые загоризонтные РЛС, построенные на принципе возвратно-наклонного зондирования пространства. Здесь коротковолновые радиосигналы принимаются станцией, их излучившей, после одного или многократного переотражения от ионосферы и земной поверхности. Однако такие РЛС весьма сложны и пока недостаточно точны.

При визуальном обнаружении максимально возможная дальность не превосходит прямой геометрической видимости. Однако из-за ограниченных возможностей человеческого глаза она всегда меньше этой дальности и, кроме того, уступает радиолокационной по величине, всепогодности и надежности.

На максимальную дальность визуального обнаружения целей оказывают большое влияние метеорологические факторы и наличие целеуказания. Так, по данным зарубежной печати, предельная дальность визуального обнаружения низколетящего самолета с использованием оптических устройств обнаружения с земли составляет около 13 км. Однако, как показали исследования, проведенные в ФРГ, из-за метеорологических факторов эта предельная дальность в 50% случаев равна 10 км и более, в 25% случаев — 5—10 км и примерно в 15% — менее 6 км. При отсутствии хотя бы грубого целеуказания названные дальности обычно сокращаются в два раза, а при таком целеуказании — примерно на 30%.

Как видно из примера, максимальная дальность визуального обнаружения цели носит вероятностный характер. Такой же характер имеет и дальность радиолокационного обнаружения. Поэтому при создании средств обнаружения целей для ЗРК задаются максимальной дальностью их действия при определенном уровне ее вероятности (обычно 50—70%).

Кроме максимальной дальности обнаружения целей средства обнаружения ЗРК имеют еще ряд характеристик. От этих средств требуется не только обнаружить цель в выделенном комплексе диапазоне высот, но и определить ее координаты, а также характеристики полета (направление, скорость). На эти операции средства обнаружения затрачивают определенное время, которое стремятся при их создании свести к минимуму.

Важной характеристикой средств обнаружения це-

лей является также вероятность непропуска цели. Эту характеристику можно учитывать при планировании ПВО объектов. Если, например, противник совершает эшелонированный по глубине налет на объект, прикрываемый комплексом (самолеты следуют один за другим с некоторым интервалом), а РЛС кругового обзора с механическим сканированием луча поворачивает его медленно, то при определенных интервалах между самолетами она может не обнаружить (или обнаружить и «обработать» слишком поздно) последующую цель (цели).

Средства опознавания (распознавания) целей служат для выделения (селекции) целей, подлежащих обстрелу, из числа всех обнаруженных.

Работа средств опознавания (распознавания) целей функционально тесно увязана с работой средств обнаружения. Отмечается, что в условиях радиоэлектронного противодействия противника их работу, особенно в комплексах ПРО, бывает даже трудно разграничить.

Если средства обнаружения противосамолетного ЗРК тем или иным способом обнаружили самолеты, то средствам опознавания остается опознать их по принципу «свой — чужой». Для этого применяется активная радиолокация с автоматическими ответчиками-ретрансляторами на борту своих самолетов. Самолеты противника также снабжаются для их опознавания ответчиками, однако благодаря тому, что сигналы радиолокационных запросчиков кодированы и засекречены, ответчик самолета противника либо вообще не ответит на запрос, либо его ответ будет отличаться кодом.

Результаты опознавания поступают (в зависимости от конструкции) либо на экран индикатора в виде световой отметки, с помощью которой оператор визуально опознает цель, либо на автоматическое устройство. Если самолет (вертолет) окажется своим, то его дальнейшая «обработка» боевыми средствами комплекса прекращается.

В некоторых ЗРК ПСО отсутствуют радиолокационные средства опознавания целей. Тогда оно ведется визуально одним из номеров расчета. Такое опознавание, производимое по контурам самолета (вертолета), требует хорошей натренированности и не гарантировано от ошибок.

Опознавание целей имеет особенно большое значение в бою, так как своя авиация в зоне действия своих ЗРК не применяет противозенитных мер (маневр скоростью и курсом, постановка помех) и является поэтому более уязвимой, чем авиация противника, обычно прибегающая к таким мерам.

Работа средств обнаружения и опознавания (распознавания) наиболее тесно переплетается в комплексах ПРО. Здесь они должны по тому или иному признаку селектировать атакующие ракеты противника от различных ложных целей, их сопровождающих и прикрывающих. Принцип распознавания атакующих ракет противника в комплексах ПРО может быть назван «истинная — ложная цель».

Средства целеуказания служат для приема информации о воздушной обстановке, обработки и анализа этой информации для определения последовательности обстрела обнаруженных целей и передачи необходимых данных о них на другие боевые средства ЗРК.

В подавляющем большинстве современных ЗРК информация обнаружения и опознавания целей поступает от радиолокационных станций. Часть средств целеуказания, получающих информацию, является окончательными устройствами этих РЛС. Они могут быть выполнены в виде или экрана электронно-лучевой трубки, или счетно-решающего прибора обнаружения.

В зависимости от вида окончательного устройства обработка и анализ информации о целях производятся оператором или автоматически.

При использовании экрана отметки об обнаруженных целях сопровождаются световыми значками, характеризующими опознавание. Кроме того, на экране имеются разметки дальностей и направлений, с помощью которых оператор визуально определяет последовательность обстрела целей комплексом. При автоматических средствах целеуказания эти операции выполняет счетно-решающий прибор обнаружения. Решения прибора (в зависимости от конструкции) либо отображаются на специальных пультах (в виде сигналов, например, лампочек) для принятия оператором решения об их дальнейшей пере-

даче, либо передаются на другие боевые средства ЗРК автоматически.

Данные целеуказания в некоторых ЗРК передаются по многожильным кабельным линиям, в других — по радиолиниям связи. Последний вид передачи целеуказания имеет преимущество в дальности действия (может достигать нескольких километров) и позволяет сократить время перевода подвижных ЗРК из походного положения в боевое и обратно.

Средства целеуказания, как и вся система обнаружения и целеуказания, в ряде конструкций обслуживают одни или несколько средств управления ЗУР (подразделение зенитных ракетных комплексов).

Средства целеуказания некоторых ЗРК получают информацию о воздушной обстановке от средств обнаружения и опознавания не только собственных (автономная работа), но и входящих в систему управления ПВО, обслуживающую ряд подразделений ЗРК, расположенных на значительных территориях.

В последнем случае средства обнаружения ЗРК производят, как правило, не круговой, а секторный обзор пространства, что способствует повышению надежности и сокращению времени работы его системы обнаружения и целеуказания.

При визуальном обнаружении и опознавании целей анализ воздушной обстановки и определение последовательности обстрела целей выполняются человеком, который для установления характеристик полета целей может пользоваться различными приспособлениями и оптическими устройствами.

## **§ 2. СРЕДСТВА УПРАВЛЕНИЯ ЗЕНИТНОЙ УПРАВЛЯЕМОЙ РАКЕТОЙ**

Средствами управления ЗУР называется часть ЗРК, которая осуществляет своевременный пуск ЗУР в необходимом направлении и ее наведение на цель с требуемой точностью.

Наиболее полная схема построения средств управления ЗУР современных ЗРК включает средства управления пуском и средства наведения ЗУР (рис. 13).

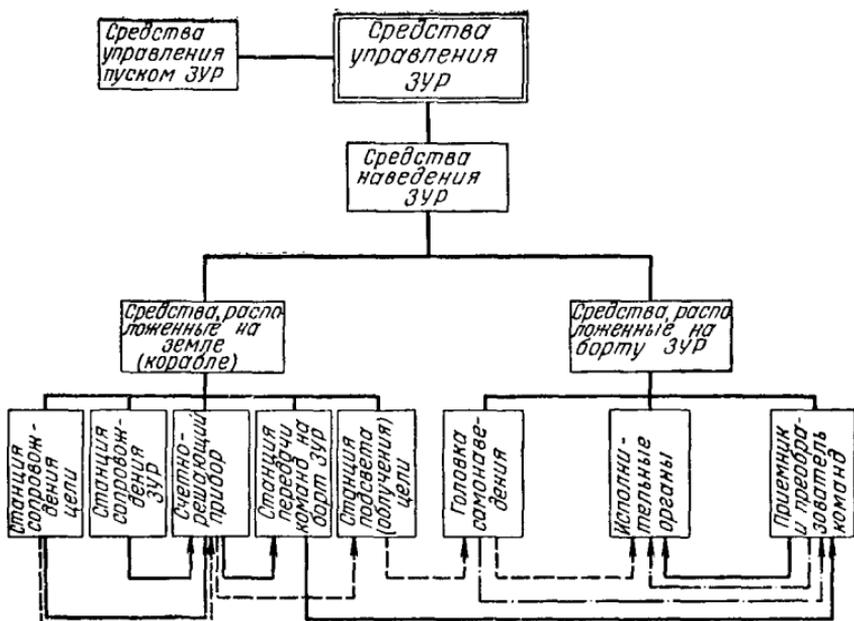


Рис. 13. Обобщенная схема построения и взаимодействия средств управления зенитной управляемой ракетой:

сплошные линии — при теленаведении; пунктирные — при полуактивном самонаведении; штрихпунктирные — при активном и пассивном самонаведении

## 1. Средства управления пуском ЗУР

Средства управления пуском ЗУР служат для выработки команд управления пусковой установкой комплекса и для управления ею. Они включают средства выработки команд управления пусковой установкой с ЗУР, приводы пусковой установки и пусковую (стартовую) автоматику.

Средства выработки команд управления пусковой установкой обеспечивают выработку команд для придания направляющим пусковой установки с расположенными на них ракетами необходимого положения в пространстве (по азимуту и углу места) в зависимости от параметров полета намеченной для обстрела цели и летных возможностей ЗУР по ее поражению.

Для выполнения этих задач боевая работа средств выработки команд функционально увязана с работой системы обнаружения и целеуказания ЗРК, а также сред-

ствами наведения ЗУР. Получая и передавая информацию о параметрах полета цели, они вырабатывают команды для пуска ЗУР в необходимом направлении в моменты, когда намеченная для обстрела цель находится в пределах зоны пуска.

Приводы пусковой установки реализуют команды средств управления, разворачивая в соответствии с ними направляющие с ракетами в пространстве.

Пусковая (стартовая) автоматика осуществляет своевременный пуск ЗУР, проводя при необходимости предпусковые операции (контроль исправности бортовой аппаратуры ракеты, включение этой аппаратуры для выхода на рабочий режим и т. п.), и включает двигатель ЗУР.

В зарубежных ЗРК (в зависимости от их конструкции) встречаются различные по сложности и схемным решениям средства управления пуском ЗУР.

Наиболее сложны (с использованием счетно-решающих приборов и автоматики) эти средства в автоматических и некоторых полуавтоматических ЗРК с наклонным и переменным по углу возвышения и переменным по азимуту пуском ЗУР. При наклонном, но фиксированном в одном или нескольких положениях угле старта функции средств управления пуском ЗУР несколько упрощаются. При вертикальном старте ЗУР от этих средств требуется лишь обеспечение своевременного пуска ракеты. В автоматических ЗРК работа средств управления пуском ЗУР может быть полностью автоматизированной. Тогда оператор выполняет только функции контроля или нажимает на кнопки для пуска ЗУР после получения соответствующих разрешающих сигналов. В зависимости от конструкции ЗРК пульт управления пуском ЗУР располагается на пусковой установке или вне ее.

В неавтоматических носимых ЗРК часть функций средств управления пуском ЗУР выполняет оператор. Сообразуясь с характеристиками полета цели, наблюдаемой, как правило, визуально, он вручную придает необходимое положение направляющей с ЗУР в пространстве, включает стартовую автоматику и, используя различные механизмы и устройства, сигнализирующие о своевременности пуска ЗУР и ее готовности, производит пуск ракеты.

## 2. Средства наведения ЗУР

Средства наведения ЗУР служат для непрерывного определения взаимного положения летящих ЗУР и цели, выработки и реализации с требуемой точностью команд наведения ракеты на цель.

Полет ЗУР в пространстве складывается из перемещения ее центра масс и поворотов вокруг него ракеты. Поэтому наведение ЗУР на цель включает два взаимно обусловленных и увязанных процесса: управление траекторией перемещения центра масс (собственно наведение) и управление поворотами вокруг центра масс (ориентация).

Средства наведения ЗУР определяют ошибки в истинной траектории движения ракеты относительно идеальной (кинематической) траектории и устраняют те из них, которые превосходят пределы, обеспечивающие требуемую точность наведения ЗУР.

В соответствии с этими задачами средства наведения ЗУР включают следующие элементы: измеритель координат (параметров движения) летящих цели и ЗУР для непрерывного определения их взаимного положения; счетно-решающий прибор для фиксации этого положения, определения ошибок наведения и выработки по ним команд наведения; станцию передачи команд наведения на борт ЗУР; приемник и преобразователь этих команд на борту ЗУР; исполнительные органы на борту ЗУР для реализации команд наведения.

Обобщенная схема построения средств наведения зенитной управляемой ракеты современных зарубежных ЗРК приведена на рис. 13. Линиями со стрелками показаны функциональные связи между элементами средств наведения ЗУР: сплошными — при теленаведении; пунктирными — при полуактивном самонаведении; штрихпунктирными — при активном и пассивном самонаведении.

Элементы средств наведения ЗУР у большинства ЗРК размещаются на земле (корабле) и на борту ЗУР. Однако имеются и такие ЗРК, у которых все элементы средств наведения располагаются только на борту ЗУР.

В зависимости от способа, вида и метода наведения ЗУР на цель состав и функциональное назначение на-

земных и бортовых элементов средств наведения ЗУР различны.

В качестве измерителей координат (параметров движения) летящих цели и ЗУР при теленаведении применяются наземные раздельные или совмещенные радиолокационные станции, а также наземные оптические и другие устройства сопровождения цели и ЗУР. В зависимости от метода наведения они измеряют необходимые координаты летящих цели и ЗУР или только определяют направление на них. При самонаведении измеритель координат цели может располагаться и на борту ЗУР.

Счетно-решающие приборы для выработки команд наведения при теленаведении размещаются на земле (эти команды могут частично вырабатываться и на борту ЗУР); при полуактивном, активном и пассивном самонаведении — только на борту ЗУР. При расположении на борту ЗУР эти счетно-решающие приборы входят в состав головок самонаведения.

Станции передачи команд наведения на борт ЗУР при теленаведении находятся на земле или корабле (станция может и не передавать команды, а создавать энергетическое поле). При полуактивном самонаведении наземная станция подсвета (облучения) цели также передает необходимые для самонаведения сигналы на борт ЗУР, однако функции станции передачи команд наведения в этом случае выполняет и бортовой счетно-решающий прибор. В полной мере этот бортовой прибор выполняет функции станции передачи команд при активном и пассивном самонаведении.

Приемники и преобразователи команд наведения, как и исполнительные органы, применяются во всех ЗУР. Основой последних является автопилот, обеспечивающий требуемую ориентацию ЗУР в пространстве и непосредственное воздействие на органы ее управления, изменяющие траекторию полета в соответствии с командами наведения.

Автопилот, функциональная схема которого приведена на рис. 14, включает чувствительные элементы, преобразовательно-усилительные устройства и исполнительные устройства — рулевые машинки.

Чувствительные элементы предназначены для измерения необходимых параметров движения ЗУР и формирования дополнительных сигналов. Эти сигналы необ-

ходимы для того, чтобы уменьшить существующее противоречие между устойчивостью и управляемостью ракеты в полете: чем ЗУР устойчивее, тем она менее управляема, и наоборот.

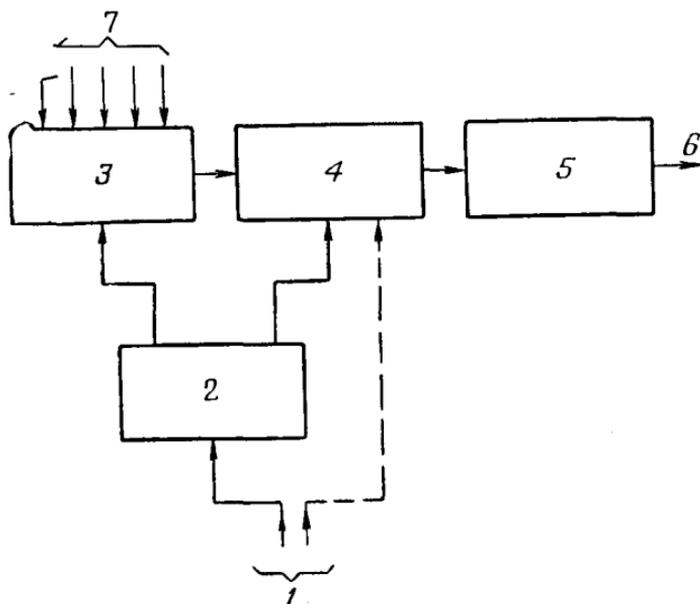


Рис. 14. Функциональная схема автопилота:

1 — команды наведения; 2 — задающее устройство; 3 — чувствительные элементы; 4 — преобразовательно-усилительные устройства; 5 — исполнительные устройства (рулевые машинки); 6 — сигнал к органам управления полетом; 7 — дополнительные сигналы управления и наведения

В качестве чувствительных элементов в современных автопилотах ЗУР применяют позиционные (трехстепенные) и скоростные (двухстепенные) гироскопы, датчики линейных ускорений (акселерометры) и измерители скоростного напора.

Позиционные гироскопы предназначены для измерения угловых отклонений ракеты по рысканию, тангажу или крену относительно некоторой неподвижной системы отсчета. Для получения величин угловых отклонений гироскоп снабжается датчиком (потенциометрическим, емкостным, индуктивным или другого типа).

Скоростные гироскопы измеряют угловые скорости ракеты относительно связанных осей координат. Они также снабжены датчиками, фиксирующими угловые

скорости для их дальнейшего преобразования в соответствующие команды.

Акселерометры служат для измерения линейных ускорений (перегрузок), действующих на ЗУР в полете. Конструктивные схемы акселерометров весьма разнообразны. Часто они строятся по принципу фиксации перемещения груза определенной массы, уравновешенного пружиной. В этом случае акселерометр располагают так, чтобы груз перемещался в том направлении, в котором необходимо замерить перегрузку.

В общем случае чувствительные элементы автопилота должны измерять параметры перемещений ЗУР по трем координатам (тангажу, рысканию и крену) для дальнейшего обеспечения управления и стабилизации ракеты по этим координатам. Однако есть такие конструкции ЗУР, в которых стабилизация по крену не производится: ракета в процессе полета вращается вокруг продольной оси. Чувствительные элементы должны при этом измерить параметры крена ракеты так, чтобы поступающие команды наведения были должным образом преобразованы в своевременные повороты подвижных аэродинамических поверхностей в ходе вращения ЗУР по крену.

Измерители скоростного напора в схеме автопилота служат в основном для того, чтобы установить необходимый угол поворота подвижных аэродинамических поверхностей, обеспечивающий нужную эволюцию ракеты в ходе ее полета. Известно, что при меньшем скоростном напоре для одного и того же изменения траектории полета или стабилизации ЗУР подвижные аэродинамические поверхности фиксированной площади следует поворачивать на большие углы, чем при большем скоростном напоре.

Преобразовательно-усилительные устройства автопилота преобразуют величины, измеренные чувствительными элементами, а также полученные команды наведения в управляющие сигналы, которые подаются на исполнительные устройства автопилота — рулевые машинки.

Рулевые машинки являются исполнительно-силовыми приводами автопилота ЗУР; они поворачивают подвижные аэродинамические поверхности (при аэродинамическом управлении) или обеспечивают поворот струи газов реактивного двигателя (при газодинамическом управлении).

В зависимости от типа приводного двигателя различают пневматические, гидравлические и электрические (электромагнитные и электромеханические) рулевые машинки.

В пневматических рулевых машинках рабочим телом является либо сжатый, либо горячий газ, поступающий от бортового источника питания. Основные достоинства таких машинок — простота и надежность, недостатки — инерционность в работе и сложность, вызванная зависимостью давления газа от температуры.

Гидравлические рулевые машинки в качестве рабочего тела используют жидкость, которая перегоняется через распределительное устройство (золотник или дроссель) гидронасосом, приводимым во вращение электродвигателем или турбиной (более выгодна в весовом отношении турбина, работающая на горячем газе). Основными преимуществами гидравлических машинок считают точность, практическую безынерционность (из-за несжимаемости жидкости), высокое быстродействие, недостатками — сложность и высокую стоимость.

Электрические рулевые машинки могут быть электромагнитными или электромеханическими. Первые являются маломощными. Применение вторых считается целесообразным при большом времени полета.

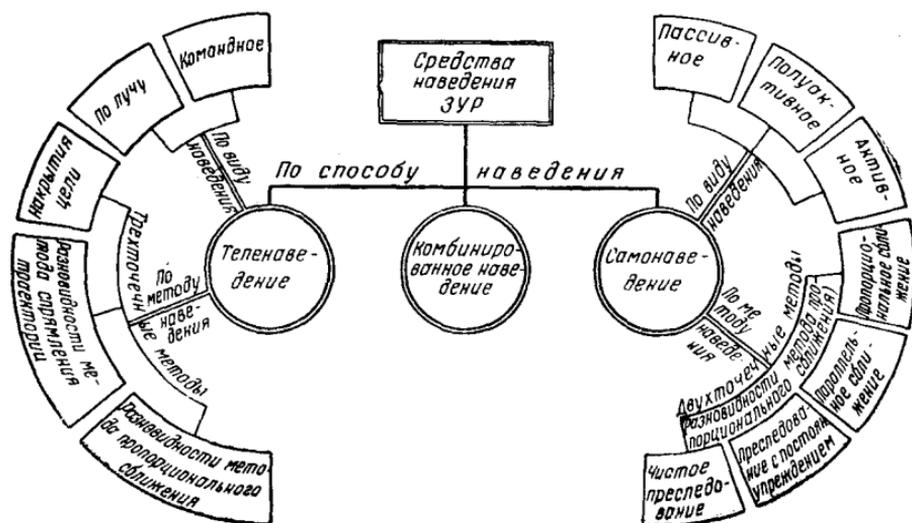


Рис. 15. Классификация средств наведения ЗУР

Один из возможных вариантов классификации средств наведения ЗУР по способам, видам и методам наведения ракеты на цель приведен на рис. 15.

### 3. Способы и виды наведения ЗУР

В зарубежных ЗРК (в зависимости от конструкции) встречаются следующие способы наведения ЗУР на цель: теленаведение, самонаведение, комбинированное наведение.

При теленаведении применяются командное наведение и наведение по лучу; при самонаведении — пассивное, полуактивное и активное; при комбинированном наведении — комбинация теленаведения с самонаведением (иногда и с автономным наведением).

**Теленаведением** называют способ наведения ЗУР на расстоянии за счет энергии, специально подаваемой на ракету с пункта наведения, расположенного вне ракеты.

Команды теленаведения могут вырабатываться либо на пункте наведения, либо непосредственно на борту самой ЗУР.

При теленаведении с выработкой команд на пункте наведения наземные средства наведения ЗУР (рис. 16) включают следующие элементы: в качестве измерителей координат летящих цели и ЗУР — станцию сопровождения цели и станцию сопровождения ЗУР; счетно-решающий прибор; станцию передачи команд на борт ЗУР.

Станции сопровождения цели — радиолокационные (во всепогодных ЗРК), оптические, инфракрасные, лазерные и др. (в невсепогодных ЗРК) — работают по целеуказанию от системы обнаружения и целеуказания комплекса или самостоятельно (автономно). В ряде конструкций они могут работать также и по целеуказанию от системы управления подразделениями комплексов.

После получения целеуказания эти станции производят поиск цели в ограниченном пространстве (обеспечить для них точное целеуказание практически невозможно), обнаруживают и «захватывают» ее, после чего переходят на сопровождение (как правило, автоматическое у радиолокационных станций и ручное — у оптических). В ходе сопровождения определяются необходимые для наведения ЗУР по выбранному методу параметры полета цели, которые в счетно-решающем прибо-

ре преобразуются в команды для средств управления пуском ЗУР. Оптическая станция сопровождения цели без применения какого-либо дальномера не позволяет определить с достаточной точностью параметры полета цели. Основной задачей такой станции является макси-

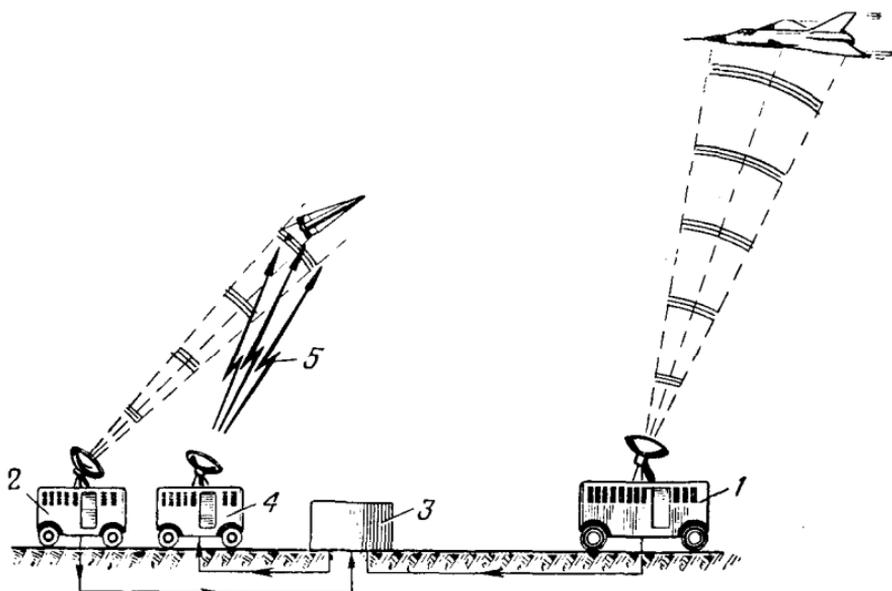


Рис. 16. Схема теленаведения с выработкой команд на пункте наведения:

1 — станция сопровождения цели; 2 — станция сопровождения ЗУР; 3 — счетно-решающий прибор наведения; 4 — станция передачи команд на борт ЗУР; 5 — команды на борт ЗУР

мально точное сопровождение цели по угловым координатам.

После пуска ЗУР станция сопровождения цели выполняет вышеуказанные функции, однако результаты сопровождения цели уже поступают в счетно-решающий прибор наведения.

Начинает действовать и станция сопровождения зенитной управляемой ракеты, которая в зависимости от конструкции может быть радиолокационной (у всепогодных ЗРК), оптической, инфракрасной, лазерной, телевизионной (у невсепогодных ЗРК).

Эта станция (в зависимости от конструкции) сопровождает ЗУР автоматически или посредством ручного управления. Результаты сопровождения ЗУР также по-

даются в счетно-решающий прибор наведения. В зависимости от принятого метода наведения станция сопровождения ЗУР определяет либо характеристики полета ракеты (координаты, скорость), либо только направление ее полета.

В зарубежных ЗРК с данным типом теленаведения измерители координат (параметров движения) цели и ЗУР имеют различные схемы построения и принципы действия. При отдельных станциях сопровождения цели и ЗУР они чаще строятся по одному и тому же принципу: радиолокационному, оптическому, лазерному и др. Однако встречаются сочетания в одном ЗРК станций, построенных по различным принципам действия. Например, при радиолокационном или оптическом сопровождении цели станция сопровождения ЗУР создается на инфракрасном или телевизионном принципе.

Счетно-решающий прибор наведения, получая непрерывную информацию о характеристиках полета цели и ЗУР, устанавливает отклонения траектории полета ЗУР от кинематической, соответствующей характеристикам полета обстреливаемой цели, и вырабатывает по этим отклонениям команды наведения. Команды передаются на борт ЗУР станцией передачи команд по радиолинии связи с помощью кодированных радиосигналов (радиокомандное теленаведение), что позволяет практически одновременно передавать несколько команд наведения, а также команды на различные бортовые устройства ЗУР.

Команды теленаведения принимаются бортовыми приемниками и после преобразования поступают на исполнительные органы ЗУР (аэродинамические подвижные поверхности или газовые рули).

Теленаведение с выработкой команд на пункте наведения применяется при радиокомандном теленаведении, широко распространенном в зарубежных ЗРК. Его преимуществом считается сравнительная простота, а значит, и более низкая стоимость бортовой аппаратуры ЗУР. Недостатком является примерно пропорциональное уменьшение точности наведения (увеличение промаха по цели) увеличению дальности до точки встречи, что происходит из-за снижения точности определения характеристик летящих цели и ЗУР с увеличением дальности до них. Этот недостаток в определенных пределах компенсируют

увеличением веса боевой части ЗУР (обычно боевая часть ЗУР при теленаведении более тяжелая, чем при других способах наведения), что приводит к возрастанию стартового веса ракеты.

Для повышения точности теленаведения с выработкой команд на пункте наведения за рубежом разрабатывается схема теленаведения с контролем цели посредством бортовой аппаратуры ЗУР («наведение через ракету»). Для этого на борту ракеты устанавливается устройство, фиксирующее взаимное положение летящих ЗУР и цели (телевизионная, радиолокационная полуактивная головка). Это устройство не вычисляет команды наведения, а по радиолинии передает данные на наземный счетно-решающий прибор наведения, который и рассчитывает команды, поступающие затем на борт ЗУР через станцию передачи команд. Считают, что такая схема теленаведения позволяет упростить бортовую аппаратуру ракеты (не нужен дорогостоящий бортовой счетно-решающий прибор наведения), повысить точность наведения как за счет измерения координат цели с борта приближающейся к ней ЗУР, так и за счет того, что наземный счетно-решающий прибор наведения более точен, чем бортовой, имеющий ограниченный вес и габариты. Недостатком такой схемы считается пониженная помехозащищенность из-за дополнительной линии радиосвязи между ЗУР и наземным счетно-решающим прибором наведения.

При теленаведении с выработкой команд непосредственно на борту самой ЗУР наземные средства наведения ЗУР включают следующие элементы: измеритель координат летящей цели — станцию сопровождения цели, станцию создания энергетического поля для наведения ЗУР и счетно-решающий прибор.

Станции сопровождения цели при таком виде теленаведения по назначению, схемам конструкции и принципам работы аналогичны подобным станциям комплексов, применяющих теленаведение с выработкой команд на пункте наведения.

Станция создания энергетического поля (обычно узкого радиолуча) как бы указывает ракете траекторию полета. Направление луча этой станции рассчитывается наземным счетно-решающим прибором наведения, получающим информацию о характеристиках полета цели от

станции сопровождения цели и учитывающим летные возможности ЗУР.

При применении двух названных наземных станций ракета может наводиться и в упрежденную точку.

В рассматриваемой разновидности теленаведения может использоваться одна радиолокационная станция, которая одновременно сопровождает цель и создает энергетическое поле для наведения ЗУР. В этом случае отсутствует возможность стрельбы в упрежденную точку.

Бортовые средства ракеты при выработке команд теленаведения непосредственно на борту ЗУР включают приемник и исполнительные органы. Приемник определяет отклонение ЗУР от энергетического поля — луча, обеспечивая при этом информацию для выработки команд возвращения ЗУР в узкий луч.

Таким образом, теленаведение с выработкой команд непосредственно на борту самой ЗУР отличается от теленаведения с выработкой команд на пункте наведения функциональными задачами наземных и бортовых элементов средств наведения ЗУР. В наземных элементах отсутствует в явном виде станция передачи команд на борт ЗУР (хотя без станции создания энергетического поля наведение ракеты невозможно). Счетно-решающий прибор наведения не вырабатывает команды наведения для бортовых элементов ЗУР, а рассчитывает команды необходимого направления энергетического луча станции (при двух наземных станциях). Бортовой приемник ЗУР согласно направлению энергетического луча обеспечивает выработку команд наведения.

Рассмотренная разновидность теленаведения применяется при наведении ЗУР по лучу (рис. 17). Его преимуществами считают сравнительную простоту наземных и бортовых элементов средств наведения ЗУР, а кроме того, возможность при наличии единственной наземной станции обстреливать одну и ту же цель несколькими ЗУР, запускаемыми последовательно. Недостатком теленаведения по лучу (как и командного теленаведения) является снижение точности с увеличением расстояния до точки встречи. Так как энергетический луч является расходящимся (по форме напоминает конус), то с ростом расстояния до точки встречи его поперечный размер может оказаться больше допустимого промаха.

Находит применение и сочетание рассмотренных видов теленавещения: при наведении по лучу используют радиокомандную коррекцию. Радиокоманды коррекции подаются на борт ЗУР наземной станцией передачи команд.

подавляющее большинство современных ЗУР изменяют траекторию полета по командам в результате по-

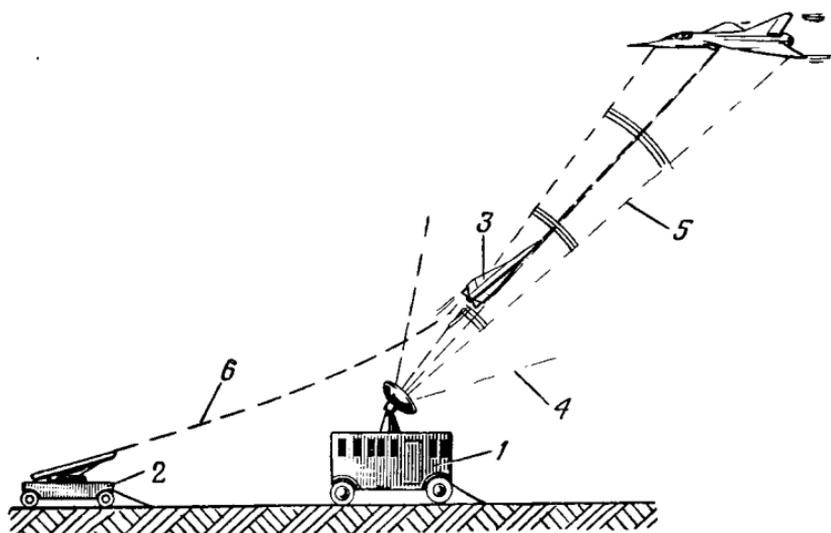


Рис. 17. Схема теленавещения по лучу РЛС с выработкой команд непосредственно на борту ЗУР:

1 — станция сопровождения цели (она же станция создания энергетического поля для наведения ЗУР); 2 — пусковая установка; 3 — ЗУР; 4 — широкий луч РЛС; 5 — узкий луч РЛС; 6 — траектория полета ЗУР

воротом подвижных аэродинамических поверхностей. Для эффективной работы этих поверхностей ракета должна иметь определенную скорость полета, которая достигается не сразу после ее пуска. Поэтому на начальном участке траектории полета (сотни и тысячи метров — в зависимости от конструкции) ракета не поддается командам наведения. При теленавещении это может привести к тому, что ЗУР не попадет в луч станции сопровождения ракеты (при радиокомандном теленавещении) или, что особенно опасно, в узкий энергетический луч (при наведении по лучу). Поэтому для надежного и быстрого ввода ЗУР в узкий луч ее станции сопровож-

дения применяют более широкий луч этой же станции (обычно он в несколько раз шире узкого), который, как только скорость полета позволит наводить ЗУР, автоматически превращается в узкий луч.

Теленаведение широко распространено в зарубежных ЗРК. При использовании радиолокационных наземных станций эти ЗРК являются всепогодными и, как правило, автоматическими. Применение оптического, инфракрасного (теплого), телевизионного, лазерного принципа в станциях сопровождения цели или ЗУР делают комплекс всепогодным.

**Самонаведением** называется такой способ наведения ЗУР на цель, при котором команды наведения вырабатываются на борту ракеты с использованием энергии, отраженной или поступающей непосредственно от цели.

В зависимости от места расположения первичного источника энергии, используемого для работы средств самонаведения, самонаведение подразделяют на активное, полуактивное и пассивное (рис. 18).

Независимо от вида самонаведения элементы средств наведения, а именно: измеритель координат летящих цели и ЗУР, счетно-решающий прибор наведения, станция передачи команд, приемник и преобразователь этих команд — размещаются на борту ЗУР в составе так называемой головки самонаведения (координатора).

Сравнивая эту схему наведения с рассмотренным выше теленаведением, нельзя не отметить исключительную сложность бортовой аппаратуры самонаведения, особенно потому, что ее необходимо размещать в крайне ограниченных габаритах при минимальном весе.

Основу каждой головки самонаведения составляет устройство для автоматического сопровождения цели. В радиолокационной (активной и полуактивной) головке самонаведения таким устройством является антенна, формирующая для сопровождения цели по угловым координатам равносигнальную линию пеленгации цели. При отклонении цели от равносигнальной линии определяется направление и измеряется величина, что позволяет выработать команды наведения ЗУР.

В зависимости от принятого метода наведения головка самонаведения имеет подвижную или неподвижную (совпадающую с продольной осью ЗУР) равносигнальную линию.

Подвижная равносигнальная линия может создаваться механически (за счет поворота антенны специальным приводом) или электрическим способом (без поворота антенны). Подвижность равносигнальной линии имеет

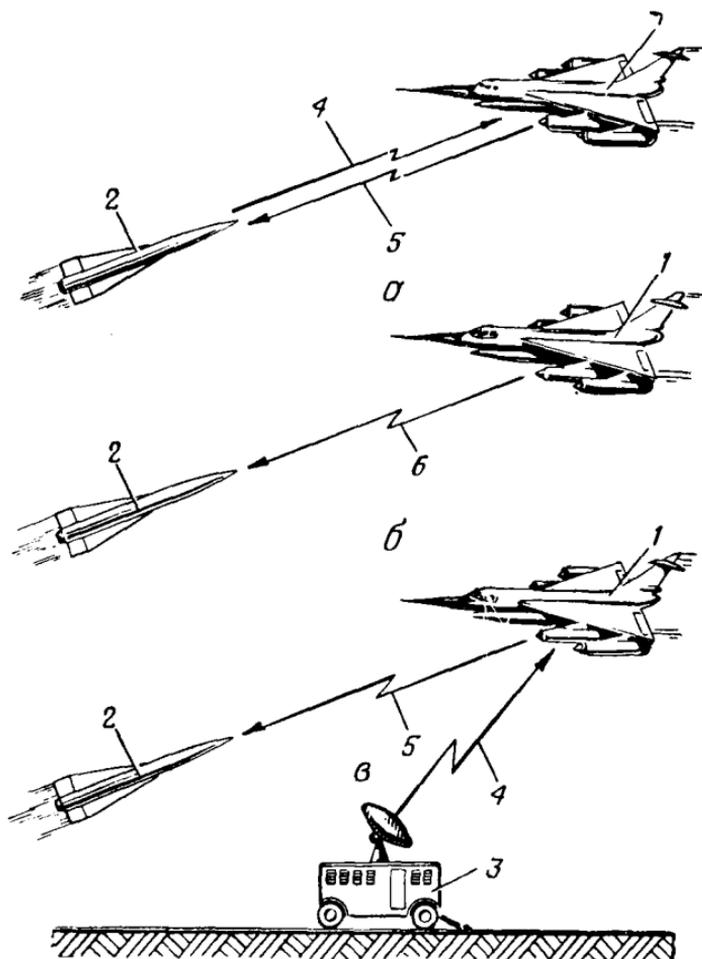


Рис. 18. Схемы самонаведения:

*a* — активное; *б* — пассивное; *в* — полуактивное; 1 — цель; 2 — ЗУР; 3 — станция подсвета (облучения) цели; 4 — облучающая энергия; 5 — отраженная энергия; 6 — излученная целью энергия

преимущества, обеспечивающие наведение ракеты в цель с увеличенными углами упреждения.

При активном самонаведении (рис. 18, *a*) цель облучается первичным источником энергии, расположенным на борту ЗУР, а команды наведения вырабатыва-

ются с помощью энергии, отраженной от цели. В современных ЗРК с активным самонаведением используется энергия радиоволн, для чего на борту ЗУР располагают радиопередатчик облучения.

Преимуществом активного самонаведения считают то, что ЗУР после пуска не зависит от наземных средств ЗРК, чем в принципе обеспечивается многоканальность комплекса по целям и ракетам. Однако при этом возникают сложные проблемы: возможность наведения летящих ракет друг на друга; самонаведение нескольких ЗУР на одну цель и пропуск других целей в массированном налете.

К недостаткам активного самонаведения относят: большой вес, значительную сложность и высокую стоимость головки самонаведения при ограниченной дальности ее действия. Поэтому в современных зарубежных всепогодных автоматических ЗРК активные радиолокационные головки самонаведения применяются весьма редко. При значительном весе они имеют малую дальность действия, что вынуждает использовать их только на конечном участке траектории полета ракеты в комбинации с теленаведением на начальном и среднем участках.

При полуактивном самонаведении (рис. 18, в) цель специально облучается первичным источником энергии, расположенным вне ЗУР и цели. В современных ЗРК в качестве такого источника энергии используется станция подсвета (облучения), являющаяся наземным элементом средств наведения ЗУР. Обычно эта станция работает на принципе радиолокации, однако возможно применение и других принципов (например, лазерного).

Для выработки команд наведения при полуактивном самонаведении, как и при активном, используется энергия, отраженная от цели.

Конструкция полуактивной головки проще и легче, чем активной, так как в ее состав не входит наиболее тяжелый элемент — передатчик энергии. Тем не менее такая головка также является довольно сложной и дорогостоящей, что считают основным недостатком полуактивного самонаведения. Кроме того, полуактивное самонаведение по сравнению с активным нуждается в наземной (корабельной) станции подсвета (облучения). Преимущество данного вида наведения заключается

в значительно увеличенной дальности действия. Это объясняется тем, что на земле (корабле) можно разместить гораздо более мощную станцию подсвета, чем на борту ЗУР.

У зарубежных всепогодных автоматических ЗРК полуактивное радиолокационное самонаведение находит широкое применение. Головки самонаведения ракет этих комплексов (в зависимости от конструкции) «захватывают» цели либо при нахождении ЗУР еще на пусковой установке (что является в этом случае одним из необходимых условий успешного пуска ракеты), либо в процессе полета ракеты.

У ряда существующих зарубежных ЗУР имеется либо полуактивная, либо активная радиолокационная головка самонаведения. Сообщалось, что в США ведутся работы по созданию для ЗУР комбинированной двухчастотной радиолокационной головки самонаведения, которая будет работать либо как активная, либо как полуактивная.

Для работы в активном режиме такая головка снабжается твердотельными источниками (лавинопролетными диодами), генерирующими микроволновые импульсные доплеровские сигналы. Благодаря использованию вместо обычно применяемых ламп таких источников считают возможным уменьшить габариты, а также вес (до 40%) головки.

В качестве излучателя при работе головки в активном режиме применяется плоская щелевая антенна на фазированных решетках с электронным управлением лучом, что позволяет отказаться от приводов поворота антенны и от гиросtabilизированной платформы.

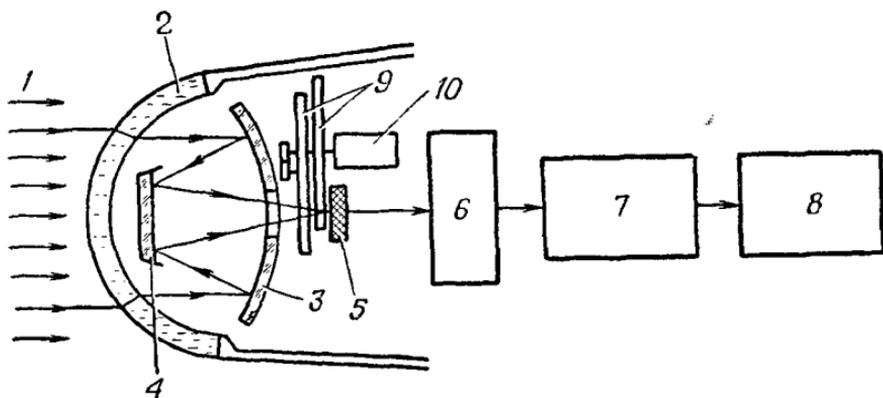
Для работы этой же головки самонаведения в полуактивном режиме используется другая частота радиоволн, излучаемых непрерывно наземной (корабельной) доплеровской РЛС облучения цели.

Приемной антенной при полуактивном самонаведении служит та же плоская щелевая антенна головки, но в ней задействуются щели диапазона радиоволн данного вида самонаведения.

Вместо громоздких волноводов в комбинированной головке самонаведения применяются точно изготовленные многослойные платы, выполненные в виде дисков диаметром 274 мм (что позволяет разместить головку в ракете диаметром 300 мм и более) и толщиной 6,35 мм.

В переднем плато помещена двухчастотная щелевая антенна, в среднем — приемник для полуактивного самонаведения, в заднем — передатчик и приемник для активного самонаведения.

Применение комбинированной головки описанной схемы предполагает переход с полуактивного на активное самонаведение либо на конечном участке траектории полета ЗУР к цели, либо в ходе наведения при постановке



**Рис. 19.** Схема инфракрасной пассивной головки самонаведения: 1 — инфракрасная энергия от цели; 2 — обтекатель; 3, 4 — зеркала оптической системы; 5 — фотосопротивление; 6 — усилитель; 7 — блок формирования команд наведения; 8 — привод поворота аэродинамических поверхностей; 9 — модулирующие диски; 10 — привод вращения дисков

противником радиопомех в диапазоне радиоволн режима полуактивного самонаведения.

При пассивном самонаведении (рис. 18, б) энергия для выработки команд наведения поступает непосредственно от летящей цели либо в результате ее естественного облучения (Солнцем, Луной). Иными словами, при этом виде самонаведения цель специально не облучается каким-либо видом энергии.

Современные ЗРК снабжены в основном инфракрасными (тепловыми) головками самонаведения, работающими по тепловому излучению цели (раскаленные газы реактивных и поршневых двигателей, нагрев от трения о воздух). Эти ЗРК являются невсепогодными.

Одна из возможных схем инфракрасной пассивной головки самонаведения приведена на рис. 19.

Лучи инфракрасной энергии от цели, проходя через прозрачный для них участок (обтекатель) головной ча-

сти ЗУР, попадают в оптическую систему (зеркала), которая концентрирует и направляет их через модулирующее устройство к чувствительному элементу — фотосопротивлению. На электродах фотосопротивления при этом возникает напряжение электрического тока, которое подается в усилитель, а далее — в блок формирования команд и к исполнительным устройствам наведения ЗУР.

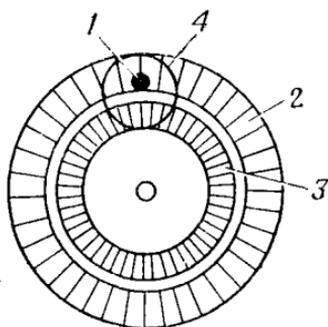


Рис. 20. Модулирующий диск:

1 — отметка от цели; 2 — внешний пояс диска; 3 — внутренний пояс диска; 4 — поле зрения инфракрасной головки самонаведения

Обтекатель таких ЗУР имеет форму, образованную частью сферы, и изготавливается из прозрачного для инфракрасных лучей и достаточно прочного материала (кварц, кристаллическая окись магния и др.).

Модулирующее устройство служит для автоматического определения величины и направления отклонения оптической оси инфракрасной головки самонаведения от цели. Оно состоит из вращающихся дисков с прозрачными и непрозрачными для инфракрасных лучей участками и

привода для вращения дисков. Благодаря чередованию прозрачных и непрозрачных участков дисков проходящие через них непрерывные инфракрасные лучи преобразуются (модулируются) в прерывистые. Форма прозрачных участков выбирается такой, чтобы отклонение проходящего через них луча вызывало изменение формы или частоты модулирующего сигнала.

На рис. 20 приведен модулирующий диск, разделенный на два концентрических пояса. На каждом поясе имеется различное количество правильно чередующихся прозрачных и непрозрачных участков. Между поясами проходит оптическая ось головки самонаведения. Если отметка от цели попадает на внешний пояс, то цель находится выше оптической оси головки самонаведения. Это автоматически фиксируется частотой прерывания инфракрасного луча, соответствующей расстояниям между прозрачными и непрозрачными участками внешнего пояса диска. Если отметка от цели попадает на внутренний пояс, то цель находится ниже оптической оси голов-

ки самонаведения, а частота прерывания инфракрасного луча, соответствующая внутреннему поясу, автоматически это фиксирует. Наконец, если изображение цели попадает на линию раздела поясов, то цель находится на оптической оси головки самонаведения, о чем свидетельствует отсутствие модуляции инфракрасного луча.

При той или иной модуляции инфракрасного луча выработываются команды, реализуемые исполнительными устройствами наведения ЗУР.

Угол обзора инфракрасных головок самонаведения обычно не превышает нескольких градусов. Для его увеличения при поиске цели и слежении за ней головку самонаведения устанавливают на карданном подвесе.

Преимуществами современных пассивных головок самонаведения перед радиолокационными считают: скрытность их работы (не излучают энергии), меньшую сложность и более низкую стоимость, независимость летящей ЗУР от наземных средств наведения. Недостатками: не всепогодность, ограниченную несколькими километрами дальность действия, зависимость от направления полета цели (необходимо, чтобы головка «видела» источник тепла определенной интенсивности), зависимость работы от наличия излучения.

Преимуществом всякого самонаведения перед теленаведением является повышенная точность, особенно при стрельбе на большие дальности. В связи с этим при одинаковых значительных боевых дальностях и эффективности поражения цели вес боевой части ЗУР при теленаведении гораздо больше, чем при самонаведении. Поэтому стартовый вес ракеты с самонаведением, как правило, меньше.

**Комбинированное наведение** строится на последовательном или параллельном сочетании рассмотренных выше способов наведения ЗУР.

Применение этого способа наведения в ЗРК продиктовано стремлением повысить точность стрельбы на большие дальности и высоты при минимальном весе наземной и бортовой аппаратуры средств наведения и самой ЗУР.

Как отмечалось выше, наиболее просто и с минимальной стоимостью в ЗРК реализуется теленаведение. Однако оно имеет существенный недостаток — увеличение промаха с ростом дальности стрельбы. Этого недостатка

можно избежать при самонаведении, однако на больших дальностях оно приводит к увеличению веса и габаритов наземных и бортовых средств наведения ЗУР. Поэтому самонаведение имеет ограниченную дальность действия.

В зарубежных ЗРК большой дальности с комбинированным способом наведения, как правило, на конечном участке траектории полета ЗУР применяют самонаведение. На начальном и среднем участках траектории до возможной дальности действия головки самонаведения обычно используются в таких ЗРК теленаведение и автономный способ наведения (автономный способ наведения, характерный для стрельбы по неподвижным целям, предполагает выработку команд наведения на борту ракеты в соответствии с программой, заданной до ее старта).

Поскольку при комбинированном наведении необходимо в ЗРК одновременно иметь наземные и бортовые средства, присущие как теленаведению (или автономному наведению), так и самонаведению, сложность и стоимость таких ЗРК значительно выше.

#### **4. Методы наведения ЗУР на цель**

Для поражения воздушной цели с заданной эффективностью необходимо, чтобы ЗУР (в зависимости от конструкции) в пределах своей максимальной наклонной дальности полета попала непосредственно в цель или пролетела от нее на расстоянии (при промахе), не превышающем некоторого заранее известного. В последнем случае, кроме того, требуется, чтобы взаимное расположение осей ракеты и цели, а также их относительная скорость полета находились в момент встречи в заданном диапазоне. Эти условия, называемые условиями встречи ЗУР с целью, необходимы для нормального согласования действия боевой части и неконтактного взрывательного устройства, обеспечивающих требуемую эффективность поражения цели.

Теоретически заданные промах и условия встречи могут достигаться при наведении ЗУР по бесконечному множеству траекторий. Для этого в ходе наведения требуется выдерживать определенные для каждой из этих траекторий соотношения характеристик полета ЗУР в зависимости от полета обстреливаемой цели. Иными словами, необходим определенный закон сближения ЗУР с

целью, называемый методом наведения ЗУР на цель.

В современных ЗРК метод наведения (иногда несколько методов наведения одновременно) предусматривается конструкцией средств наведения, т. е. заранее устанавливаются: необходимый перечень измеряемых в процессе наведения характеристик летящих ЗУР и цели, точность их измерения и математическая схема решения соотношений между ними (уравнения метода наведения), реализуемая в счетно-решающем приборе наведения.

Выбору метода наведения для вновь создаваемого или модернизируемого комплекса, как и выбору способа и вида наведения ЗУР, предшествует большая расчетная и исследовательская работа с отысканием оптимального решения. Основным критерием при этом выборе является получение комплекса наименьшей сложности (а значит, и стоимости), обеспечивающего поражение заданных типовых воздушных целей в требуемой зоне поражения, т. е. с эффективностью не ниже заданной. Выбору метода наведения предшествуют теоретические кинематические исследования.

Траекторию полета ЗУР, определяемую уравнениями метода наведения, называют кинематической (требуемой) траекторией. Параметры ее рассчитываются в ходе кинематических исследований наведения ЗУР на заданные типовые цели. При кинематических исследованиях ракета принимается за движущуюся точку. В связи с этим допущением реальная траектория полета ЗУР отличается от кинематической вследствие воздействия различных внешних возмущений, инерционности ракеты и средств наведения, наличия инструментальных ошибок и т. д.

В результате кинематических исследований при различных методах наведения уточняется закон изменения скоростей и ускорений полета ЗУР вдоль траекторий при наведении ее на типовые цели во всей заданной зоне поражения, который должен обеспечивать приемлемые потребные кинематические нормальные перегрузки ( $n_{\text{потр}}$ ) ракеты вдоль этих траекторий, особенно в точке встречи. При этом обязательно рассматривается весь диапазон скоростей и маневров типовых целей.

По этим входным данным задаются требования к двигательным установкам ЗУР (закон изменения тяги,

т. е. закон изменения скоростей и ускорений полета) и к маневренным возможностям ракеты, характеризуемым ее располагаемыми нормальными перегрузками ( $n_{расп}$ ). Названные перегрузки — это максимальные нормальные перегрузки ЗУР при максимальном отклонении ее подвижных аэродинамических поверхностей (при аэродинамическом управлении) и при заданных скоростях, ускорениях и условиях ее полета.

Вновь проектируемая ЗУР должна, как правило, обеспечивать вдоль всех анализируемых траекторий наведения превосходство располагаемых перегрузок над требуемыми согласно зависимости

$$n_{расп} \geq n_{потр} + n_{фл} + n_{в},$$

где  $n_{фл}$  — нормальная перегрузка ЗУР для отработки случайных (флюктуационных) ее отклонений от кинематической траектории;

$n_{в}$  — нормальная перегрузка для компенсации составляющей веса ЗУР.

Естественно, что при проектировании конкретной ЗУР практически никогда не удастся точно выполнить все требования, предъявленные на основе теоретических кинематических исследований. Поэтому после проектирования задача обеспечения ракетой заданной зоны поражения решается методом последовательных сближений с доведением ее конструкции до требуемой, а также с введением корректировок в выбранный метод наведения.

В зависимости от способа наведения ЗУР на цель методы наведения, применяемые в современных ЗРК, делят на две группы (рис. 15):

— трехточечные, применяемые при теленаведении и определяющие взаимное движение трех точек (пункт наведения, цель и ракета);

— двухточечные, применяемые при самонаведении и определяющие взаимное движение двух точек (цель и ракета).

Из трехточечных методов наведения наиболее распространенными являются метод «накрытия цели» и разновидности метода «спрямления траектории» полета ЗУР.

Метод «накрытия цели» (называемый также методом «трех точек» или методом «совмещения с целью») является таким законом сближения ракеты с целью, при

котором в ходе всего наведения летящая ЗУР удерживается на прямой линии, соединяющей в пространстве пункт наведения и цель. Практически это означает, что средства наведения должны сводить к нулю угол между прямыми линиями: пункт наведения — цель и пункт наведения — ракета.

Уравнения этого метода наведения:

$$\begin{aligned}\varepsilon_p &= \varepsilon_{ц}; \\ \beta_p &= \beta_{ц}.\end{aligned}$$

где  $\varepsilon_p, \beta_p$  — требуемые угол места и азимут ЗУР;  
 $\varepsilon_{ц}, \beta_{ц}$  — угол места и азимут цели.

Траектории полета современных ЗУР, наводимых по методу «накрытия цели», имеют большую кривизну, особенно в районе точки встречи. По мере приближения особенно скоростной цели к комплексу требуемые нормальные перегрузки в районе точки встречи резко возрастают, вызывая необходимость соответствующего увеличения располагаемых перегрузок ЗУР. В этом заключается один из существенных недостатков данного метода.

Основным преимуществом метода «накрытия цели» считают то, что нет необходимости в измерении дальности до цели и ракеты в процессе наведения на нее ЗУР. Это позволяет упростить средства наведения и применять только одну РЛС, а также обстреливать цель, когда по каким-либо причинам (например, из-за искусственных и естественных помех) измерить дальность до нее в ходе наведения ЗУР не удается.

Метод «накрытия цели» реализуется в ряде зарубежных ЗРК ПСО при командном теленаведении и теленаведении по лучу.

Недостаток метода «накрытия цели», заключающийся в высоких требованиях к маневренности ЗУР, может быть существенно компенсирован применением одной из разновидностей трехточечного метода — метода «спрямления траектории» полета ЗУР.

Этот метод предусматривает удержание ЗУР в процессе наведения на прямой, соединяющей пункт наведения с упрежденной точкой, а не с целью, как при методе «накрытия цели». Поэтому такой метод наведения называют иногда упрежденным. Координаты упрежденной точки рассчитываются наземным счетно-решаю-

щим прибором наведения в зависимости от характеристик полета цели и ЗУР, определяемых с помощью раздельных наземных станций сопровождения.

Уравнения этого метода наведения:

$$\begin{aligned}\varepsilon_p &= \varepsilon_c + A_\varepsilon \Delta r; \\ \beta_p &= \beta_c + A_\beta \Delta r,\end{aligned}$$

где  $A_\varepsilon$  и  $A_\beta$  — коэффициенты упреждения по углу места и азимуту;

$\Delta r = r_c - r_p$  — разность между дальностью до цели и дальностью до ЗУР.

Коэффициенты упреждения  $A_\varepsilon$  и  $A_\beta$  могут быть (в зависимости от конструкции) постоянными и переменными. При их выборе, определяемом в основном характеристиками полета типовых целей, требования к располагаемым перегрузкам ЗУР могут быть снижены по сравнению с предъявляемыми при методе «накрытия цели». Это считается основным преимуществом метода «спрямления траектории».

Недостатками этого метода являются: необходимость непрерывного измерения дальностей до летящих ЗУР и цели, что усложняет наземные элементы средств наведения; потребность в двух РЛС (сопровождения ЗУР и цели).

Среди двухточечных методов наведения, являющихся упрежденными, наиболее известны следующие разновидности (частные случаи) метода «пропорционального сближения» («пропорциональной навигации»): «чистое преследование», «преследование с постоянным упреждением», «параллельное сближение».

Метод «пропорционального сближения» предусматривает, что в течение всего времени полета ЗУР к цели угловая скорость поворота вектора скорости ракеты остается пропорциональной угловой скорости поворота линии ракета — цель.

Уравнения этого метода:

$$\begin{aligned}\dot{\varepsilon}_{V_p} &= a_\varepsilon \dot{\varepsilon}_d; \\ \dot{\beta}_{V_p} &= a_\beta \dot{\beta}_d,\end{aligned}$$

где  $\dot{\varepsilon}_{V_p}$ ,  $\dot{\beta}_{V_p}$  — угловые скорости поворота вектора скорости ракеты в соответствующей плоскости;

$\dot{\epsilon}_d, \dot{\beta}_d$  — угловые скорости поворота линии ракеты — цель в соответствующей плоскости;  
 $a_\epsilon, a_\beta$  — коэффициенты пропорциональности.

При анализе наведения ЗУР в одной вертикальной плоскости рассматривается только уравнение с  $\epsilon$ .

Коэффициент  $a$  может принимать значения от 1 до  $\infty$ .

При  $a=1$  и  $\epsilon_{V_{p_0}} = \epsilon_d$ , получается уравнение метода «чистого преследования» («погоня»)

$$\epsilon_{V_p} - \epsilon_d = 0,$$

т. е. в течение всего времени полета ЗУР до точки встречи ее вектор скорости должен быть направлен на цель.

При этом методе наведения ракета подходит в районе точки встречи к цели с хвоста, где при стрельбе на встречных курсах, особенно по скоростным целям, она должна иметь значительные располагаемые перегрузки. Приемлемые перегрузки при наведении по методу «чистого преследования» имеют место при стрельбе вдогон.

При  $a=1$  и  $\epsilon_{V_{p_0}} \neq \epsilon_d$ , получается уравнение метода «преследования с постоянным упреждением»

$$\epsilon_{V_p} - \epsilon_d = \epsilon_{r_0},$$

где  $\epsilon_{r_0}$  — угол упреждения.

При этом методе в течение всего времени полета ЗУР до точки встречи угол между вектором скорости ракеты и линией ракета — цель (угол упреждения) остается постоянным. Данный метод не нашел применения в ЗРК из-за значительного влияния характеристик полета цели на маневренные характеристики ЗУР.

При  $a=\infty$  получается уравнение метода «параллельного сближения»  $\epsilon_d = \epsilon_{d_0}$ , т. е. в течение всего времени полета ЗУР до точки встречи линия ракета — цель остается параллельной заданному направлению.

Если сравнить описанные разновидности метода «пропорциональное сближение» по кривизне кинематических траекторий (следовательно, по требованиям к располагаемым перегрузкам ЗУР) при стрельбе навстречу по одной и той же неманеврирующей цели, наибольшая кривизна будет при «чистом преследовании», а наименьшая — при «параллельном сближении». Остальные методы обеспечивают промежуточную кривизну кинематических траекторий.

### § 3. ЗЕНИТНАЯ УПРАВЛЯЕМАЯ РАКЕТА

Зенитная управляемая ракета — это беспилотный летательный аппарат с реактивным двигателем, снабженный бортовыми средствами наведения, позволяющими наводить его на цель, и боевой частью, предназначенной для поражения воздушной цели.

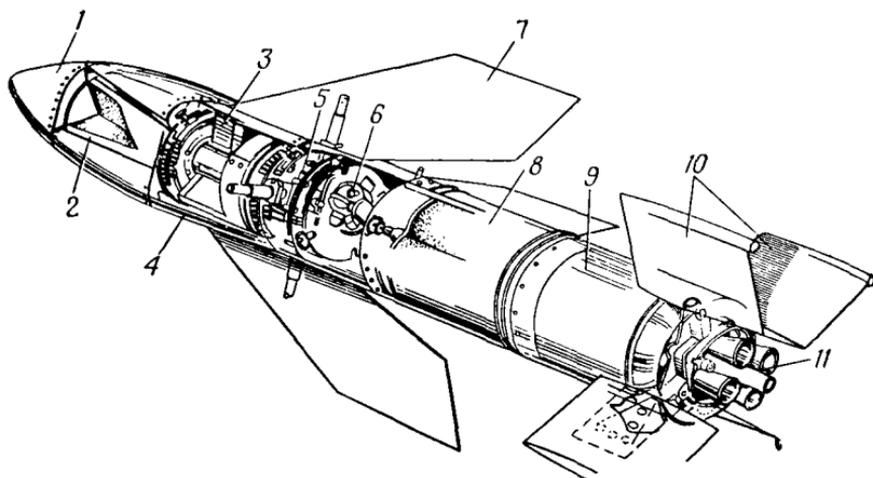


Рис. 21. Зенитная управляемая ракета:

1 — взрывательное устройство; 2 — боевой заряд боевой части; 3 — бортовые средства наведения; 4 — корпус планера; 5 — рулевые машинки; 6 — гироскопы; 7 — подвижные аэродинамические поверхности; 8 — маршевый двигатель; 9 — стартовый двигатель; 10 — неподвижные аэродинамические поверхности; 11 — сопла двигателей

К основным элементам ЗУР относят планер, бортовые средства наведения, боевую часть и реактивные двигатели (рис. 21).

#### 1. Планер ЗУР

Планер ЗУР, состоящий из корпуса и аэродинамических поверхностей, предназначается для соединения всех элементов ракеты в единую достаточно прочную конструкцию. Кроме того, планером создаются аэродинамические силы для управления и стабилизации полета ЗУР.

Полная аэродинамическая сила, возникающая в результате взаимодействия воздуха с поверхностью планера движущейся ЗУР, складывается из силы лобового сопротивления, подъемной и боковой сил.

Сила лобового сопротивления является вредной силой, так как оказывает тормозящее действие на летящую ракету, уменьшая скорость, а тем самым и дальность ее полета. Поэтому при конструировании планера ЗУР стремятся уменьшить ее величину, что достигается путем выбора рациональной формы планера ракеты, уменьшением его поперечных размеров и соответствующей обработкой поверхностей, соприкасающихся в полете с потоком воздуха.

Подавляющее большинство современных ЗУР имеет сверхзвуковую скорость полета. Поэтому перед всеми частями планера ракеты, соприкасающимися с потоком воздуха, появляются в полете скачки уплотнения, создающие торможение. Для снижения интенсивности этих скачков головную часть ракеты и передние кромки аэродинамических поверхностей делают заостренными, а сами эти поверхности — тонкими.

Подъемная и боковая силы позволяют управлять направлением полета ракеты. Они образуются при отклонениях подвижных аэродинамических поверхностей ЗУР за счет их взаимодействия с потоком воздуха. При наличии углов атаки корпус ЗУР также создает подъемную (боковую) силу. Следует отметить, что с увеличением подъемной и боковой сил, как и с увеличением угла атаки корпуса, при прочих равных условиях возрастает сила сопротивления полету ЗУР.

Корпус планера ЗУР предназначается в основном для размещения бортовых средств наведения, боевой части и реактивных двигателей. В двухступенчатых и трехступенчатых современных ЗУР кроме корпуса маршевой ступени имеются отделяющиеся корпуса реактивных двигателей. Последние автоматически отделяются от летящей ЗУР после выгорания топлива их двигателей. В этих корпусах помещаются твердотопливные заряды, средства их воспламенения, сопла, устройства отделения. На наружных поверхностях отделяющихся корпусов часто крепятся дополнительные, обычно неподвижные аэродинамические поверхности.

В корпусах маршевых ступеней ЗУР, как правило, размещаются и маршевые реактивные двигатели (в отдельных конструкциях маршевые двигатели располагаются вне корпуса). Эти корпуса, как и отделяющиеся корпуса двигателей, в подавляющем большинстве явля-

ются телами вращения. Корпус маршевой ступени усиливается изнутри продольными и поперечными ребрами жесткости, а также снабжается приспособлениями для крепления бортовой аппаратуры.

Поперечный размер корпуса характеризуется наибольшей площадью его поперечного сечения, называемой миделем. Мидель определяется размерами бортовой аппаратуры и двигателей.

Длина корпусов маршевых и отделяющихся последовательно размещенных ступеней современных двухступенчатых ЗУР, измеряемая в величинах максимального диаметра корпуса, соответственно составляет 12—26 (редко более) и 5—12. В одноступенчатых ЗУР длина корпуса колеблется в пределах 12—17.

По длине корпус планера ЗУР делится на отсеки (часто разъемные), название которых определяется расположенной в них бортовой аппаратурой (отсек боевой части, отсек маршевого двигателя и т. п.).

Наружное очертание корпусов маршевой ступени планеров ЗУР разнообразно. Различают головную, среднюю, хвостовую и донную части.

По форме головная часть корпуса может быть конической или оживальной. Оживальная форма, образуемая дугой окружности, обеспечивает наименьшее лобовое сопротивление. Угол конуса или радиус круга, образующего головную часть корпуса, изменяют в зависимости от скорости полета ЗУР. При этом, чем больше планируется скорость полета ЗУР, тем длиннее делают ее головную часть.

Однако выбор формы головной части корпуса, гарантирующей минимальное лобовое сопротивление, возможен только для ЗУР с теленаведением. В этом случае головная часть изготавливается из легкого металла или пластмассы.

В ракетах с самонаведением форма головной части корпуса выбирается с учетом еще и требований нормального функционирования, а также надежного предохранения головки самонаведения. При радиолокационном самонаведении форма обтекателя головной части корпуса должна обеспечивать минимальное искажение и потери радиоволн. Данному требованию отвечает форма, близкая к конусу. Обтекатель в этом случае выполняется из прочного радиопрозрачного материала (пластмас-

са или керамика). При оптической головке самонаведения обтекатель имеет, как правило, притупленную форму, образуемую линзой.

Средняя часть корпуса маршевой ступени чаще всего изготавливается в форме цилиндра. У некоторых высокоскоростных ЗУР она имеет форму усеченного конуса, являясь продолжением головной конической или оживальной части.

Форма хвостовой части корпуса маршевой ступени может иметь вид цилиндра (продолжение средней части) или усеченного конуса (усеченного оживала). Последняя позволяет уменьшить лобовое сопротивление. Для каждой длины ракеты существует свой, наиболее выгодный угол конусности хвостовой части.

Донная часть корпуса — это его торец. Чем больше площадь торца, тем больше лобовое сопротивление (за счет увеличения донного сопротивления) при неработающем маршевом двигателе, размещенном в корпусе.

Наружное очертание отделяющегося корпуса двигателя имеет, как правило, цилиндрическую форму (иногда применяется связка двигателей с корпусами такой формы).

Аэродинамические поверхности размещаются на корпусе планера и служат для создания сил и моментов управления полетом ЗУР в процессе наведения ее на цель, а также для стабилизации полета.

Аэродинамические поверхности работают только при взаимодействии с потоком воздуха. На высотах более 30—40 км из-за разреженности воздуха их эффективность резко падает. В этих случаях переходят к газодинамическому управлению — управлению за счет соответствующего отклонения струи газов двигателей.

Различают подвижные и неподвижные аэродинамические поверхности.

Подвижные аэродинамические поверхности, предназначенные для управления полетом и стабилизации ЗУР, называются рулями (поворотными крыльями). Свои функции они выполняют либо при поворотах вокруг осей, перпендикулярных к оси корпуса ЗУР, либо при выдвигении из корпуса на определенное время и в определенной последовательности (интерцепторы).

Неподвижные аэродинамические поверхности служат для стабилизации полета ЗУР (при расположении в хво-

стовой части корпуса, поэтому их называют стабилизаторами) и для создания подъемной силы (иногда их называют несущими поверхностями).

В современных ЗУР, как правило, применяется по две пары подвижных и неподвижных аэродинамических поверхностей. Такие ЗУР называются крестокрылыми (крестопланами). Подвижные и неподвижные поверхности располагаются в крестопланах в одной или в различных плоскостях. В последнем случае плоскости сдвигаются одна относительно другой обычно на  $45^\circ$ , что уменьшает вредное влияние потока воздуха, обтекающего передние поверхности, на задние поверхности.

Встречаются ЗУР, имеющие по одной паре подвижных и неподвижных поверхностей (самолетная схема).

Различие между крестопланом и самолетной схемой состоит в том, что в первом случае управление полетом ЗУР в двух взаимно перпендикулярных плоскостях осуществляется независимо — в каждой плоскости своими подвижными аэродинамическими поверхностями, во втором — для поворота в нужном направлении необходимо одновременно и согласованно соответствующими подвижными поверхностями повернуть ЗУР вокруг продольной оси (накренить ее) и изменить направление ее полета в требуемой плоскости (типичная эволюция самолета при развороте).

При очень больших скоростях полета (2500 м/сек и более) эффективность подвижных аэродинамических поверхностей возрастает, поэтому их делают малых размеров.

Форма аэродинамических поверхностей выбирается такой, чтобы эффективность их работы была максимальной при минимальных габаритах и весе и наименьшем сопротивлении в полете.

Эти поверхности в плане имеют различную форму: треугольную, трапециевидную, прямоугольную, или сочетание этих форм. В поперечном сечении (называемом профилем) аэродинамические поверхности бывают ромбовидными, шестигранными, чечевицеобразными. Профиль их, как правило, симметричный.

Аэродинамические поверхности (рис. 22) характеризуются размахом, хордой, удлинением, сужением, углом стреловидности, относительной толщиной профиля, площадью.

Различают размах подвижных (рулей, поворотных крыльев) и неподвижных (стабилизаторов, несущих поверхностей) аэродинамических поверхностей. Меньший размах способствует уменьшению сопротивления воздуха.

Хордой аэродинамической поверхности называют расстояние между двумя наиболее удаленными ее точка-

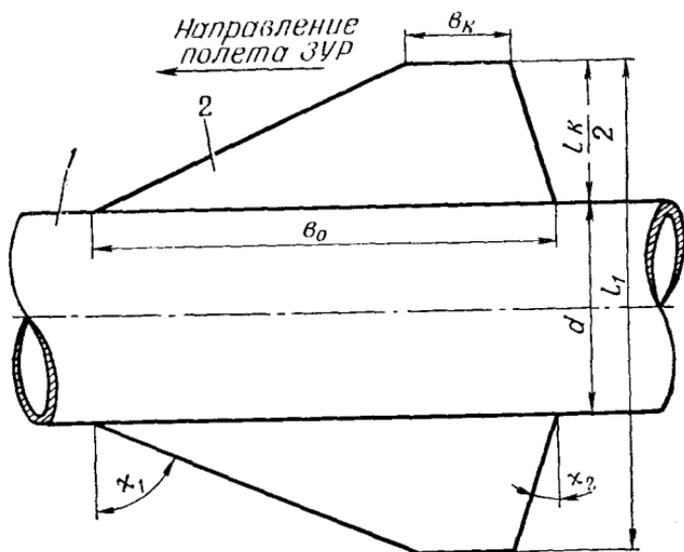


Рис. 22. Основные характеристики аэродинамических поверхностей ЗУР:

1 — корпус планера ЗУР; 2 — крыло (стабилизатор);  $d$  — диаметр корпуса ЗУР;  $l_1$  — размах крыла;  $l_{\text{к}}/2$  — полуразмах консоли крыла;  $b_0$  — корневая хорда крыла;  $b_{\text{к}}$  — концевая хорда крыла;  $\chi_1$  — угол стреловидности передней кромки крыла;  $\chi_2$  — угол стреловидности задней кромки крыла

ми в плоскости, параллельной плоскости оси ЗУР. Хорда может быть корневой (у основания поверхности — у корпуса планера ЗУР) и концевой (у конца поверхности, наиболее удаленном от корпуса).

Удлинением (геометрическим удлинением) аэродинамической поверхности называют отношение квадрата размаха к площади. Поверхность, имеющая меньшее удлинение, испытывает меньшее сопротивление воздуха.

Сужением аэродинамической поверхности называют отношение корневой хорды к хорде концевой. Прямо-

угольная поверхность имеет сужение, равное единице, треугольная — равное бесконечности.

Углом стреловидности является угол между кромкой аэродинамической поверхности и плоскостью, перпендикулярной к оси ЗУР. Угол стреловидности передней кромки плоскостей современных ЗУР достигает  $70^\circ$ . Чем больше этот угол, тем меньшее сопротивление испытывает поверхность.

Относительная толщина профиля аэродинамической поверхности определяется как отношение максимальной толщины к хорде, проходящей через участок этой толщины. Относительная толщина каждой поверхности, как правило, переменная и составляет сотые доли хорды.

Площадь аэродинамических поверхностей определяет работоспособность их по созданию управляющих и стабилизирующих сил и моментов. Она выбирается расчетным путем и экспериментально с учетом многих факторов, в основном — скорости и высоты полета ЗУР, требования маневренности и устойчивости в полете.

Материалом для изготовления аэродинамических поверхностей служат легкие металлы (сплавы) или пластмассы. Зачастую эти поверхности делают полыми с ребрами жесткости (сотовая конструкция), а иногда заполняют пенопластом или другим легким материалом.

Взаимное расположение подвижных и неподвижных аэродинамических поверхностей, как и их положение относительно центра тяжести ракеты, определяет так называемую аэродинамическую схему ЗУР.

Известны три аэродинамические схемы современных ЗУР: нормальная (иногда эту схему называют «управляемое оперение»), «утка» и «поворотное крыло» (рис. 23). На рисунке подвижные аэродинамические поверхности изображены в отклоненном положении.

У нормальной схемы подвижные поверхности (рули) расположены в хвостовой части корпуса, а неподвижные (крылья) — впереди. В некоторых ЗУР рули непосредственно примыкают к неподвижным поверхностям. Такую разновидность нормальной схемы называют «бесхвосткой» (рис. 23, а<sub>1</sub>).

В схеме «утка» рули вынесены далеко вперед от центра тяжести ЗУР, а стабилизаторы расположены в хвостовой части корпуса.

В схеме «поворотное крыло» подвижные поверхности (поворотные крылья) располагаются в районе центра тяжести ЗУР, а неподвижные (стабилизаторы) — в хвостовой части корпуса.

Преимуществом нормальной схемы считается то, что рули, расположенные на значительном удалении от центра тяжести ЗУР, создают достаточные управляющие

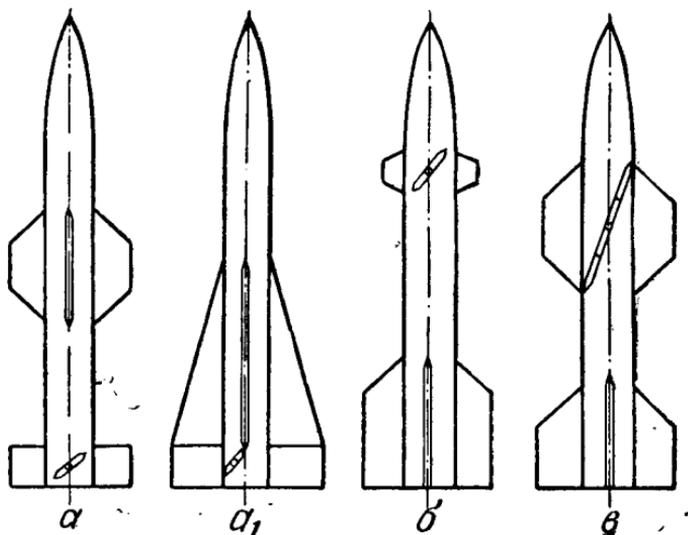


Рис. 23. Аэродинамические схемы ЗУР:  
а — нормальная;  $a_1$  — «бесхвостка»; б — «утка»; в — «поворотное крыло»

моменты при их относительно небольших площадях. Благодаря этому уменьшаются мощности и вес приводов рулей, а также снижается лобовое сопротивление ЗУР. Недостаток этой схемы — запаздывание маневра ЗУР после отклонения рулей.

Достоинством схемы «утка» также является малая площадь рулей. Недостатком считают вредное воздействие потока воздуха от носовых рулей на стабилизаторы. Эта схема более быстродействующая, чем нормальная, в реализации маневра при повороте рулей.

Преимущества схемы «поворотное крыло» заключаются в удобстве компоновки (аппаратура управления и автопилот могут располагаться в средней части корпуса непосредственно возле осей крыльев), а также в

маневре практически без изменения углов атаки, что невозможно в выше рассмотренных схемах. Последнее преимущество облегчает работу прямоточного воздушно-реактивного двигателя, а также согласование области срабатывания неконтактного взрывательного устройства с областью разлета осколков боевой части ЗУР. Основным недостатком этой схемы — большая площадь поворотных крыльев, что вызывает рост лобового сопротивления и требует увеличенной мощности, а значит, и большего веса приводов их поворота.

## 2. Боевая часть ЗУР

Боевая часть (БЧ) представляет собой полезный груз, транспортируемый ракетой и служащий для поражения воздушной цели.

Она включает боевой заряд, корпус, взрывательное устройство и предохранительно-исполнительный механизм (ПИМ). Элементы БЧ размещены, как правило, в головной части ракеты.

Боевой заряд представляет собой определенное количество того или иного обычного взрывчатого вещества (ВВ), помещенного в корпусе БЧ. Заряд может быть ядерным.

Корпус БЧ необходим для соединения всех ее элементов, а иногда и для образования осколков, предназначенных для поражения цели (в этом случае он металлический).

подавляющее большинство современных зарубежных ЗУР комплексов ПСО комплектуется обычными боевыми частями. Только единицы из них имеют наряду с обычной и ядерную БЧ. В ЗУР комплексов ПРО предусматриваются ядерные БЧ.

В зависимости от вида стрельбы, принятого в ЗРК, различают боевые части для ударной и для неконтактной стрельбы. Они отличаются конструкцией боевых зарядов и взрывательными устройствами.

Различие боевых зарядов заключается в поражающих факторах, характеризующих могущество БЧ. По принципу действия боевые части ЗУР делятся на фугасные, осколочные, осколочно-фугасные, кумулятивные и др.

Основным поражающим фактором фугасной БЧ яв-

ляется ударная волна, распространяющаяся во все стороны от точки подрыва взрывчатого вещества.

Сила взрыва фугасной боевой части зависит от веса ВВ и от скорости его детонации. Количественно сила взрыва выражается давлением взрывных газов в момент их образования. В результате этого давления взрывные газы расширяются во все стороны со скоростью, близкой к скорости детонации. С такой же скоростью начинает двигаться и окружающий воздух, образуя область сильного сжатия — воздушную ударную волну. Скорость распространения ударной волны быстро падает, вызывая спад давления на ее фронте, примерно пропорциональный кубу расстояния от точки подрыва. Радиус эффективного действия фугасной БЧ в плотных слоях атмосферы (на меньших высотах) больше, чем в разреженных (на больших высотах).

При неконтактной стрельбе ударная волна механически разрушает уязвимые элементы цели или приводит к потере ею аэродинамической устойчивости. В связи с быстрым падением давления в ударной волне с ростом расстояния обычные чисто фугасные боевые части не нашли применения в ЗУР для неконтактной стрельбы.

В ядерных БЧ главным поражающим фактором при борьбе с целью в атмосфере является ударная волна. Так, в зарубежной печати сообщалось, что при подрыве боевой части мощностью 1 кт она разрушает все самолеты, находящиеся в радиусе около 600 м от эпицентра взрыва, а при мощности боевой части 10 кт — находящиеся в радиусе около 1300 м.

При ударной стрельбе, когда фугасная БЧ проникает в цель, происходят механические повреждения ее конструкции (вплоть до разрыва цели изнутри) или воспламенение горючих компонентов. Для поражения современных самолетов при прямом попадании ЗУР с обычной фугасной боевой частью в уязвимые отсеки требуется, чтобы вес ВВ составлял: для истребителя — около 100 гс, для бомбардировщика — около 600 гс.

Основным поражающим фактором осколочной или осколочно-фугасной БЧ являются осколки. Этот поражающий фактор характерен для подавляющего большинства обычных БЧ, предназначенных для неконтактной стрельбы. Следует, однако, иметь в виду, что образование осколков сопровождается фугасным действием,

которое при малых промахах может оказаться существенным дополнительным поражающим фактором.

Боевые заряды осколочных и осколочно-фугасных БЧ современных ЗУР имеют, как правило, конструкцию, обеспечивающую получение определенного числа осколков примерно одинакового веса и формы. Осколки либо

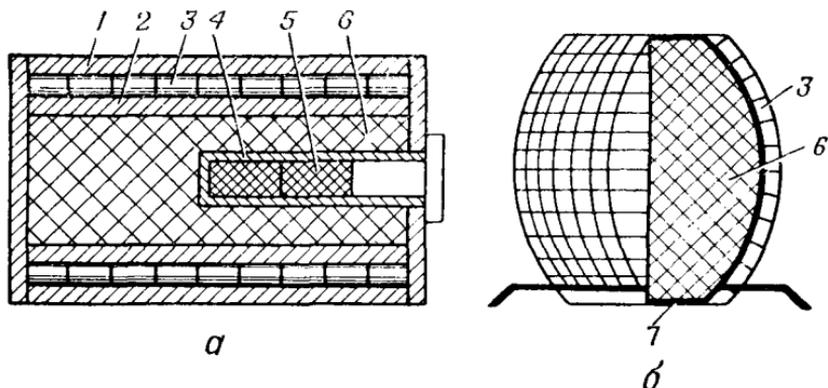


Рис. 24. Схемы осколочных боевых частей с готовыми осколками цилиндрической (а) и кубической (б) формы:

1 — наружная оболочка корпуса; 2 — внутренняя оболочка; 3 — готовые осколки; 4 — стакан детонатора; 5 — детонатор; 6 — боевой заряд; 7 — пластмассовый корпус

комплекуются в готовом виде при сборке боевой части — БЧ с готовыми осколками (рис. 24), либо образуются из ее металлического корпуса при подрыве заряда ВВ. Корпус может иметь внутренние надрезы или другие устройства, обеспечивающие получение осколков более или менее одинаковых веса и формы (БЧ с полуготовыми осколками).

Осколки могут быть из различных металлов и сплавов. Иногда выбирается такой их материал, чтобы он помимо пробивного давал и зажигательное действие. Форма осколков также может быть весьма разнообразной.

Осколочное воздействие на цель реализуется в виде механического, зажигательного и инициирующего действия отдельных осколков или их групп по уязвимым элементам цели.

Основными характеристиками осколочной боевой части, определяющими эффективность ее воздействия на цель, считаются вес и форма осколков, начальная скорость разлета поражающих осколков, число поражаю-

щих осколков боевой части и плотность их распределения в различных направлениях разлета.

Осколочное действие характеризуется пробивной и зажигательной способностью осколков при встрече с уязвимым элементом цели. Эта способность определяется кинетической энергией осколка при встрече с целью, а также его весом и формой.

Кинетическая энергия осколка фиксированных веса и формы при встрече с целью зависит от его начальной скорости разлета, которая в основном определяется типом ВВ боевого заряда и отношением веса ВВ к суммарному весу осколков.

Каждая воздушная цель наиболее эффективно поражается осколками определенных веса и формы (при условии, что все осколки из одного и того же материала), которые называются поражающими. Надо заметить, что при подрыве ВВ боевого заряда не все осколки являются поражающими: даже при срабатывании БЧ с готовыми осколками могут образовываться непоражающие осколки в результате дробления доньев и оболочки корпуса.

Форма осколка также влияет на его поражающую способность. Она сказывается, в частности, на аэродинамическом сопротивлении, оказываемом осколку атмосферой при полете его к цели: чем меньше сопротивление встречает осколок (чем лучше его аэродинамическая форма), тем на больших промахах он сохраняет необходимую кинетическую энергию, т. е. остается поражающим. Аэродинамическое сопротивление оказывает большее влияние на высотах, где плотность атмосферы выше. Потеря осколком кинетической энергии в атмосфере примерно пропорциональна квадрату расстояния от точки подрыва ВВ боевого заряда (потеря энергии при фугасном действии пропорциональна кубу этого расстояния).

Для поражения цели может оказаться достаточным попадание в ее уязвимый отсек одного поражающего осколка. Иногда необходимо попадание нескольких таких осколков в один или ряд уязвимых отсеков. При неконтактной стрельбе необходимо обеспечивать образование значительно большего количества поражающих осколков, чем требуется для поражения цели. Этого достигают созданием поля осколков.

Поле поражающих осколков называется областью поражения цели осколочным действием; она характеризуется числом поражающих осколков и плотностью их распределения.

При проектировании БЧ обычно задаются допустимым максимальным ее весом, максимальным промахом и углами встречи, типичными целями и требуемым минимальным уровнем условной вероятности их поражения. Тем самым предопределяются вес поражающего осколка и его кинетическая энергия при встрече с целью. В ходе проектирования БЧ, включающем решение вариационных задач с выбором оптимума, стремятся получить наибольшее количество поражающих осколков, определенную их форму и максимальную область поражения целей осколочным действием.

Поражающими факторами ядерной боевой части являются ударная волна, тепловое воздействие и первичное излучение.

Тепловое воздействие ядерной БЧ может привести к нарушению прочности и термостойкости конструкции цели, а также вызвать ожоги у экипажа самолета. В зарубежной печати сообщалось, что 1-кт ядерный заряд вызывает ожоги третьей степени на расстоянии до 640 м, а 10-кт — на расстоянии до 6000 м.

Первичное излучение, состоящее в основном из гамма-лучей и нейтронов (действует примерно одну минуту после взрыва ядерной БЧ), может вывести из строя различные устройства воздушных целей, стать причиной преждевременного срабатывания ядерных бомб самолетов и ядерных боеголовок ракет противника. Оно может также вызвать поражение экипажа. По данным зарубежной печати, при взрыве 2-кт ядерного заряда первичное излучение оказывается смертельным для человека на расстоянии около 1200 м.

По направленности действия боевые части современных ЗУР подразделяются на ненаправленные и направленные.

Ненаправленная БЧ рассчитана на одинаковое поражение цели во всех направлениях относительно точки подрыва ее ВВ. Примерами такой боевой части могут служить некоторые фугасные и особенно ядерные БЧ.

Осколочные боевые части обычно направленного действия. Они обеспечивают большую область поражения

цели осколочным действием в одних направлениях и меньшую — в других (иногда в некоторых направлениях эта область вообще практически не распространяется).

Направленные БЧ создают области поражения цели осколочным действием, имеющие форму конуса, либо симметричного, либо несимметричного относительно продольной оси ЗУР (рис. 25).

Первый вид БЧ называют иногда боевой частью с круговым разлетом осколков. В статических условиях

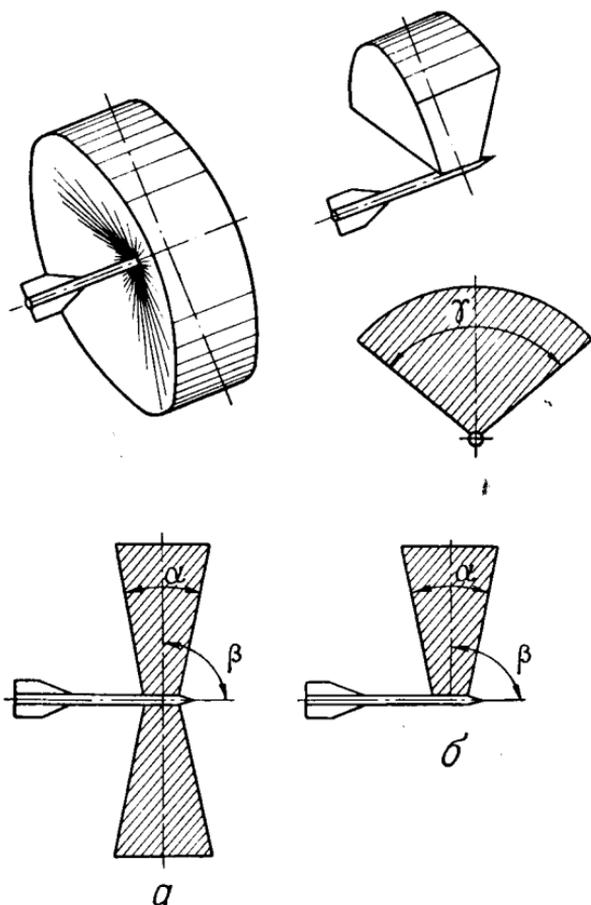


Рис. 25. Области поражения цели осколочным действием:

*a* — с круговым разлетом осколков; *б* — с несимметричным разлетом осколков;  $\alpha$  — угол разлета осколков;  $\beta$  — угол наклона конуса разлета осколков;  $\gamma$  — угол сектора разлета осколков

ее область поражения цели характеризуется углом разлета осколков ( $\alpha$ ), измеряемым в плоскости оси ЗУР (составляет от нескольких градусов до нескольких десятков градусов), и углом наклона конуса разлета осколков ( $\beta$ ) относительно продольной оси ЗУР.

Несимметричная область поражения цели осколочным действием (БЧ с такой формой области поражения цели иногда называют боевой частью направленного действия) характеризуется, кроме того, еще и углом в плоскости, перпендикулярной к оси ЗУР ( $\gamma$ ).

При одинаковой эффективности действия направленная осколочная БЧ имеет перед ненаправленной преимущество в весе, точно так же, как боевая часть с несимметричной областью поражения цели перед БЧ с круговым разлетом осколков. Однако это преимущество усложняет задачу своевременного подрыва их взрывательными устройствами, особенно если боевая часть образует несимметричную область поражения цели. В этом случае для своевременного подрыва БЧ необходимо измерять не только промах и взаимное положение цели и ЗУР вдоль траектории полета последней, но и сторону промаха, а после этого произвести соответствующую ориентацию боевой части относительно продольной оси ЗУР.

Рассмотренная классификация БЧ может быть представлена таблицей.

Признак классификации БЧ	Тип БЧ
По типу взрывчатого вещества боевого заряда	Обычная Ядерная
По виду стрельбы	Для ударной стрельбы Для неконтактной стрельбы
По принципу действия	Фугасная Осколочная Осколочно-фугасная Кумулятивная
По направленности действия	Ненаправленная Направленная

Взрывательное устройство предназначено для выработки команд на подрыв взрывчатого вещества боевого заряда БЧ в момент, когда обеспечивается максимальная вероятность поражения цели.

Если ЗУР рассчитана на поражение цели только при прямом попадании в нее, то применяется контактное (ударное) взрывательное устройство; при ориентации на не прямое попадание — неконтактное взрывательное устройство. Возможно и сочетание этих типов взрывательных устройств.

Контактное взрывательное устройство срабатывает при контакте с целью. При этом происходит перемещение по инерции подвижных деталей ударного механизма, приводящее либо к наколу капсюля-детонатора, либо к его срабатыванию за счет замыкания контактов электроцепи. В некоторых случаях целесообразнее подорвать боевой заряд БЧ при встрече ЗУР с целью после некоторого заглупления в нее боевой части. Тогда применяется контактное взрывательное устройство, действующее с замедлением.

Подавляющее большинство современных боевых частей для неконтактной стрельбы снабжается неконтактными взрывательными устройствами, срабатывающими под действием самой цели. Находят применение радиолокационные взрывательные устройства (радиовзрыватели), использующие электромагнитную энергию в диапазоне радиоволн, и оптические взрывательные устройства, работающие на электромагнитной энергии в диапазоне от инфракрасных (в основном) до ультрафиолетовых лучей.

В зависимости от происхождения энергии, которая необходима взрывательным устройствам для определения момента срабатывания, они подразделяются на пассивные, активные и полуактивные. По принципу действия радиовзрыватели и оптические взрывательные устройства аналогичны соответствующим головкам самонаведения ЗУР.

Как и у радиовзрывателя, приемник оптического взрывательного устройства имеет поле зрения, ограниченное двумя коническими поверхностями (похоже на область поражения цели осколочным действием). Это поле зрения с учетом удаления от оси ЗУР называется зоной чув-

ствительности приемника неконтактного взрывательного устройства или областью его срабатывания.

У оптического взрывательного устройства приемник состоит из оптической системы и фотосопротивления, включенного в электрическую схему.

Оптическая система, которая может быть линзовой или зеркальной, служит для собирания энергии (излученной или отраженной целью) и направления ее на чувствительный элемент — фотосопротивление. Под воздействием изменяющегося облучения фотосопротивление меняет свою проводимость. Электрической схемой преобразуются эти изменения в импульс напряжения — рабочий сигнал для срабатывания взрывательного устройства. В современных зарубежных инфракрасных взрывательных устройствах применяются фотосопротивления с чувствительным слоем на основе сернистых (чаще) и теллуристых соединений свинца (разработаны германиевые, сурьмянистоиндиевые и другие фотосопротивления). Для повышения чувствительности фотосопротивлений, т. е. для более эффективного их действия от менее нагретых источников, прибегают к их искусственному охлаждению. Это позволяет, например, обеспечить срабатывание инфракрасного неконтактного взрывательного устройства не только от раскаленных газов, истекающих из сопла реактивного самолета, но и от его обшивки, разогревающейся в полете в результате трения. Фотосопротивления охлаждают (иногда до температур минус  $200^{\circ}\text{C}$  и ниже) жидкими азотом или водородом, газообразным гелием, твердой углекислотой и другими компонентами. Охлаждение производят в ходе подготовки ЗУР к пуску.

Для поражения цели при неконтактной стрельбе осколочной БЧ решающее значение имеет степень согласования области поражения цели осколочным действием с областью срабатывания неконтактного взрывательного устройства. На рис. 26 приведены случаи хорошего и неприемлемого согласования этих областей. Из рисунка следует, что неконтактное взрывательное устройство должно обеспечить подрыв ВВ боевого заряда БЧ тогда, когда цель максимально накрывается областью разлета осколков. Однако для эффективного поражения цели этого мало. Вторым необходимым условием является то, что цель должна находиться на таком расстоянии от оси

боевой части ЗУР, которое не превосходит радиуса области поражения цели осколочным действием. Это условие обеспечивается средствами наведения ЗУР.

Для соблюдения первого условия ось области срабатывания неконтактного взрывательного устройства должна иметь определенный угол относительно оси области

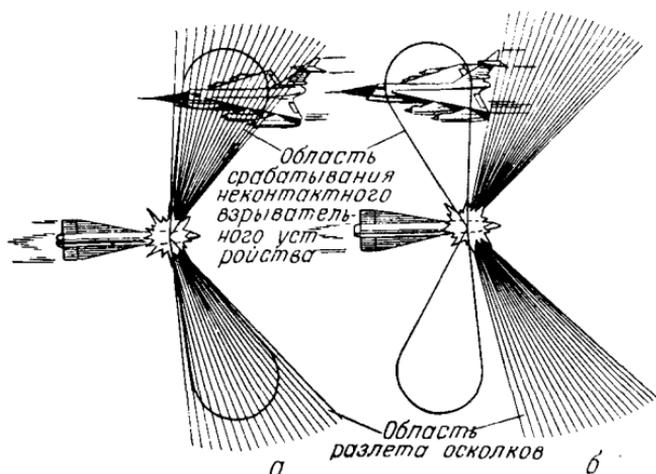


Рис. 26. Области разлета осколков боевой части ЗУР и срабатывания неконтактного взрывательного устройства:

*а* — хорошее согласование; *б* — неприятное согласование

поражения цели осколочным действием. Этот угол является функцией величины и направления вектора относительной скорости ЗУР, т. е. скорости цели, скорости ракеты и угла встречи ЗУР с целью.

Очевидно, что вследствие изменения в широких диапазонах скорости полета современных целей даже в одних и тех же точках зоны поражения ЗРК этот угол не должен оставаться постоянным. А при фиксированной скорости цели он должен изменяться и по зоне поражения в результате изменений скорости полета ЗУР и углов встречи.

Существует несколько путей согласования по углам рассмотренных областей.

Наиболее просто, но и наименее эффективно принять угол согласования за величину постоянную.

Иногда изменяют угол наклона области срабатывания взрывательного устройства относительно неподвижного угла наклона области поражения цели осколочным действием. Обычно это обеспечивается за счет нескольких фиксированных положений угла наклона области срабатывания, однако эти положения могут непрерывно изменяться в заданном диапазоне.

Возможно также ступенчатое изменение угла наклона области поражения цели осколочным действием за счет подрыва ВВ боевой части в различных точках.

Взрывательные устройства могут быть независимыми или зависимыми от средств наведения ЗУР. Независимыми являются контактные и активные неконтактные взрывательные устройства, зависимыми — полуактивные неконтактные устройства и устройства, приводимые в действие командами с земли в момент равенства дальностей до цели и ЗУР.

Предохранительно-исполнительный механизм (ПИМ) является промежуточным элементом между взрывательным устройством боевой части ЗУР и детонатором ВВ боевого заряда. Он обеспечивает:

- замыкание детонационной цепи между названными элементами БЧ после того, как взрыв боевого заряда станет безопасным для обслуживающего персонала ЗРК;

- замыкание детонационной цепи до момента встречи ЗУР с целью, но по возможности ближе к цели, что предотвращает преждевременное срабатывание БЧ в результате постановки противником искусственных помех;

- самоликвидацию боевой части в случае пролета ракетой цели, производимую по времени полета ЗУР или по какому-либо другому признаку.

### 3. Бортовые источники питания

Бортовые источники питания предназначаются для снабжения бортовой аппаратуры ЗУР механической или электрической энергией. Потребителями этой энергии являются элементы бортового контура ЗУР, взрывательные устройства и предохранительно-исполнительные механизмы, головки самонаведения, устройства воспламенения топлива реактивных двигателей и т. п. Учитывая большое разнообразие принципов действия бортовой аппаратуры ЗУР, на ее борту, как правило, размещают по нескольку источников питания различного типа.

В качестве источников механической энергии применяют сжатый холодный газ (воздух, азот или какой-нибудь инертный газ) и горячий газ.

Сжатый холодный газ помещается в воздушном аккумуляторе давления (ВАД) — баллоне, чаще всего сферической формы (что выгоднее в весовом и габаритном отношении) под давлением до 400 ат. Он широко применяется для приведения в действие рулевых машинок и турбин, вращающих якоря электрогенераторов, для чего редуцируется с помощью клапанов до рабочего давления.

Для этих же целей используется и горячий газ, вырабатываемый в пороховых (ПАД) или жидкостных (ЖАД) аккумуляторах давления в результате сжигания в них твердого или жидкого топлива. Твердыми топливами чаще всего служат нитроглицериновые и перхлоратные пороха, из которых, как правило, изготавливают цилиндрические шашки, горящие с торца (это обеспечивает примерно постоянное давление вырабатываемого горячего газа). Из жидких топлив за рубежом применяют, как правило, однокомпонентные — перекись водорода и изопропилнитрат, дающие парогаз с температурой 600 и 1300°С соответственно.

Аккумуляторы давления, работающие на жидком топливе, считаются менее надежными и более сложными, чем пороховые. Их преимущество — возможность переменного регулировать давление газа путем изменения количества подаваемого топлива. Пороховые аккумуляторы давления таким качеством не обладают. Кроме того, их работа значительно зависит от температуры.

Если необходимо снизить температуру горячего газа, его пропускают через пористую пластмассу, которая, постепенно испаряясь, охлаждает газ и одновременно увеличивает его объем.

Бортовыми источниками электрической энергии служат электрогенераторы переменного и постоянного тока (электромеханические источники питания), гальванические батареи и аккумуляторы (соответственно первичные и вторичные химические источники питания).

Электрогенераторы ЗУР имеют высокую удельную мощность (до 600—700 вт на 1 кгс веса), что достигается в основном за счет высокой скорости вращения якоря (до 12 000 об/мин и более). Якоря электрогенераторов

приводятся во вращение от турбин, на лопатки которых воздействует холодный или горячий газ. Электромеханические источники питания считаются сложными, дорогостоящими и недостаточно надежными. Им предпочитают химические источники питания.

Гальванические батареи и аккумуляторы получили широкое распространение благодаря высокой надежности, большому выходу энергии на единицу веса и объема, быстроте ввода в действие, а также устойчивости к перегрузкам. Из гальванических батарей одноразового использования предпочтение отдают серебряно-цинковым и медно-магниевым, а из аккумуляторов — щелочным серебряно-цинковым и никелево-кадмиевым. В гальванических батареях электролит помещается отдельно, что позволяет длительно хранить их. Для получения рабочего напряжения электролит по соответствующей команде поступает через открываемый клапан или разрываемую мембрану.

Недостатком химических источников питания является зависимость их работы от температуры (особенно низкой).

За рубежом ведутся работы над созданием индиевых батарей, имеющих длительный срок службы и работающих в широком диапазоне отрицательных и положительных температур.

Гальванические батареи и аккумуляторы вырабатывают постоянный ток, поэтому при необходимости использовать переменный ток на борту ЗУР применяют преобразователи.

#### 4. Двигатели ЗУР

Для обеспечения боевыми средствами ЗРК заданной зоны поражения воздушной цели к летным характеристикам зенитной управляемой ракеты предъявляется ряд требований. Считается необходимым, чтобы ЗУР долетала до всех точек заданной зоны поражения, скорости ее полета в этих точках были не меньше определенной величины, средние и абсолютные скорости полета ЗУР до точек зоны поражения также находились в определенных пределах.

Первое требование очевидно, ибо без наличия ЗУР в точке встречи поражение цели не произойдет.

Второе требование исходит из того, что для поражения цели зенитной ракетой с определенными располагаемыми нормальными перегрузками (с требуемой маневренностью) необходимо, чтобы эти перегрузки превосходили потребные нормальные, предусматриваемые выбранным методом наведения ЗУР на цель. При невыполнении этого условия ракета в процессе полета существенно отклоняется от траектории наведения, что приводит к промаху, превосходящему допустимую величину.

Третье требование предполагает, что для поражения цели в той или иной точке зоны поражения (особенно на ее границах) пуск ЗУР должен быть произведен в строго определенный момент времени. Выполнить это невозможно без знания и учета полетного времени (а значит, и средней скорости полета) ЗУР до намеченной точки встречи.

Рассмотренные требования обеспечиваются реактивными двигателями ЗУР — стартовыми и маршевыми. Они обеспечивают также желаемый закон (законы) изменения скорости от времени (наклонной дальности) полета ЗУР. Как видно из рис. 27, при стрельбе в точку, рас-

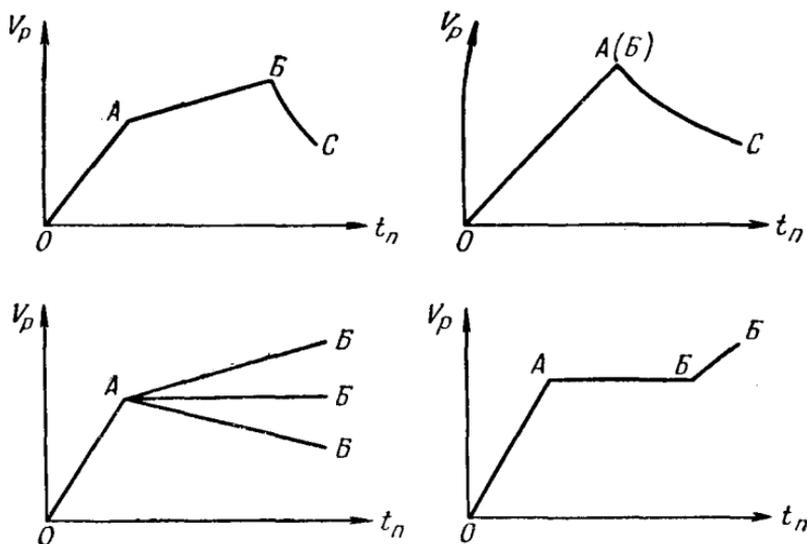


Рис. 27. Законы изменения скорости полета ЗУР во времени при стрельбе в точку, расположенную на определенной высоте:

$V_p$  — скорость полета ЗУР;  $t_n$  — полетное время ЗУР;  $O$  — точка пуска ЗУР;  $OA$  — стартовый участок траектории;  $AB$  — маршевый участок траектории;  $BC$  — участок пассивного полета

положенную на некоторой высоте, законы изменения скорости полета ЗУР от времени отличаются характером и интенсивностью изменения.

Начальный участок *ОА* (наиболее интенсивное нарастание скорости) называется стартовым участком траектории полета ЗУР. Он обеспечивается стартовым двигателем, работающим несколько секунд.

На участке *АВ*, называемом маршевым участком траектории полета ЗУР, работает маршевый двигатель. В зависимости от конструкции двигателя на этом участке плавно или ступенчато нарастает или падает скорость, либо она сохраняется на постоянном уровне. Продолжительность маршевого полета современных ЗУР составляет от нескольких секунд до нескольких десятков секунд.

Участки *ОА* и *ОБ* называют участками активного полета ЗУР, так как здесь работают ее двигатели.

Участок *ВС*, называемый участком пассивного (по инерции) полета ЗУР, характеризуется тем, что двигатель не работает и ракета летит с потерей скорости. Интенсивность этой потери зависит от аэродинамической формы ЗУР, а минимальная допустимая абсолютная величина скорости в точке *С* определяется условием соответствия располагаемых нормальных перегрузок перегрузкам, потребным при выбранном методе наведения. Большинство современных зарубежных ЗУР использует пассивные участки траектории полета. Для некоторых конструкций ЗУР с ракетными двигателями они могут быть соизмеримы по времени и дальности с активными участками траекторий их полета.

При изменении высоты стрельбы (высоты расположения точек *В* и *С*) и при использовании нерегулируемых двигателей этот закон выглядит иначе: чем меньше высота, тем ниже скорость полета. Подобные изменения происходят из-за роста сопротивления воздуха.

Основными характеристиками всех типов двигателей ЗУР являются тяга, удельная тяга (удельный, или единичный, импульс) и коэффициент весового совершенства. Считается, что они довольно полно характеризуют реактивные двигатели.

Тяга ( $P$ ) — основная силовая характеристика любого реактивного двигателя. Она определяет летные воз-

возможности ЗУР по дальности, скорости и высотности полета.

Однако по одной величине тяги нельзя судить о совершенстве реактивного двигателя или об эффективности его работы, так как одинаковая по величине тяга может быть создана при различных расходах топлива.

Энергетическое совершенство реактивного двигателя и эффективность его работы характеризуют удельной тягой, под которой понимают отношение тяги, создаваемой двигателем, к расходу топлива в секунду (секундному расходу топлива):

$$P_{уд} = \frac{P}{G_T},$$

где  $P$  — тяга реактивного двигателя, кгс;

$G_T$  — секундный расход топлива, кгс/сек.

Аналогичной характеристикой реактивного двигателя является его удельный, или единственный, импульс  $I_1$ , показывающий, какой импульс сообщается ракете при сгорании в ее двигателе одного килограмма топлива. Величина  $I_1$  рассчитывается по той же формуле, что и  $P_{уд}$ .

Наконец, для оценки двигателей необходимо знать их весовые характеристики, определяемые коэффициентом весового совершенства двигателя:

$$\beta = \frac{Q_{дв}}{\omega},$$

где  $Q_{дв}$  — полный вес двигателя, включая вес топлива, кгс;

$\omega$  — вес топлива двигателя, кгс.

Стартовый двигатель (стартовый ускоритель) служит для придания ЗУР высокой скорости полета на начальном (стартовом) участке траектории. Это необходимо для сокращения общего полетного времени ЗУР и для более быстрого обеспечения ее управляемости за счет отклонения подвижных аэродинамических поверхностей (при малых скоростях эти поверхности малоэффективны). В некоторых ЗУР они разгоняют ее до скорости, необходимой для уверенной работы маршевых двигателей.

Стартовые двигатели современных ЗУР можно классифицировать по различным признакам. Один из возможных вариантов их классификации приведен в таблице.

Признак классификации стартовых двигателей ЗУР	Тип стартового двигателя ЗУР
По виду топлива	На твердом топливе На жидком топливе Гибридный
По расположению на ЗУР	С тандемным расположением С боковым расположением
По отделяемости от маршевой ступени ЗУР	С отделяемым корпусом Без отделяемого корпуса С отделяемыми частями

Подавляющее большинство стартовых двигателей твердотопливные. В отдельных ранних образцах зарубежных ЗУР встречаются стартовые ускорители, работающие на жидком топливе. Гибридный стартовый ускоритель не является отдельной конструкцией, а входит в общий гибридный двигатель ЗУР и обеспечивает требуемую увеличенную тягу за счет более форсированного режима работы.

Стартовые двигатели могут иметь тандемное (последовательное) и боковое расположение на ЗУР.

В первом случае стартовый двигатель находится сзади маршевой ступени ЗУР. Он имеет один или несколько (связку) корпусов.

При боковом расположении стартовые ускорители размещают симметрично относительно маршевой ступени ЗУР. Обычно применяют не менее четырех таких ускорителей. Оси их сопел отворачивают относительно оси маршевой ступени ЗУР на одинаковые углы (обычно в несколько градусов); пересечение осей сопел должно находиться в районе центра тяжести ракеты. Так компенсируют влияние на полет ЗУР разнотяговости и неодновременности работы ускорителей.

Преимуществом бокового расположения ускорителей перед тандемным является сокращение общей длины ЗУР, что упрощает в ряде случаев пусковую установку, особенно для пусков при больших углах возвышения. Недостатками являются: некоторая потеря полезной составляющей тяги из-за отворота осей сопел, а также сложность обеспечения одновременности действия, равен-

ства тяг и одновременности отделения корпусов обработавших двигателей от маршевой ступени ЗУР (при боковом расположении применяют ускорители с отделяющимися корпусами).

Стартовые ускорители подразделяют на двигатели с отделяемыми и неотделяемыми корпусами и с отделяемыми частями.

Корпуса или части стартового ускорителя отделяются после окончания его работы автоматически. Из механизмов отделения наиболее распространены взрывные и механические крепежные устройства, срабатывающие по термическим или другим сигналам либо от окончившего работать стартового двигателя, либо от начавшего работать маршевого двигателя, а также при изменении скорости полета ЗУР.

Неотделяемый корпус стартового двигателя продолжает полет с маршевой ступенью ЗУР. Если такой корпус не нужен для работы маршевого двигателя, то он становится грузом, ухудшающим летные характеристики ракеты. Возможен вариант стартового ускорителя, после окончания работы которого отделяется не весь корпус, а лишь отдельные части, например сопло.

Основным преимуществом стартовых двигателей с отделяемыми в полете корпусами и частями считается то, что в результате отделения бесполезного груза улучшаются летные характеристики ЗУР. Недостаток — падение на поверхность земли значительных по весу деталей, создающих опасность своим объектам и людям. Чтобы избежать этого, за рубежом ведутся работы по подрыву отделяющихся частей на мелкие осколки; пытаются также изготавливать их из сгорающих материалов.

Маршевый двигатель служит для обеспечения определенной скорости, дальности и высоты полета маршевой ступени ЗУР на маршевом участке траектории ее полета.

Он размещается либо в корпусе планера ЗУР (отсек маршевого двигателя), либо вне его на специальных кронштейнах — пилонах. При расположении вне корпуса применяют два маршевых двигателя. При этом размещают их или оба под корпусом или один снизу, другой сверху него.

По принципу действия маршевые двигатели ЗУР разделяют на ракетные, воздушно-реактивные и ракетно-

прямогочные. Все они являются химическими, так как тяга создается за счет истечения из сопла продуктов сгорания топлива (газов), образующихся в результате химических превращений (реакция горения).

Работа ракетного двигателя не зависит от условия полета и окружающей среды, так как он располагает составом топлива (горючим и окислителем), необходимым для его самостоятельной работы.

Тяга ракетного двигателя является результирующей осевой реактивной силой давления продуктов сгорания на внутреннюю поверхность камеры сгорания за вычетом силы давления окружающей среды на ее наружную поверхность. Направление действия тяги обратно направлению истечения продуктов сгорания из камеры сгорания двигателя (обратно направлению полета ЗУР). Величина тяги ракетного двигателя рассчитывается по формуле

$$P = \frac{G_T w_a}{g} + S(p_k - p_n),$$

где  $G_T$  — расход продуктов сгорания в секунду (секундный расход), *кгс/сек*;

$w_a$  — скорость истечения продуктов сгорания на срезе сопла, *м/сек*;

$S$  — площадь выходного сечения сопла двигателя, *м<sup>2</sup>*;

$p_k$  — давление продуктов сгорания на срезе сопла двигателя, *кгс/м<sup>2</sup>*;

$p_n$  — давление среды, в которую происходит истечение продуктов сгорания, *кгс/м<sup>2</sup>*.

Тяга ракетного двигателя и его единичный импульс зависят в основном от секундного расхода продуктов сгорания (определяется физико-химическими характеристиками топлива) и от скорости истечения этих продуктов в окружающую среду (определяется конструкцией соплового блока двигателя).

Ракетный двигатель твердого топлива (РДТТ) включает цилиндрическую часть, называемую камерой сгорания, и сопло.

Топливо сгорает полностью в камере сгорания. Образующиеся газы имеют высокие температуры (2500—4000° К) при давлениях 50—100 *кгс/см<sup>2</sup>*.

В сопле тепловая энергия газов превращается в кинетическую. Здесь снижаются температура и давление газа и растет скорость его движения. На участке от камеры до наименьшего (критического) сечения сопла скорость газов возрастает до скорости звука, равной в данных условиях примерно 1000 м/сек. С этой скоростью газы и проходят критическое сечение сопла, их давление составляет около половины давления в камере сгорания двигателя. Дальнейшее увеличение скорости газов, ставшей уже сверхзвуковой, происходит в расширяющейся части сопла.

Таким образом, повышение тяги ракетного двигателя достигается путем увеличения скорости истечения газов из его сопла, для чего применяют топлива, дающие при сгорании более легкие газы при более высоких температурах, а также за счет рационального выбора размеров и профиля сопла.

Молекулярный вес газа и его температура при одном и том же сечении сопла двигателя зависят не только от свойств топлива, но и от давления, при котором оно сжигается. Наивыгоднейшими размерами сопла являются такие, которые обеспечивают на срезе давление, равное давлению окружающей среды.

Скорость истечения газов из сопла современных ракетных химических двигателей составляет 2500—3000 м/сек.

Удельный импульс современных зарубежных ракетных двигателей составляет 200—300 кгс·сек/кгс при давлении в камере сгорания 70 ат, а на срезе сопла — 1 ат.

Коэффициент весового совершенства современных ракетных двигателей составляет 1,1—1,8 и имеет тенденцию к уменьшению. Считают, что уменьшение может быть достигнуто путем применения высокопрочных с малым удельным весом материалов для камер сгорания (титановые сплавы, стекловолокно с эпоксидными и фенольными смолами, пластмассы), а также за счет уменьшения веса материалов тепловой защиты внутренних стенок камеры сгорания или использования в РДТТ зарядов топлива, горящего изнутри, что позволяет отказаться от специальных средств теплозащиты. Уменьшению величины коэффициента весового совершенства двигателя способствует также снижение максимального

давления в камере сгорания двигателя и применение топлив с увеличенным удельным весом (уменьшается объем, занимаемый топливом, при сохранении его энергии).

Воздушно-реактивные двигатели (несколько типов) нашли применение в ЗУР в виде прямоточных воздушно-реактивных двигателей (ПВРД), которые могут работать на жидком и твердом горючем.

В этих двигателях в качестве окислителя используется атмосферный кислород, что исключает необходимость в специальном окислителе, входящем в бортовой запас топлива. Это обстоятельство в принципе могло бы способствовать резкому сокращению стартового веса ЗУР, так как по весу окислитель значительно превосходит горючее.

Однако потребность в большом количестве окружающего воздуха и предопределяет недостатки ПВРД. Основным из них является зависимость работы двигателя от условий полета и окружающей среды. Надежная работа ПВРД требует определенного диапазона скоростей полета и по высоте ограничена пределами атмосферы (практическая максимальная высота применения ПВРД составляет около 40 км). Кроме того, ПВРД требуют специальных устройств для приема и подачи заборного воздуха в двигатель. Эти устройства, называемые входными диффузорами, увеличивают площадь поперечного сечения ракеты (мидель) и приводят к возрастанию ее лобового сопротивления. Для надежного запуска ПВРД необходимо разогнать ракету стартовыми ускорителями до определенной скорости, а в ходе ее полета не допускать падения скорости ниже определенного значения, характерного для каждой конкретной конструкции ПВРД. Наконец, несмотря на кажущуюся простоту конструкции ПВРД, ее отработка сложна и трудоемка.

Несмотря на эти недостатки, ПВРД находят применение в ряде зарубежных ЗУР для стрельбы на большие дальности, так как обеспечивают преимущество ЗУР в стартовом весе.

Прямоточный воздушно-реактивный двигатель (рис. 28) состоит из входного диффузора, камеры сгорания, элементов для подачи горючего, стабилизатора пламени и выходного сопла.

Входной диффузор, называемый иногда воздухозаборником, служит для подачи воздуха в камеру сгорания двигателя. Для этого он тормозит набегающий поток воздуха от скорости полета до скорости около 60—100 м/сек на входе в камеру сгорания. Торможение потока воздуха сопровождается ростом давления в нем.

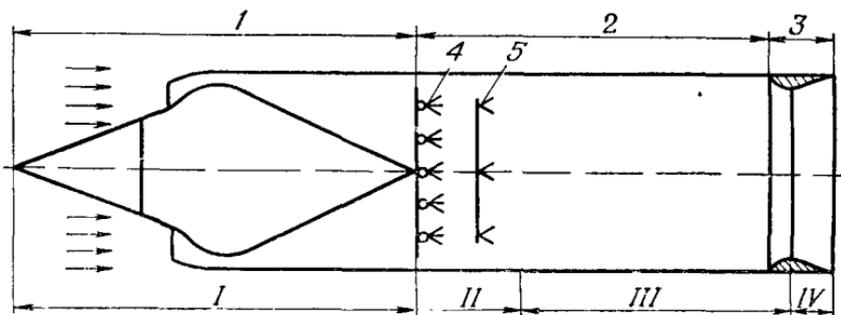


Рис. 28. Схема прямооточного воздушно-реактивного двигателя: 1 — входной диффузор; 2 — камера сгорания; 3 — выходное сопло; 4 — форсунки для подачи горючего; 5 — стабилизатор пламени; I — сжатие; II — впрыск горючего и стабилизация пламени; III — сгорание; IV — расширение

Желаемый закон изменения давления в потоке воздуха обеспечивается за счет формы и размеров диффузора. По месту расположения различают лобовые и боковые входные диффузоры.

Камера сгорания предназначена в основном для обеспечения устойчивого процесса сгорания, т. е. безотказной работы ПВРД во всех режимах полета ЗУР при максимально возможной полноте сгорания и минимальных тепловых и гидравлических потерях при движении воздуха и продуктов сгорания в камере.

В некоторых сечениях входного диффузора в поток воздуха через соответствующие элементы (например, форсунки при жидком горючем) подается горючее и таким образом образуется топливо-воздушная смесь.

В начале камеры сгорания располагается стабилизатор пламени, который способствует горению смеси. Для запуска ПВРД топливо-воздушная смесь поджигается за стабилизатором пламени с помощью внешнего источника воспламенения. После этого процесс горения становится непрерывным.

Продукты сгорания (газы), нагретые до высокой температуры, поступают к выходному соплу двигателя. При

истечении из него поток их расширяется и тепловая энергия преобразуется в кинетическую энергию направленного движения.

Камера сгорания ПВРД имеет значительную длину и диаметр и представляет собой дополнительный вес. Для более рационального ее использования, предусматривающего сокращение стартового веса ЗУР, в некоторых конструкциях помещают в нее твердое топливо стартового тандемного ускорителя.

По компоновке на ЗУР бывают встроенные и вынесенные ПВРД. В первом случае двигатель размещается в корпусе ЗУР, а воздушно-газовый тракт двигателя проходит внутри корпуса, иногда по всей длине ракеты. Вынесенные ПВРД (обычно два) располагаются на пилонах под корпусом ЗУР или один сверху, другой снизу корпуса. Баки с горючим и системы его подачи к двигателям при этом размещаются в корпусе ракеты.

Тяга ПВРД определяется по формуле

$$P = \frac{G_B}{g} (w_a - v_H),$$

где  $G_B = \gamma_H S_{вх} v_H$  — весовое количество воздуха, поступающее за одну секунду через входное сечение диффузора площадью  $S_{вх}$ , т. е. секунднй весовой расход воздуха на входе ( $\gamma_H$  — удельный вес воздуха в набегающем со скоростью  $v_H$  потоке);

$g = 9,81 \text{ м/сек}^2$  — ускорение силы тяжести;

$w_a$  — скорость истечения продуктов сгорания на срезе сопла,  $\text{м/сек}$ .

Единичный импульс (удельная тяга) ПВРД определяется по формуле

$$I_1 = P_{уд} = \frac{P}{G_r} = \frac{G_B}{G_r g} (w_a - v_H),$$

где  $G_r$  — расход горючего,  $\text{кгс/сек}$ .

Ранее отмечалось, что повышение единичного импульса РДТТ можно достигнуть только за счет увеличения скорости истечения из сопла продуктов сгорания, что зависит в основном от повышения температуры горения топлива. Однако это связано с техническими трудностями, главным образом — с обеспечением термостойкости

конструкции РДТТ. В ПВРД можно получить высокий единственный импульс, не повышая скорости истечения продуктов сгорания, а следовательно, и температуры горения. Для этого нужно лишь увеличить количество отбрасываемой массы, т. е. повысить отношение  $\frac{G_B}{G_T}$ . Такой

путь повышения единичного импульса становится возможным вследствие того, что эта масса большей своей частью не входит в бортовой запас, а заимствуется из атмосферы. Поэтому для ПВРД могут быть получены значения  $I_1$ , превышающие в 5—8 раз значение единичного импульса для РДТТ.

Ракетно-прямоточные двигатели (РПД) являются комбинированными, органически сочетающими ракетные и воздушно-реактивные двигатели. Цель такого сочетания — компенсация недостатков, присущих этим типам двигателей. Наиболее перспективным для ЗУР считаются РПД, построенные на сочетании ракетного двигателя с ПВРД.

Принцип действия такого РПД заключается в том, что продукты неполного сгорания топлива, образующиеся при его сжигании в камере ракетного двигателя, используются в качестве горючего для работы ПВРД. Горючее сжигается в воздухе, поступающем в камеру дожигания при полете ракеты.

Ракетный двигатель такого РПД, образующий так называемый первый контур, по принципу работы не отличается от обычного ракетного двигателя, но выбрасываемая из него струя (струи) газов содержит продукты неполного сгорания топлива. Эти продукты дожигаются в прямоточно-воздушной части РПД, образующей второй контур.

Из множества существующих конструктивных схем РПД за рубежом наиболее перспективными считают две: РПД, в котором процессы смешения двух потоков (воздушного и продуктов неполного сгорания ракетного топлива) и дожигания топливо-воздушной смеси совмещены, а также РПД с предварительным смешением этих потоков, в котором процессы смешения и дожигания разделены по месту и времени (РПД с эжектором).

РПД по первой схеме (рис. 29, а) по рабочим процессам, протекающим вдоль прямоточного тракта, очень близок к ПВРД.

В РПД с предварительным смешением потоков (рис. 29, б) перед входом в камеру дожигаания имеется эжектор в виде кольцевого канала постоянного сечения

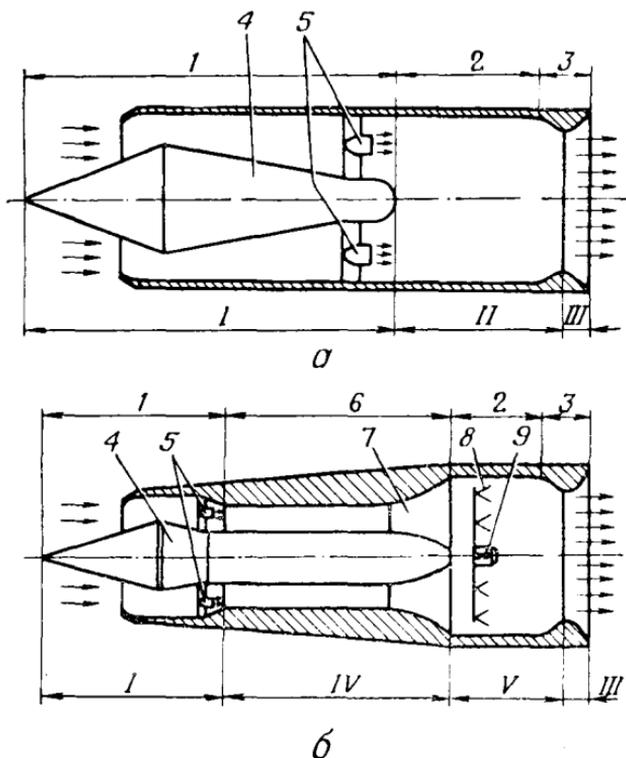


Рис. 29. Схемы РПД на жидком топливе:

*a* — РПД без эжектора; *б* — РПД с эжектором; 1 — входной диффузор; 2 — камера дожигаания; 3 — выходное сопло; 4 — ракетный двигатель; 5 — сопла ракетного двигателя; 6 — эжектор; 7 — диффузор эжектора; 8 — стабилизатор пламени; 9 — воспламенитель; I — сжатие; II — смешение и дожигаание; III — расширение; IV — смешение и сжатие; V — дожигаание

с дозвуковым диффузором на выходе. В эжекторе происходит смешение потоков: дозвукового воздушного, поступающего через входной диффузор, и сверхзвукового высокотемпературного газового, вытекающего из сопел ракетного двигателя. Смесь поступает в камеру дожигаания, где поджигается воспламенителем.

Полагают, что РПД с эжектором по тяговым и экономическим характеристикам превосходят РПД без

эжектора. Однако эжектор увеличивает вес двигателя и требует такой организации рабочего процесса, чтобы смесь в нем не воспламенялась (в противном случае двигатель перестает работать).

В качестве ракетного двигателя для РПД могут использоваться двигатели как на химическом топливе (РДТТ, ЖРД), так и ядерные. За рубежом считают

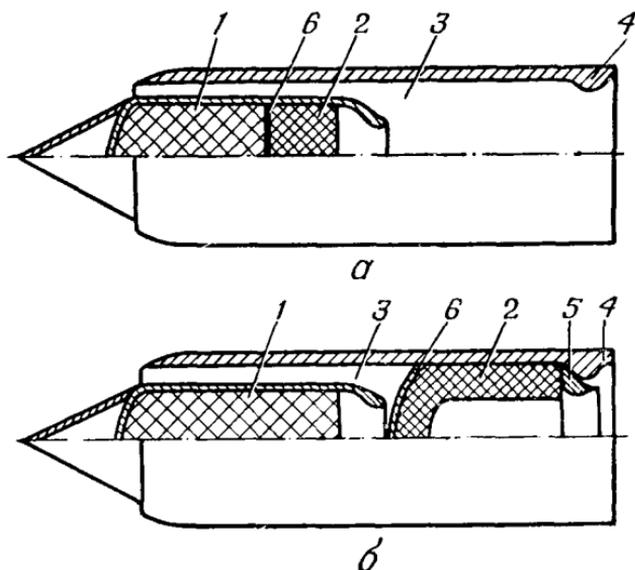


Рис. 30. Схемы РПД на твердом топливе:

*a* — РПД со стартовым режимом; *б* — РПД со стартовым РДТТ; 1 — маршевое топливо; 2 — стартовое топливо; 3 — камера дожигания; 4 — выходное сопло РПД; 5 — сопло стартового двигателя, отделяемое в полете; 6 — сгорающее днище

РДТТ более целесообразными, так как конструкция их проще и надежность выше.

На рис. 30, *a* приведена схема такого РПД без эжектора, обеспечивающего самостоятельный старт ракеты за счет тяги ракетного двигателя (сгорает шашка быстрогорящего топлива). На маршевом участке траектории воспламеняется шашка медленногорящего топлива, и двигатель переходит к работе в режиме РПД.

На рис. 30, *б* приведена схема РПД на твердом топливе. Стартовый полет ракеты обеспечивает стартовый двигатель, размещаемый в камере дожигания. Переднее

днище стартового двигателя изготавливается из материала, сгорающего в конце его работы (например, магниевого сплава); сопло отделяется от ракеты с началом работы маршевого двигателя. Маршевый полет происходит за счет тяги РПД без эжектора, работающего с использованием продуктов неполного сгорания топлива (СО, Н) маршевого РДТТ.

Известны проекты РПД и на жидком топливе. Так, в США для усовершенствования ЗУР «Бомарк» взамен существующих ПВРД разрабатывается РПД на жидком борсодержащем топливе. Считают, что удельный импульс этого РПД может вдвое превосходить средний удельный импульс лучших современных ЖРД.

Как отмечалось, основным недостатком РДТТ и ЖРД является ограниченность удельного импульса, а ПВРД — необходимость иметь стартовый ускоритель для вывода двигателя на рабочий режим и ограниченность применения по высоте (около 40 км). РПД в значительной мере компенсирует эти недостатки. Он позволяет поднять удельный импульс по сравнению с РДТТ и ЖРД, а в области дозвуковых и малых сверхзвуковых скоростей полета — и по сравнению с ПВРД. Применение РПД дает возможность в ряде случаев отказаться от стартового ускорителя, а маршевый полет на высотах, ограничивающих работу ПВРД, производить за счет тяги только первого контура — тяги ракетного двигателя.

Однако наличие входного диффузора и воздушного тракта, а также камеры дожигания обуславливают ряд недостатков РПД, которые присущи и ПВРД.

По виду используемого топлива двигатели ЗУР подразделяются на работающие на твердом, жидком и гибридном топливе.

подавляющее большинство зарубежных ЗУР снабжено ракетными стартовыми и маршевыми двигателями, работающими на твердом топливе.

Считается, что РДТТ имеют перед ЖРД следующие преимущества:

— пригодность к длительному хранению в снаряженном состоянии, что обеспечивает быструю готовность ЗУР к пуску;

— менее сложны, так как нет необходимости в специальных устройствах для дозированной подачи компонентов топлива в камеру сгорания;

— отсутствие перемещений и изменений уровня топлива при маневрах ЗУР.

Следует отметить, что за рубежом пытаются применять в ЖРД жидкое топливо с предварительной заправкой в баки (например, еще на заводе при изготовлении). ЖРД с такой заправкой (называемые иногда ампулированными ЖРД) не отличаются по обслуживанию и боеготовности от РДТТ.

К основным недостаткам РДТТ по сравнению с ЖРД относят:

- более низкий единичный импульс;
- невозможность многократных незапрограммированных включений и выключений;
- сложность регулировки тяги за счет изменения расхода топлива по заранее неизвестному закону в ходе полета ЗУР;
- наличие в некоторых твердых топливах веществ, образующих в атмосфере густой след, который демаскирует летящую ЗУР.

В некоторых конструкциях РДТТ производится регулировка тяги за счет изменения расхода топлива. Однако закон регулирования устанавливается здесь заранее (не зависит практически от траектории полета ЗУР) и реализуется за счет применения шашки, состоящей из нескольких топлив разного состава (или формы) с неодинаковыми скоростями горения.

Исследования, проводимые над гибридными ракетными двигателями (ГРД), имеют целью свести к минимуму недостатки и реализовать преимущества, присущие РДТТ и ЖРД. Считают, что это достижимо и основными преимуществами ГРД перед названными ракетными двигателями будут:

- простота конструкции;
- более высокие энергетические характеристики;
- возможность длительно хранить в заправленном состоянии и быстро запускать за счет ампулирования жидкого компонента топлива;
- возможность широко изменять тягу в ходе полета ракеты по любому желаемому закону;
- возможность многократных выключений и включений во время полета;
- бóльшая безопасность производства топлива.

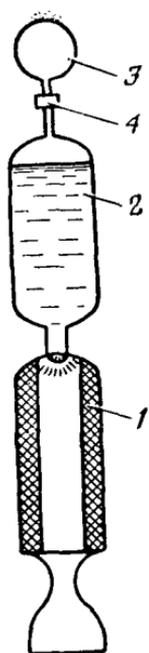


Рис. 31. Схема ГРД:

1 — твердое горючее; 2 — жидкий окислитель; 3 — баллон с газом для вытеснения окислителя; 4 — редуктор

Схема ГРД с жидким окислителем и твердым горючим приведена на рис. 31. Горючее размещено в камере сгорания, как в РДТТ, окислитель подается в эту камеру, как в ЖРД.

Признаком классификации маршевых двигателей ЗУР является также количество режимов тяги (имеется в виду количество режимов, запрограммированное при создании двигателя). В РДТТ чаще применяют однорежимный маршевый двигатель, имеющий в течение всего времени работы постоянную тягу, в остальных типах, как правило, многорежимные двигатели.

По регулировке вектора тяги маршевые двигатели ЗУР подразделяются на двигатели без регулировки, с регулировкой по величине и с регулировкой по направлению. Подразумевается возможность регулировать тягу не по заранее заложенной программе, а в ходе полета в зависимости от вида траектории (стрельба на малые и большие высоты), скорости ЗУР, летных характеристик обстреливаемой цели.

РДТТ обычно применяются без регулировки тяги по величине и по направлению. Регулировка тяги по величине наиболее просто и практически всегда обеспечивается в ЖРД, а также в ПВРД и РПД с жидким компонентом топлива за счет его дозированной подачи. Тяга здесь изменяется автоматически по командам бортовых или наземных устройств.

Регулировка тяги по направлению в двигателях ЗУР используется редко, только в тех случаях, когда изменение направления полета с помощью аэродинамических поверхностей оказывается неэффективным (очень малые скорости или большие высоты).

По количеству камер маршевые двигатели ЗУР подразделяют на однокамерные и многокамерные (обычно двухкамерные). В однокамерных топливо сжигается в одной камере сгорания, в двухкамерных этот процесс происходит последовательно или одновременно в двух камерах.

Примером двухкамерного двигателя с последовательным сжиганием топлива может служить рассмотренный выше РПД, а с одновременным сжиганием топлива — двигатель, схема которого приведена на рис. 32. В раздельных камерах, соединенных между собой отверстием

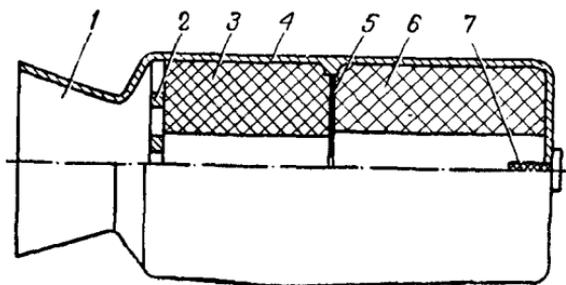


Рис. 32. Схема двухкамерного РДТТ с одновременным сжиганием топлива:

1 — сопло; 2 — диафрагма; 3 — твердое топливо с избытком окислителя; 4 — корпус двигателя; 5 — дроссель; 6 — твердое топливо с избытком горючего; 7 — воспламенитель

с изменяющимся диаметром (дросселем), размещаются передний и задний заряды твердого топлива. Заряды имеют совмещенные по продольной оси центральные каналы, со стороны которых и происходит их горение. Первым воспламеняют передний заряд. Проходя через дроссель, продукты горения воспламеняют задний заряд. Регулировкой дросселя можно изменять суммарную тягу двигателя.

Рассмотренная классификация маршевых двигателей ЗУР может быть представлена таблицей.

Признак классификации маршевых двигателей ЗУР	Тип маршевого двигателя ЗУР
По принципу действия	Ракетный Воздушно-реактивный Ракетно-прямоточный
По виду топлива	На твердом топливе На жидком топливе Гибридный

Признак классификации маршевых двигателей ЗУР	Тип маршевого двигателя ЗУР
По количеству режимов тяги	Однорежимный Многорежимный
По регулировке вектора тяги	Без регулировки С регулировкой по величине С регулировкой по направлению
По количеству камер	Однокамерный Многокамерный

## 5. Топлива двигателей ЗУР

Твердые топлива, применяемые в настоящее время для ракетных твердотопливных стартовых и маршевых двигателей ЗУР, делятся на двухосновные и смешанные.

Двухосновные топлива в качестве главных компонентов включают окислитель и горючее, которые входят в структуру одной молекулы. Основу этих топлив составляет нитроклетчатка — продукт нитрации целлюлозы, содержащейся в больших количествах в хлопке, древесине и т. д. Для производства двухосновных топлив применяется нитроклетчатка с содержанием азота от 11,5 до 13,8%. В зависимости от степени нитрации (содержания азота) различают коллоксилин (11,5—12,2% азота), пироксилин (12—13,5%) и др.

При смешении нитроклетчатки с некоторыми веществами (пластификаторами или растворителями) образуется пластическая масса, которая в результате продавливания через матрицы может принимать любую форму (трубка и др.).

Твердые топлива на основе труднолетучих растворителей (нитроглицерин, динитротолуол и др.) называются баллиститными порохами.

В процессе хранения топливо медленно разлагается. Для предотвращения этого явления в топливо добавляют вещество — стабилизатор (например, дифениламин, цен-

тралит). В состав баллиститного топлива вводят также различные добавки (вазелин, воск, мел), улучшающие технологию его производства.

Наконец, в топливо включаются добавки, обеспечивающие необходимую скорость и стабильность его горения.

Энергетические характеристики баллиститных порохов определяются содержанием в них нитроклетчатки и растворителя. При максимальном содержании сильно нитрированной целлюлозы и нитроглицерина предельный теоретический единичный импульс топлива оценивается в  $255 \text{ кгс} \cdot \text{сек/кгс}$ .

Смесевые топлива представляют собой механическую смесь тонко измельченного минерального окислителя и органического горючего-связки.

В качестве окислителя в смесевых топливах за рубежом используют перхлорат калия, нитрат калия и аммония, перхлорат аммония. Последний более распространен благодаря своей эффективности, сравнительно низкой стоимости и технологичности. Кроме того, в качестве окислителей исследовались перхлораты лития, нитрония и нитрозила.

В качестве горючего-связки в смесевых топливах первоначально служили полисульфиды (тиокол), представляющие собой органические соединения, используемые для изготовления одного из видов синтетического каучука. Позже стали применять более эффективное горючее — полиуретан, состоящий из углерода, водорода, кислорода и азота. Для замены тиокола были использованы высокомолекулярные углеводороды, многие из которых представляют собой каучукообразное вещество. Весьма перспективным считают применение в качестве горючего-связки фторуглеродов, содержащих окислитель и горючее.

Смесевое твердое топливо после смешения компонентов напоминает жидкую глину или густую пасту. Топливо в таком виде под давлением подается в двигатель, который по окончании заливки помещают в печь (термостат), где выдерживают некоторое время при повышенной температуре. В результате образуется твердая резиноподобная масса с равномерно распределенными частицами окислителя.

Наибольших теоретических значений единичного импульса (280—290 *кгс·сек/кгс*) достигают смесевые топлива на основе перхлората нитрония и алюмогидрида лития. Топлива на основе перхлората аммония и циркония имеют единичный импульс 230—240 *кгс·сек/кгс*.

Для РПД, работающих на твердом топливе, применимы также баллиститные пороха и смесевые топлива, но они должны иметь низкий кислородный баланс. В баллиститных порохам это обеспечивается уменьшением содержания нитроглицерина, в смесевых топливах — окислителя.

Для повышения характеристик в твердые топлива для ПВРД и РПД могут быть введены в качестве горючего металлы (бор, бериллий, алюминий). Так, за рубежом известны топлива с добавками 9—15% алюминия, а также 50—60% металлического горючего. Твердые топлива с металлическими добавками могут обеспечить в РПД в определенных условиях единичный импульс до 400—600 *кгс·сек/кгс*. Однако при этом в камере дожигания РПД развивается высокая температура (2800—3400° К), что усложняет обеспечение термостойкости ее конструкции.

Таким образом, твердые топлива применимы в реактивных двигателях всех выше рассмотренных принципов действия, однако они отличаются химическим составом и характеристиками. Так, топливо для РДТТ должно содержать горючее и окислитель, обеспечивающие автономность его работы. В ПВРД необходимость в окислителе отпадает и твердое его топливо представляет собой только горючее. Твердое топливо для РПД имеет горючее и окислитель, которые обеспечивают в некоторых пределах работу двигателя на принципе РДТТ. Кроме того, это топливо должно после сгорания в камере РДТТ содержать продукты неполного сгорания, дожигаемые по принципу ПВРД.

Жидкие топлива применялись только в нескольких образцах первых зарубежных ЗУР с ракетными двигателями.

Окислителем в ЖРД служила азотная кислота или жидкий кислород, а горючим — углеводороды, амины, спирты. Из этих топлив наибольшее значение теоретического единичного импульса обеспечивает жидкий кислород с керосином — около 300 *кгс·сек/кгс*.

Ведущиеся за рубежом работы над ЖРД, в том числе и для ЗУР, в основном направлены на создание ампулированных ЖРД, заправляемых топливом на заводе.

Существующие ПВРД зарубежных ЗУР работают на жидком горючем, в качестве которого используются углеводороды — бензин и керосин.

Жидкие топлива с низким кислородным балансом могут применяться и в РПД.

Гибридные топлива, на которых работают гибридные ракетные двигатели, отличаются от рассмотренных выше топлив тем, что их компоненты находятся в различных состояниях: твердое горючее + жидкий окислитель или жидкое горючее + твердый окислитель. За рубежом эти двигатели не вышли из экспериментальной стадии.

В ГРД могут применяться топлива с очень высокими энергетическими характеристиками. Так, при использовании в качестве твердого окислителя перхлората нитрония жидкое горючее — несимметричный диметилгидразин — дает теоретический единичный импульс  $290 \text{ кгс} \cdot \text{сек/кгс}$ , а жидкий водород —  $350 \text{ кгс} \cdot \text{сек/кгс}$ . На статических испытаниях в США гибридный реактивный двигатель на твердом горючем и жидком окислителе дал единичный импульс  $325 \text{ кгс} \cdot \text{сек/кгс}$ , а ГРД на твердых горючем и окислителе с применением третьего жидкого компонента топлива, добавляемого в различных количествах для воспламенения и регулирования тяги, позволил изменять тягу от 1130 до 59 кгс.

Наиболее перспективными компонентами химических топлив для ракетных двигателей считают: кислород и фтор — в качестве окислителей, а водород и легкие металлы — в качестве горючего.

К наиболее сильным окислителям относят фтор и его соединения. Однако высокая их агрессивность, вызывающая коррозию, а также токсичность продуктов горения затрудняют их применение. Для снижения агрессивности окислителя предполагают использовать твердые горючие, а для повышения энергетических характеристик — легкие металлы.

Согласно сообщениям зарубежной печати, исследования перспективных химических топлив для ракетных двигателей ведутся в основном в трех направлениях, преду-

смаатривающих применение желатинированных эрголей, топливных растворов и смешанных топлив.

Желатинированные эрголи при перемешивании компонентов становятся жидкими, и их можно перекачивать; в состоянии покоя они быстро застывают. Металлические добавки в таких эрголях остаются во взвешенном состоянии и распределяются равномерно по всей массе. При использовании в качестве окислителя четырехоксида азота возможно применение таких желатинизирующих веществ, как металлический бор или алюминий, окись бария и др., вводимых в количестве нескольких процентов.

Для использования в качестве топливных растворов исследуют жидкие эрголи со сгущающимися твердыми частицами (например, бором), находящимися во взвешенном состоянии. Это топливо представляет собой густой сироп, металлические частицы в котором почти не осаждаются. Рассматривается также топливный раствор из частиц твердого водорода, находящихся во взвешенном состоянии в среде жидкого водорода.

Смешанные топлива предполагают применять в виде шашек из пластмассы с металлическими включениями. Сгорая, пластмасса освобождает металлические частицы, попадающие в пламя. На таком принципе построен, например, двигатель, работающий на азотной кислоте (окислителе) и плексигласе с включениями частиц алюминия. Исследуются также трехкомпонентные смешанные топлива, третьим компонентом которых является, в частности, водород, снижающий молекулярный вес струи газов. Двигатель, работающий на трехкомпонентном топливе (окислитель — жидкий фтор, горючее — расплавленный литий) с впрыскиванием в камеру сгорания водорода, позволяет получить единичный импульс, равный  $500 \text{ кгс} \cdot \text{сек/кгс}$ .

## 6. Стартовый вес ЗУР

Стартовый вес ракеты может быть определен после того, как известны: вес ее полезной нагрузки ( $Q_{\text{пн}}$ ), включающий вес всех элементов ЗУР за вычетом веса двигателей с топливом; относительный вес топлива ( $\mu$ ) каждого двигателя и коэффициенты весового совершенства ( $\beta$ ) двигателей.

Относительный вес топлива каждого двигателя представляет собой отношение веса топлива к весу той части ЗУР, которую предстоит перемещать.

Вес самого топлива ( $\omega$ ) зависит от дальностей и скоростей полета ЗУР.

Минимальный вес топлива для ракеты может быть получен только при рациональном сочетании единичного импульса и скорости горения топлива.

Формулы, по которым можно рассчитать стартовый вес ( $Q_0$ ) ЗУР с ракетным двигателем:

— для ракеты с несколькими двигателями без отделяющихся в полете частей

$$Q_0 = \frac{Q_{\text{пн}}}{1 - \beta_0 \mu_0 - \beta_1 \mu_1 (1 - \mu_0) - \dots - \beta_{n-1} \mu_{n-1} (1 - \mu_0) \dots (1 - \mu_{n-2})},$$

где индексом «0» обозначаются характеристики стартового ускорителя, а индексом «1» и т. д. — характеристики маршевых двигателей, работающих после стартового ускорителя последовательно;

— для многоступенчатой ракеты с отделяющимися в полете корпусами двигателей

$$Q_0 = \frac{Q_{\text{пн}}}{(1 - \beta_0 \mu_0) (1 - \beta_1 \mu_1) \dots (1 - \beta_{n-1} \mu_{n-1})}.$$

Вес стартового ускорителя ( $Q_c$ ) находится по формуле

$$Q_c = \beta_0 \mu_0 Q_0.$$

## 7. Классификация ЗУР

Зенитные управляемые ракеты подразделяют: по максимальной скорости полета, количеству ступеней, способу наведения на цель, аэродинамической схеме, типу маршевого двигателя и по виду полета на максимальные боевые дальности и высоту.

По максимальной скорости полета ЗУР делятся на дозвуковые и сверхзвуковые.

Дозвуковые ЗУР встречаются весьма редко в полуавтоматических и неавтоматических ЗРК, предназначенных для борьбы с низколетящими целями. Форма корпусов этих ЗУР характеризуется малой длиной головной части.

Подавляющее большинство современных ЗУР — сверхзвуковые. Для уменьшения лобового сопротивления их планеры имеют заостренные головные части и передние кромки аэродинамических поверхностей. Кроме того, аэродинамические поверхности, как правило, обладают большими углами стреловидности.

По количеству ступеней ЗУР могут быть одно-, двух- и трехступенчатыми в зависимости от количества отделяемых в полете корпусов отработавших двигателей. Чем выше средняя скорость и дальность полета ЗУР, тем больше ее стартовый вес. Однако он может быть несколько уменьшен при увеличении числа ступеней. В настоящее время известна лишь одна трехступенчатая ЗУР — противоракета «Спартан». Большинство ЗУР малой дальности одноступенчатые, средней и большой дальности — двухступенчатые. Одноступенчатые ЗУР более просты, так как не имеют механизмов отделения корпусов отработавших двигателей. Как правило, у таких ЗУР двух- и многорежимные двигатели.

По способу наведения на цель имеются ЗУР с теленаведением, самонаведением и с комбинированным наведением. Этот признак классификации относится в основном к средствам наведения ЗУР, однако принятый способ наведения влияет и на конструкцию ракеты. Так, ЗУР с самонаведением и с комбинированным наведением снабжены головкой самонаведения, для нормального функционирования которой корпус планера должен иметь соответствующую головную часть. При этих способах наведения вес боевой части ЗУР при прочих равных условиях меньше, чем у ЗУР с теленаведением (точность последнего ниже). Однако маневренные характеристики ЗУР с теленаведением выше, чем при других способах наведения. Стоимость ЗУР с самонаведением и особенно с комбинированным наведением выше, чем ЗУР с теленаведением.

По аэродинамической схеме ракеты подразделяются на ЗУР нормальной схемы, а также схемы «утка» и «поворотное крыло».

По типу маршевого двигателя ЗУР могут быть с ракетным, воздушно-реактивным и ракетно-прямоточными двигателями. Маршевый двигатель оказывает влияние на конструкцию и характеристики ЗУР. Ракетные и ракетно-прямоточные маршевые двигатели разме-

щаются в корпусе планера ракеты, воздушно-реактивные — иногда находятся вне его. При расположении в корпусе планера ВРД (ПВРД), как и РПД, снабжаются воздухозаборниками и камерами дожигания. Для этих двигателей нежелателен угол атаки, поэтому, как правило, применяют аэродинамическую схему «поворотное крыло». ЗУР с ВРД и РПД имеют менее выгодную аэродинамическую форму с увеличенным лобовым сопротивлением. Поэтому использование у таких ЗУР пассивного участка полета малоэффективно.

По виду полета на максимальные боевые дальности и высоту различают ЗУР с активным полетом и с участком пассивного полета.

Под активным понимают полет при работающих двигателях. Для увеличения максимальных боевых дальности и высоты за рубежом используют полет ЗУР на пассивном участке траектории, когда ракета летит по инерции, без работающих двигателей. Иногда пассивный участок составляет более половины всей дальности полета ЗУР. В этом случае к ЗУР предъявляются дополнительные требования: они должны быть достаточно управляемыми и устойчивыми при значительном падении скорости (появлении отрицательных ускорений); формы должны обеспечивать уменьшенное лобовое сопротивление; поперечная нагрузка должна увеличиваться и т. д.

Рассмотренная классификация ЗУР может быть представлена таблицей.

Признак классификации ЗУР	Тип ЗУР
По максимальной скорости полета	Дозвуковая Сверхзвуковая
По количеству ступеней	Одноступенчатая Двухступенчатая Трехступенчатая
По способу наведения на цель	С теленаведением С самонаведением С комбинированным наведением

Признак классификации ЗУР	Тип ЗУР
По аэродинамической схеме	Нормальной схемы Схемы „утка“ Схемы „поворотное крыло“
По типу маршевого двигателя	С ракетным двигателем С воздушно-реактивным двигателем С ракетно-прямоточным двигателем
По виду полета на максимальные боевые дальность и высоту	С активным полетом С участком пассивного полета

## § 4. ПУСКОВАЯ УСТАНОВКА. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ЗРК

### 1. Пусковая установка ЗРК

Пусковой установкой (ПУ) называется боевое средство ЗРК, предназначенное для пуска ЗУР в необходимом направлении.

Пусковая установка современного наземного ЗРК состоит из основания, направляющей (направляющих) и механизмов наведения (рис. 33).

Основание служит базой для монтажа всех элементов пусковой установки и для размещения ее на огневой позиции. Направляющие предназначаются для закрепления на них зенитных управляемых ракет. Механизмы наведения, имеющиеся во многих типах пусковых установок, обеспечивают придание направляющим с расположенными на них ЗУР определенного положения в пространстве по углу возвышения и азимуту. В зависимости от этого различают соответственно подъемный и поворотный механизмы наведения ПУ. Механизмы наведения функционируют по командам от средств управления пуском ЗУР.

В зависимости от конструкции пусковые установки зарубежных ЗРК могут быть классифицированы: по подвижности, углу возвышения при пуске ЗУР, количеству

направляющих, типу направляющих, способу заряжания и по возможности транспортировки ЗУР.

По подвижности ПУ подразделяют на стационарные, полустационарные и подвижные.

Стационарная пусковая установка размещается на одном месте, и ее перебазировка в ходе боевых действий

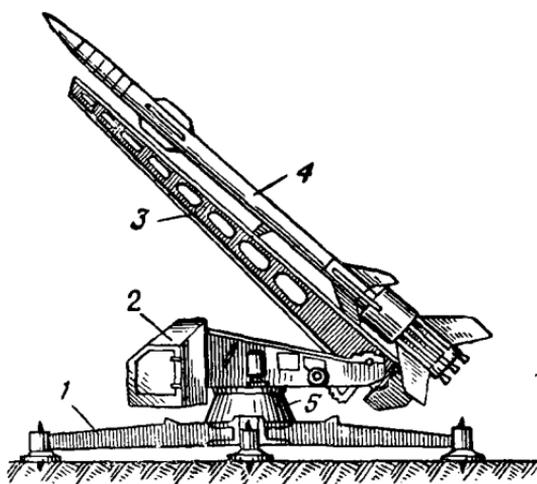


Рис. 33. Пусковая установка наземного ЗРК:

1 — платформа; 2 — механизмы наведения; 3 — направляющая; 4 — ракета; 5 — основание

не предусматривается. Такими ПУ снабжаются ЗРК ПСО кораблей, ЗРК ПРО, некоторые ЗРК ПСО страны. На кораблях ПУ размещают открыто, в остальных случаях они могут быть как подземными, так и наземными. Зачастую стационарные ПУ снабжаются подземными (подпалубными) помещениями и устройствами для сборки, хранения, проверок и транспортировки к ним ЗУР.

Полустационарные пусковые установки перебазировются в ходе боевых действий. Для этого они разбираются по агрегатам и перевозятся с помощью неспециализированных транспортных средств. Эти операции занимают значительное время (часы и более) и нередко требуют проведения инженерных работ на новых позициях. Такими ПУ снабжены некоторые ЗРК ПСО страны, приспособленные для ПСО войск.

Среди подвижных пусковых установок в зарубежных ЗРК встречаются самоходные, буксируемые и носимые. Самоходные и носимые ПУ являются автономными, буксируемые требуют тягача. В качестве ходовых баз для самоходных ПУ применяют либо гусеничные (часто стандартные), либо колесные шасси.

При расположении на огневой позиции ходовая часть у одних буксируемых ПУ отделяется, у других нет. В обоих случаях основания ПУ горизонтируются на огневой позиции с помощью домкратов.

Носимая пусковая установка при пуске ЗУР используется одним человеком — оператором, который, сообразуясь с полетом обстреливаемой цели, придает ей вручную необходимое положение в пространстве.

Подвижные ПУ применяются, как правило, в ЗРК ПВО войск и в некоторых ЗРК ПСО страны. Время их перехода из походного положения в боевое и обратно измеряется минутами.

Однако степень подвижности пусковой установки не во всех ЗРК совпадает со степенью подвижности остальных его боевых средств.

По углу возвышения при пуске ЗУР различают пусковые установки с постоянным и с переменным углом возвышения их направляющих.

К первым относят ПУ с вертикальным (или близким к нему) углом возвышения, применяемые в зарубежных ЗРК ПРО, а также в некоторых комплексах ПСО страны.

При переменном угле возвышения его величина (как и величина угла по азимуту) определяется средствами управления пуском ЗУР в зависимости от характеристик полета выбранной для обстрела цели и реализуется механизмами наведения ПУ. Пусковые установки такого типа входят в состав зарубежных комплексов ПВО войск и кораблей. Имеются также ПУ с несколькими фиксируемыми углами возвышения и с переменным углом наведения по азимуту.

Во всех ПУ с переменным углом возвышения (кроме носимых) применяют силовые приводы вертикального и азимутального наведения.

По количеству направляющих ПУ бывают с одной (в основном стационарные комплексы ПВО

страны) и с несколькими направляющими (практически все ЗРК ПВО войск, ПВО кораблей).

В последнем случае направляющие, как правило, соосны. ПУ с несколькими направляющими имеет преимущество в скорострельности.

По типу направляющих различают пусковые установки с направляющими нулевой и конечной длины.

Первые являются более легкими. При конечной длине направляющей ракета, скользя по полозкам, имеет с ней контакт более продолжительное время. Для такого скольжения ЗУР снабжается так называемыми бугелями. Встречаются открытые направляющие — в виде рам, ферм, рельсов, к которым ракета крепится либо сверху, либо снизу, и закрытые направляющие конечной длины, представляющие собой металлические или пластмассовые трубы различного поперечного сечения. Зачастую такие направляющие являются одновременно и контейнерами для хранения и транспортировки ЗУР. Перед пуском у них открываются герметизирующие крышки.

На направляющей ракета закрепляется замково-стопорным устройством, надежно удерживающим ее до пуска и сочленяющим со стартовой автоматикой.

По способу заряжания ракетами пусковые установки бывают с автоматизированным, механизированным и ручным заряжением.

Автоматизированное заряжение применяют в большинстве стационарных, особенно корабельных, ПУ. Механизированное (с участием человека) — во многих подвижных ПУ, причем производят его иногда одновременно несколькими ракетами.

Для заряжания подвижных ПУ используют транспортно-заряжающие машины.

Если вес ЗУР не превосходит 60—80 кгс, прибегают к ручному заряжению, что позволяет сократить состав технических средств ЗРК.

Время на заряжание современных пусковых установок редко превосходит несколько минут.

По возможности транспортировки ЗУР на значительные расстояния пусковые установки делят на транспортирующие и нетранспортирующие ракеты.

К последним относятся полустационарные и некоторые подвижные (в основном буксируемые) пусковые установки. Пусковые установки, транспортирующие ракеты,

имеют те преимущества, что позволяют уменьшить количество транспортных единиц в подвижном ЗРК при определенном боекомплекте ЗУР, а также обеспечивают более короткое время перехода в боевое положение (за счет времени зарядки).

Рассмотренная классификация ПУ может быть представлена таблицей.

Признак классификации пусковой установки	Тип пусковой установки
По подвижности	Стационарная Полустационарная Подвижная (самоходная, буксируемая, носимая)
По углу возвышения при пуске ЗУР	С постоянным углом С переменным углом
По количеству направляющих	С одной направляющей С несколькими направляющими
По типу направляющих	Нулевой длины Конечной длины (открытая, закрытая)
По способу зарядки	С автоматизированным заряданием С механизированным заряданием С ручным заряданием
По возможности транспортировки ЗУР	Транспортирующая ракета Нетранспортирующая ракета

## 2. Технические средства ЗРК

Технические средства зенитного ракетного комплекса предназначаются для обеспечения нормального функционирования его боевых средств.

Эти средства включают транспортное, подъемно-погрузочное, контрольно-проверочное, сборочное и ремонтное оборудование, а также различные укрытия и хранилища.

В состав транспортного оборудования полустационарных и подвижных ЗРК входят различные транспортные средства, предназначенные для перевозки их боевых средств (тягачи, транспортные и специализированные машины, тележки, приспособления).

Подъемно-погрузочное оборудование служит для погрузочных и монтажных работ. В него входят крановые и подъемные устройства, а также устройства для зарядки ракетами пусковых установок ЗРК — так называемые транспортно-заряжающие машины (ТЗМ).

Контрольно-проверочное оборудование необходимо для проведения проверок боевых средств комплексов. Такие проверки осуществляются периодически на складах хранения, на огневых позициях (регламентный контроль), а также непосредственно перед пуском ЗУР (предпусковой контроль). По мере совершенствования конструкций ЗРК контроль их боевых средств все больше автоматизируется (что повышает его надежность). Имеются комплексы, контроль функционирования средств которых производится устройствами так называемого встроенного контроля. Эти устройства представляют собой электронно-вычислительную машину либо специального назначения, либо решающую и другие задачи в процессе боевой работы ЗРК (например, машина средств обнаружения). Машина сигнализирует о неисправностях конкретного агрегата, а в некоторых конструкциях автоматически подключает агрегат-дублер.

Во многих комплексах ракеты поступают с баз хранения в разобранном состоянии. Их сборка и поагрегатный контроль производятся в специальных оборудованных местах. Эти операции трудоемки, требуют значительного времени. За рубежом наметилась тенденция применения в некоторых ЗРК ракет, не нуждающихся в сборке и предварительной проверке (кроме предпусковой). В этом случае ЗУР окончательно собирается на заводе, помещается в герметический контейнер, заполненный нейтральным газом. Естественно, что такие ракеты должны обладать достаточной надежностью.

В зависимости от характера неисправностей боевых средств ЗРК, выявленных в ходе контроля, определяется место проведения ремонтных работ.

Технические средства обычно обслуживают подразделения ЗРК.

## ГЛАВА 3

### НЕКОТОРЫЕ ИНОСТРАННЫЕ ОБРАЗЦЫ ЗЕНИТНЫХ РАКЕТНЫХ КОМПЛЕКСОВ

По оценке иностранных военных специалистов, зенитные ракетные комплексы, состоящие на вооружении капиталистических стран, отвечают в основном требованиям обеспечения ПСО отдельных районов, важных объектов и крупных кораблей от дозвуковой и сверхзвуковой авиации, летящей на больших и средних высотах.

Однако они, как правило, малоэффективны в борьбе с аэродинамическими целями, летящими на малых и предельно малых высотах, и практически непригодны для перехвата баллистических ракет.

Помимо этого, некоторые существующие войсковые ЗРК не обеспечивают надежной ПСО войск в подвижных формах боя и на марше, поскольку они недостаточно подвижны и имеют относительно большое время «реакции».

Считают также, что их эффективность значительно снижается в случае применения противником средств радиоэлектронного противодействия.

В связи с этим за рубежом продолжаются работы по модернизации существующих и созданию новых ЗРК практически всех типов. Некоторые из существующих комплексов и их боевые средства претерпели многочисленные модернизации.

Как известно, по дальности действия иностранные зенитные ракетные комплексы подразделяются на комплексы дальнего, среднего и ближнего действия.

К группе дальнего действия относятся, например, наземные комплексы «Бомарк», «Найк-Геркулес» (США), «Бладхаунд» (Великобритания) и корабельный «Тэлос» (США).

Арсенал комплексов средней дальности действия наиболее многочислен. Он включает наземный комплекс «Тандерберд» (Великобритания), корабельные комплексы «Тартар», «Терьер», «Стандарт» (США), «Сислаг», «Сидарт» (Великобритания), «Масурка» (Франция) и др.

К зенитным ракетным комплексам ближнего действия, служащим для борьбы с низколетящими целями, можно отнести наземные комплексы «Хок», «Редай», «Чапэрэл» (США), «Кроталь» (Франция), корабельный «Сикэт» (Великобритания) и др.

## § 1. ЗЕНИТНЫЕ РАКЕТНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ПСО СТРАНЫ

Одним из первых на вооружение ПСО территории США был принят в 1953 г. стационарный ЗРК «Найк-Аякс» с одноименной ракетой.

Ракета «Найк-Аякс» сверхзвуковая, двухступенчатая, с отделяющимся корпусом стартового тандемно расположенного РДТТ и маршевым ЖРД (горючее — керосин или анилин, окислитель — азотная кислота).

Боевая часть ракеты обычная осколочно-фугасного действия.

Она разделена на три части, размещенные в носовом, среднем и хвостовом отсеках корпуса.

Боевая часть подрывается у цели по команде от средств наведения с земли. Ракета имеет по две пары подвижных и неподвижных аэродинамических поверхностей. Пусковая установка стационарная и полустационарная на одну ракету. Заряжание пусковой установки механизированное. Пуск ракеты происходит при постоянном угле возвышения  $85^\circ$ .

Вспомогательное и контрольно-измерительное оборудование комплекса размещается в специальных помещениях на площадках и в подземных укрытиях, где производится сборка ракет, заправка ее двигателей топливом, периодический и предстартовый контроль.

Наименьшее подразделение комплекса — батарея, включающая одну систему обнаружения и целеуказания (РЛС обнаружения целей, пункт управления, средства связи), которая может работать автономно или получать информацию о целях от станции раннего обнаружения, не входящей в батарею, а также один комплект средств управления ракетой (РЛС сопровождения цели и РЛС

сопровождения ракеты), одну или несколько стартовых площадок размером  $150 \times 150$  м с четырьмя пусковыми установками на каждой.

В настоящее время ракета снята с производства, но комплекс остался на вооружении национальной гвардии США, а также армий стран Западной Европы (ФРГ, Италии, Турции, Нидерландов и Греции). Он входит в отдельные дивизионы, подчиняющиеся командованиям ПВО страны, зон или районов (в зависимости от конкретных условий организации ПСО в той или иной стране).

Комплексы «Найк-Аякс» предназначаются для прикрытия крупных политических, административных и промышленных центров, военно-морских баз, аэродромов и других важных военных объектов.

Прикрытие осуществляется во взаимодействии с истребительной авиацией ПСО страны (района, зоны).

В 1958 г. на смену ЗРК «Найк-Аякс» в США был принят на вооружение новый комплекс «Найк-Геркулес». Он имеет увеличенные боевую дальность (130 вместо 48 км) и высоту (30 вместо 18 км), что достигнуто путем применения новой ЗУР (ее разработка началась в 1955 г.) и более мощных радиолокационных станций. Однако принципиальная схема построения и боевой работы комплекса осталась прежней. Комплекс может также поражать наземные цели.

Минимальные дальность и высота поражения цели, летящей со скоростью до 800 м/сек, составляют 13 и 1,5 км соответственно.

ЗРК «Найк-Геркулес», как и «Найк-Аякс», разрабатывался стационарным, всепогодным, автоматическим, противосамолетным. Предназначался он для «точечной» ПСО отдельных объектов территории США. Позже комплекс прошел ряд модернизаций, что позволило применять его и для ПСО войск (за счет придания подвижности боевым средствам), а также для ПРО от некоторых тактических баллистических ракет класса «земля — земля», имеющих скорости полета до 1000 м/сек (в основном благодаря применению более мощных РЛС).

В качестве средства ПСО страны и войск комплекс состоит на вооружении армии США, стран НАТО и СЕНТО, а также Японии (последняя намечала его производство по лицензии).

Система обнаружения и целеуказания комплекса «Найк-Геркулес» первоначально базировалась на стационарной РЛС обнаружения СВАР, работающей в режиме непрерывного излучения радиоволн. Система имеет средства опознавания авиации, действующие по принципу «свой — чужой», а также средства целеуказания.

В середине 60-х годов для комплекса была разработана новая РЛС обнаружения ХИПАР, отличающаяся от РЛС СВАР увеличенной мощностью, более высокой помехозащищенностью и подвижностью. Эта РЛС монтируется на пяти прицепах. На трех из них размещены передатчик, приемник и пункт обработки информации; на четвертом — силовая установка: два дизельных генератора мощностью по 200 *квт*, блок питания на 60 *гц* для РЛС и блок питания на 400 *гц* для пункта обработки информации. На пятом прицепе установлена антенна РЛС, имеющая ширину около 13 *м* (для транспортировки одни части антенны снимаются, другие складываются).

РЛС ХИПАР может использоваться в составе ЗРК самостоятельно или совместно со станцией СВАР.

Средства управления ЗУР комплекса включают две РЛС (точного сопровождения цели и сопровождения ракеты), счетно-решающий прибор и станцию передачи радиоконанд на борт ЗУР (совмещена с РЛС сопровождения ракеты).

Определение момента пуска ЗУР, выработка и передача команд теленаведения осуществляются этими средствами автоматически по обычной схеме. Кроме того, они вырабатывают и передают радиоконанду на подрыв боевой части ракеты.

Пусковая установка для ЗУР «Найк-Геркулес» рассчитана на одну ракету. Известны три ее модификации — стационарная, полустационарная и самоходная подвижная (последняя была разработана несколько позже). Две первые обеспечивают пуск ЗУР под постоянным углом возвышения около 90°. Направляющая пусковых установок имеет конечную длину. Зарядание ее механизированное.

Состоящая на вооружении самоходная пусковая установка (рис. 34) смонтирована на колесном шасси вездеходного грузового автомобиля. Она включает четыре основных агрегата: направляющую с механизмом вер-

тикального наведения, убирающееся колесное шасси, отражатель истекающих газов стартового ускорителя с креплением, комплект гидравлических домкратов и опор. Переход пусковой установки (которая может транспортировать ЗУР) из походного положения в боевое предусматривает ее размещение на грунте на опорах и горизонтирование с помощью домкратов.

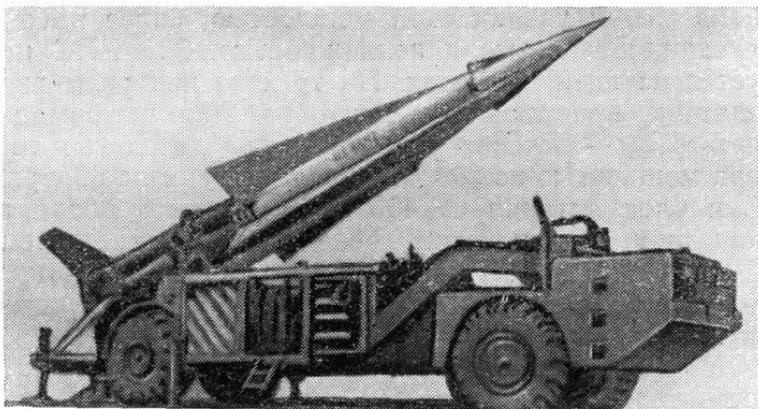


Рис. 34. ЗУР «Найк-Геркулес» на самоходной пусковой установке

Для пусковых установок с ЗУР «Найк-Геркулес» в США разработано надувное пневматическое воздушно-опорное укрытие, время установки которого (надувание и закрепление на площадке) командой из пяти человек составляет 1 ч; время свертывания и подготовки к транспортировке — 30 мин. При экстренном запуске ЗУР укрытие убирается в течение 3 сек. Весит оно около 650 кгс, стоимость составляет 2800 долларов. Аналогичные укрытия имеются в США для боевых средств других ЗРК.

Зенитная управляемая ракета «Найк-Геркулес» сверхзвуковая (максимальная скорость полета 1100 м/сек) двухступенчатая. Она снабжена стартовым и маршевым РДТТ и имеет нормальную аэродинамическую схему. Корпус стартового ускорителя отделяется от маршевой ступени. При полете на максимальные дальности используется пассивный участок траекторий. Наведение радиокомандное.

Стартовый вес ракеты 4500 кгс, вес маршевой ступени 2200 кгс, общая длина 12,5 м (маршевой ступени —

8,2 м), диаметр корпуса 0,8 м, размах крыла 2,3 м. Стоимость ЗУР с осколочно-фугасной боевой частью (для поражения одиночной цели) составляет 15 тыс. долларов, а с ядерной (для борьбы с групповыми целями) — 115 тыс. долларов.

Корпус маршевой ступени ракеты состоит из трех отсеков и носового обтекателя, обшитых листовым алюминиевым сплавом. Два задних отсека соединяются при изготовлении болтами, а передний (в котором размещаются боевая часть и взрывательное устройство) пристыковывается на стартовой позиции. Места стыков отсеков и швы промазываются специальным составом, препятствующим проникновению пыли и влаги.

Неподвижные аэродинамические поверхности маршевой ступени большой стреловидности, а также носовые стабилизаторы изготовлены из алюминиевого сплава (в последних смонтированы антенны приемника радиоконанд наведения), подвижные аэродинамические поверхности (элероны) — из магниевого сплава.

Стартовый тандемный ускоритель с отделяющимся корпусом представляет собой связку из четырех РДТТ, которая соединяется с маршевой ступенью конусом. В хвостовой части связки ускорителей имеется хомут, к которому крепятся четыре стабилизатора значительной площади. Все аэродинамические поверхности ЗУР располагаются в совпадающих плоскостях. За несколько секунд ускоритель разгоняет ЗУР до скорости около 700 м/сек.

Маршевый РДТТ ракеты работает на полисульфидном топливе с присадкой алюминия. Камера сгорания двигателя расположена вблизи центра тяжести ЗУР и соединена с выходным соплом трубой, вокруг которой монтируется бортаппаратура ракеты. Маршевый двигатель автоматически включается после отделения стартового ускорителя, разгоняя ракету до скорости 1100 м/сек. Дальнейший полет ЗУР происходит по инерции (пассивный полет).

При стационарном размещении комплексы «Найк-Геркулес» объединяются в батареи и дивизионы. Батарея имеет все боевые средства ЗРК и две стартовые площадки, на каждой из которых расположено по четыре пусковых установки с ЗУР (рис. 35). Батареи размещаются, как правило, вокруг обороняемого объекта

(обычно совместно с батареями ЗРК «Хок») на расстоянии 50—60 км от его центра. Каждый дивизион включает шесть батарей.

Управление боевой работой подразделений ЗРК «Найк-Геркулес» может производиться автономно, а также от систем управления, не входящих в их состав и

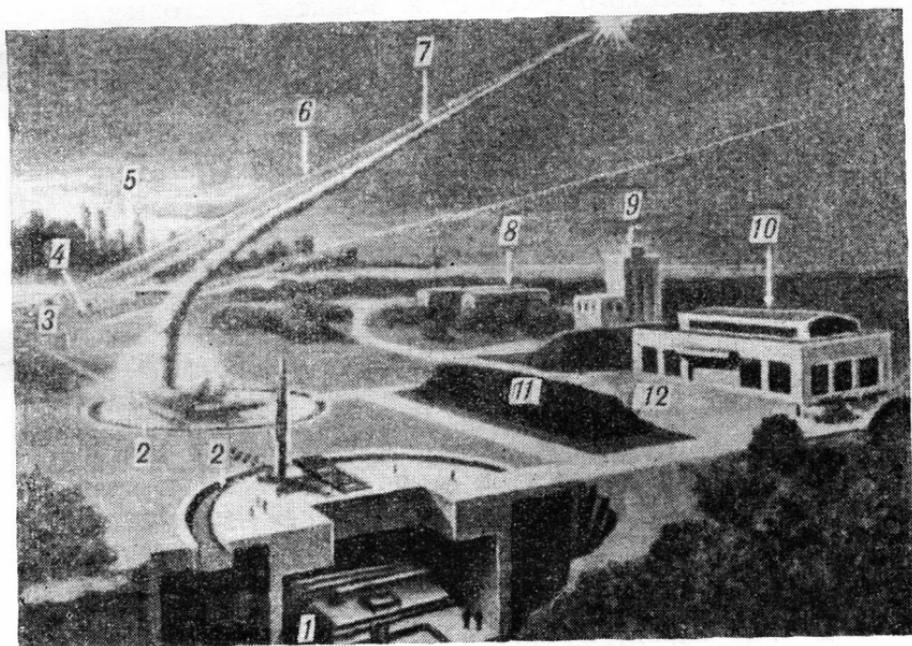


Рис. 35. Схема наземной батареи ЗРК «Найк-Геркулес»:

1 — подъемник и хранилище ракет; 2 — пусковые установки; 3 — пункт управления; 4 — обзорная РЛС; 5 — прикрываемый район; 6 — РЛС слежения за ракетой; 7 — РЛС слежения за целью; 8 — административные и жилые помещения; 9 — помещение для проверки ракет; 10 — помещение для сборки ракет; 11 — земляные насыпи; 12 — площадка заправки топливом

обслуживающих по несколько таких подразделений и другие средства активной ПСО.

Для экономии средств в США проведено сокращение стартовых позиций ЗРК «Найк-Геркулес». В 1969 г. их число было доведено до 75. Армейское руководство США рассчитывает взамен ликвидированных (а в перспективе — и остающихся) стартовых позиций «Найк-Геркулес» развернуть позиции нового ЗРК SAM-D. Для ПВО войск комплексом SAM-D намереваются заменить комплексы «Найк-Геркулес» и «Хок».

Считают, что замена комплексов «Найк-Геркулес» на SAM-Д позволит вдвое сократить численность обслуживающего персонала и примерно в два раза уменьшить ежегодную стоимость обслуживания комплексов.

В дополнение к комплексам «Найк-Аякс» и «Найк-Геркулес», которые не могут вести борьбу с самолетами на высотах менее 5—6 км, в США к 1957 г. был разработан и принят на вооружение наземный комплекс «Хок», способный поражать дозвуковые и сверхзвуковые цели на малых и средних высотах.

Кроме США, ЗРК «Хок» в начале 60-х годов был принят на вооружение армий стран НАТО, а также Японии, Израиля и др.

Этот комплекс всепогодный, автоматический, может быть в стационарном и буксируемом исполнении. Для наведения ракеты на цель используется полуактивное радиолокационное самонаведение.

Максимальные размеры зоны поражения ЗРК «Хок» составляют по дальности от 1,8 до 35 км, по высоте — от 0,015 до 18 км. При скорости полета цели около 700 м/сек максимальная дальность сокращается до 25 км, а высота до 11 км.

За прошедшие годы практически все боевые и технические средства комплекса подвергались неоднократным модернизациям, направленным на повышение эффективности стрельбы, помехозащищенности и надежности.

В настоящее время ЗРК способен вести борьбу и с некоторыми тактическими баллистическими ракетами класса «земля — земля», поэтому его относят к универсальному типу.

Все боевые средства ЗРК «Хок» монтируются на двухосных прицепах и одноосных полуприцепах, буксируемых автомобилями. При размещении на позиции они соединяются кабелями (на батарею — 31 комплект) и горизонтируются домкратами.

Имеется вариант монтажа пусковой установки на гусеничном самоходе, за которым могут буксироваться другие боевые средства ЗРК (рис. 36).

Система обнаружения и целеуказания комплекса включает: РЛС обнаружения целей на больших высотах и дальностях; РЛС обнаружения целей на малых высотах; радиолокационный дальномер; аппаратуру командного пункта; средства опознавания целей.

Импульсная РЛС обнаружения целей на больших высотах и дальностях размещается на одноосном полуприцепе и является наиболее тяжелым (3990 кгс) и крупным агрегатом комплекса.

РЛС обнаружения целей на малых высотах (вес 2220 кгс) работает в режиме непрерывного излучения. Она также монтируется на одноосном полуприцепе и является авиатранспортабельной.

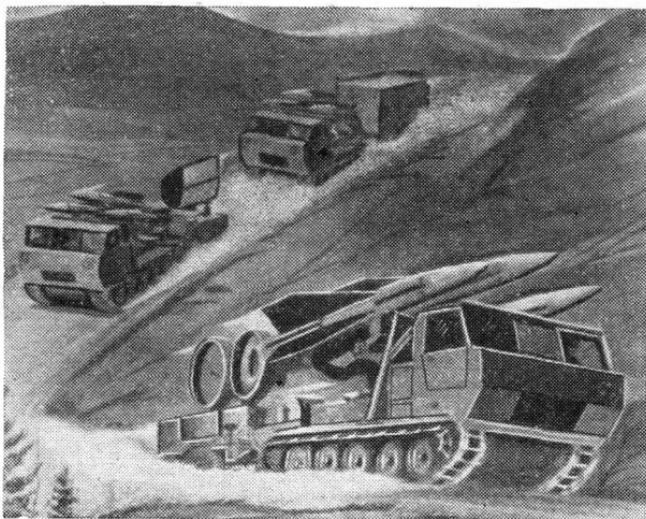


Рис. 36. ЗРК «Хок» в походном положении (схема)

При работе в режиме кругового поиска антенны обеих РЛС обнаружения вращаются синхронно со скоростью 20 об/мин. Тем самым они как бы дополняют друг друга, обеспечивая отображение положения обнаруженных целей на экране индикатора кругового обзора командного пункта ЗРК.

Радиолокационный дальномер служит для измерения дальности до цели, когда из-за радиопомех это не могут сделать станции обнаружения. Дальномер работает в диапазоне частот, отличающемся от диапазонов этих станций.

Командный пункт (вес 2450 кгс) размещается в кабине двухосного прицепа (снабжена кондиционером) и предназначается для выбора целей и выдачи целеуказа-

ния по ним средствам управления ЗУР (обслуживает до двух комплектов этих средств). Пункт снабжен экраном индикатора кругового обзора и двумя пультами управления огнем с индикаторами.

Боевой расчет командного пункта включает пять человек: командир (офицер), помощник командира, оператор РЛС обнаружения целей на малых высотах и два оператора пульта управления огнем.

В вариантах ЗРК «Хок» для морской пехоты США описанный командный пункт заменяется легким (204 кгс) пультом управления огнем, а РЛС обнаружения целей на больших высотах и дальностях отсутствует.

Средства управления ЗУР комплекса «Хок» включают РЛС облучения цели и полуактивную радиолокационную головку самонаведения на борту ЗУР.

Разработаны два варианта РЛС облучения цели: мало мощная (вес с одноосным прицепом 2495 кгс) и мощная. Последняя имеет увеличенную дальность действия по целям с небольшими эффективными поверхностями рассеяния. Работает РЛС облучения по целеуказанию с командного пункта, производя поиск цели в ограниченном объеме, ее «захват» и автосопровождение.

Пусковая установка ЗРК «Хок», рассчитанная на три ракеты, имеет открытые направляющие «нулевой» длины и обеспечивает пуск ЗУР при переменных азимуте и углах возвышения. Механизированное ее зарядание в течение 1—2 мин производит транспортно-заряжающая машина.

Известны две модификации этой пусковой установки — буксируемая и самоходная. Буксируемая монтируется на одноосном прицепе, самоходная — на гусеничном самоходе.

Обе модификации пусковых установок снабжены силовыми следящими приводами, обеспечивающими автоматическое изменение углов возвышения и азимута по командам, вырабатываемым счетно-решающим прибором станции облучения цели.

ЗУР «Хок» крестокрылая, сверхзвуковая, одноступенчатая, построена по нормальной аэродинамической схеме («бесхвостка») и снабжена РДТТ. Ракета не имеет отделяющихся в полете частей. Полет на максимальные дальность и высоту осуществляется при использовании пассивного участка траектории.

Стартовый вес ракеты 580 кгс, длина 5 м, диаметр стального корпуса 0,356 м, размах алюминиевых стабилизаторов (стреловидность по передней кромке 76°) и рулей 1,2 м. Носовая часть корпуса ЗУР (обтекатель) изготовлена из радиопрозрачного материала.

Бортовая аппаратура наведения (антенна головки самонаведения, электронный блок головки и источники гидравлического и электрического питания) смонтирована в передней части ракеты.

В электронный блок входят счетно-решающий прибор и автопилот. Электронная часть блока изготовлена с применением печатных плат.

Боевая часть ЗУР может быть осколочной с обычным взрывчатым веществом или ядерной.

Осколочная боевая часть кругового действия, весит 50 кгс. Ее основой служит пустотелый корпус, склеенный из двух полусфер, изготовленных из полиэфирного пластика. Поверхность корпуса обматывается стеклолентой, к которой приклеиваются готовые поражающие осколки кубической формы. Корпус заполняется взрывчатым веществом, инициирование которого обеспечивается при срабатывании ударного или неконтактного взрывательного устройства.

РДТТ ракеты «Хок» однокамерный, двухрежимный. Он разгоняет ЗУР до скорости 850 м/сек. Топливо стартового режима размещено в канале шашки маршевого топлива. Горение его происходит последовательно изнутри.

Хранится и транспортируется ракета «Хок» в контейнере из алюминиевого сплава (вес 270 кгс). Крылья, рули, воспламенители боевой части и двигателя размещаются в этом же контейнере отдельно от ЗУР.

Начиная с 1964 г. ракета «Хок» прошла ряд модернизаций, благодаря чему была увеличена скорость полета до 950 м/сек (за счет нового топлива РДТТ), повышен вес боевой части, срок хранения ракеты доведен до 10 лет. Внешняя форма и габариты ракеты при этом остались почти без изменения.

Минимальным самостоятельным подразделением комплексов «Хок» является батарея, которая состоит из двух огневых групп (огневых секций). Известны три разновидности батареи «Хок»: для сухопутных войск, для морской пехоты и для объектов территории страны.

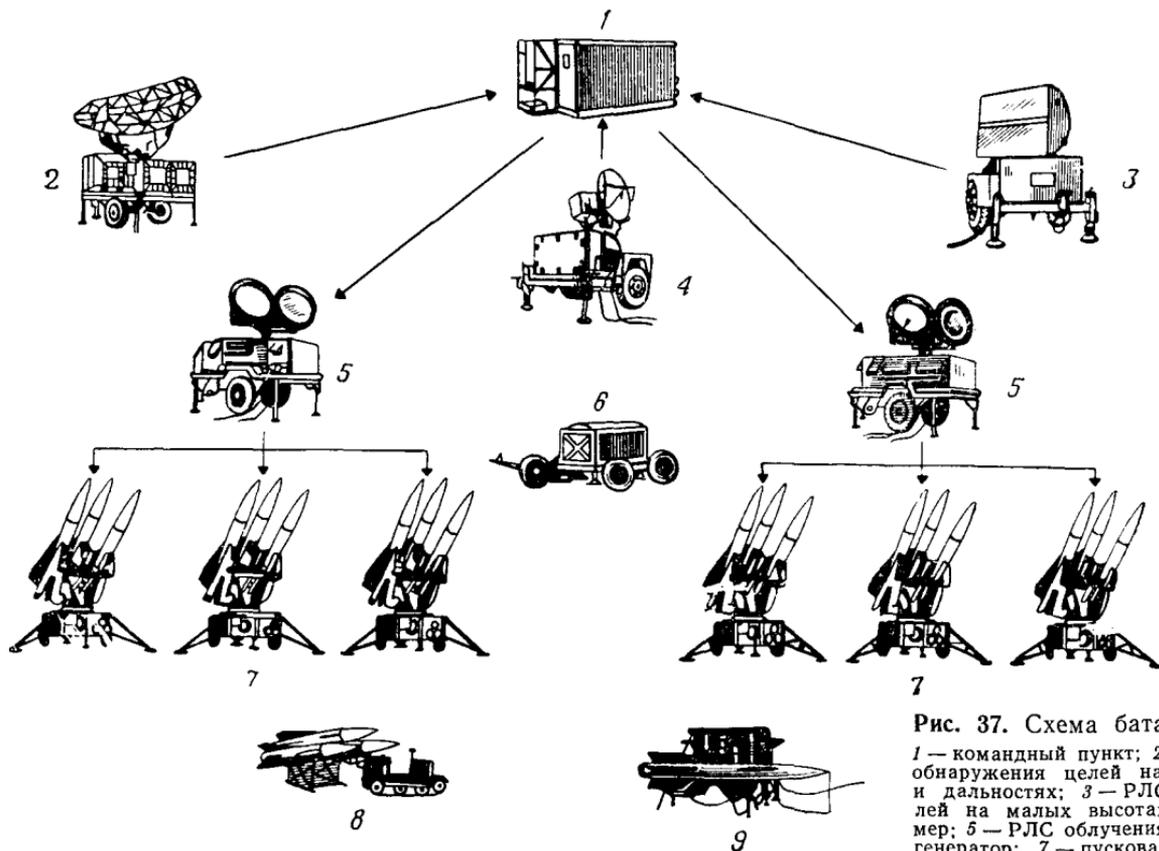


Рис. 37. Схема батареи ЗРК «Хок»:

1 — командный пункт; 2 — импульсная РЛС обнаружения целей на больших высотах и дальностях; 3 — РЛС обнаружения целей на малых высотах; 4 — радиодальномер; 5 — РЛС облучения цели; 6 — электрогенератор; 7 — пусковая установка с ракетами; 8 — платформа с ложементом и ТМЗ; 9 — испытательный стенд

Батарея для сухопутных войск (полевая батарея) включает (рис. 37) одну РЛС обнаружения целей на больших высотах и дальностях, одну РЛС обнаружения целей на малых высотах, командный пункт, две РЛС облучения целей, шесть буксируемых пусковых установок (по три на каждую РЛС облучения), три транспортно-заряжающие машины и другие технические средства. В батарею могут также входить радиодальномер и мощная РЛС облучения целей.

На марше полевая батарея состоит из 23 машин и имеет боекомплект из 36 ракет.

Авиатранспортировку полевой батареи на малые расстояния производят 36 вертолетов типа «Н-37» (РЛС обнаружения целей на больших высотах и дальностях может разбираться на части), на большие расстояния — 21 самолет типа «Дуглас С-124» или 29 самолетов типа «Локхид С-130».

Четыре полевые батареи ЗРК «Хок» могут объединяться в полевой дивизион. Имеется вариант полевого дивизиона с самоходными пусковыми установками, состоящего из трех полевых батарей. В каждую батарею входят три огневые группы, что увеличивает общее количество огневых групп в дивизионе с 8 до 9.

Батарея ЗРК «Хок» для морской пехоты не включает громоздких боевых средств — РЛС обнаружения целей на больших высотах и дальностях, а также командный пункт (заменен пультом управления огнем). В ее состав входят: одна РЛС обнаружения целей на малых высотах; пульт управления огнем; одна РЛС облучения цели и три буксируемые пусковые установки с ЗУР.

Батарея ЗРК «Хок» для ПСО объектов территории страны располагается на стационарной огневой позиции площадью 16 га. В нее входят 12 пусковых установок, размещенных в полусферических укрытиях.

Общая схема взаимодействия боевых средств полевой батареи ЗРК «Хок» с буксируемыми или самоходными пусковыми установками следующая.

Данные о целях, определяемые при круговом обзоре с помощью обеих РЛС обнаружения, поступают на экран индикатора кругового обзора командного пункта. Командир и его помощник производят опознавание всех целей, выбирают две из них для обстрела и распределяют между двумя огневыми группами. Характеристики по-

лета цели поступают при этом на индикатор пульта управления огнем. Оператор пульта наводит на эту цель РЛС облучения цели — передает целеуказание. После обнаружения цели РЛС переходит на ее автосопровождение, обеспечивая возможность работы средств управления ЗУР. Данные о цели передаются от РЛС облучения на пульт управления огнем командного пункта, где оператор выбирает ракету (ракеты) для обстрела цели. Когда цель окажется в зоне пуска, оператор производит пуск одиночной ЗУР или залп.

Для ПСО больших районов на вооружении ВВС США и Канады состоит наземный стационарный комплекс «Бомарк».

Особенностью построения подразделений комплекса (баз) является то, что система обнаружения и целеуказания, а также средства управления ракетами обслуживают несколько пусковых установок, размещенных на значительном удалении друг от друга.

Контракт на разработку комплекса ВВС США заключили с американской фирмой «Боинг» в 1951 г.

Разработка ЗРК сопровождалась спорами между американскими специалистами об оптимальной структуре ПСО территорий США и Канады. Специалисты ВВС считали, что эта оборона должна строиться на основе комплексов с дальностью перехвата около 400 км и более, обеспечивающих тем самым прикрытие значительных районов, зон. Специалисты армии отстаивали концепцию «точечной», объектовой ПСО, которая предусматривает применение ЗРК со средней дальностью действия, располагаемых вокруг отдельных обороняемых объектов.

Проведенные в США военно-экономические исследования показали преимущества точки зрения специалистов ВВС: стоимость таких комплексов примерно в два раза ниже; они требуют обслуживающего персонала почти в семь раз меньше; занимают боевыми средствами площадь почти в 2,5 раза меньше. Однако из соображений обеспечения «обороны в глубину» военное командование США одобрило обе концепции.

Отличительной особенностью ЗРК «Бомарк» является то, что он не имеет в своем составе системы обнаружения и целеуказания, а также значительной части средств управления ЗУР. Функции этих средств и систе-

мы выполняет единая полуавтоматическая система управления ПСО территорий США и Канады «Сейдж», которая одновременно управляет боевыми действиями истребителей-перехватчиков ПСО и других ЗРК.

При таком построении ЗРК «Бомарк» практически требовалось лишь разработать ракету, взаимодействующую с системой «Сейдж», и пусковую установку для нее.

Известны две модификации ЗУР «Бомарк» — А и В, принятые на вооружение ПСО территорий США и Канады в 1961 г. Отличаются они максимальными боевыми дальностью и высотой полета (что достигнуто в основном за счет мощности маршевого двигателя), типом стартового ускорителя и видом излучения активной радиолокационной головки самонаведения. Боевые максимальные дальности их полета составляют 420 и 700 км, а высоты 21 и 30,5 км соответственно. Переход в головке самонаведения с импульсного излучения (вариант А) к непрерывному (модификация В) повысил возможности ЗУР по перехвату низколетящих целей.

Команды для наведения ЗУР «Бомарк» вырабатываются цифровой электронной вычислительной машиной центра наведения сектора ПСО системы «Сейдж» и передаются по подземным кабелям на станции передачи радиокоманд, откуда поступают на борт ракеты. В эту ЭВМ вводятся данные о целях, получаемые от многочисленных РЛС обнаружения и опознавания системы «Сейдж».

Пусковая установка для ЗУР обеих модификаций единая. Она является стационарной, рассчитана на одну ракету и обеспечивает ее вертикальный запуск. Построенные рядом 30—60 пусковых установок составляют базу ЗУР (стартовую площадку). Каждая такая база соединяется подземными кабелями с соответствующим центром системы «Сейдж», находящимся от нее на удалении от 80 до 480 км. Средняя стоимость базы ЗУР оценивается в 11 млн. долларов.

База ЗУР состоит из цеха сборки и ремонта, собственно пусковых установок и компрессорной станции.

В цехе сборки и ремонта производится сборка ракет, поступающих на базу в разобранном виде: части ЗУР помещены в отдельных контейнерах многоразового поль-

зования. В этом же цехе выполняется необходимый ремонт ЗУР.

Существует несколько типов пусковых установок (ангаров) для ЗУР «Бомарк»: со сдвигаемой крышей, с раздвижными стенками и др. В первом варианте блочное железобетонное укрытие (длина 18,3, ширина 12,8, высота 3,9 м) для пусковой установки состоит из двух частей: пускового отсека, в котором смонтирована собственно пусковая установка, и отсека с рядом комнат, где размещены контрольные приборы и аппаратура управления пуском ЗУР. Для приведения пусковой установки в боевое положение гидроприводами, работающими от компрессорной станции, раздвигаются створки крыши (два щита толщиной 0,56 м и весом 15 тс каждый). Ракета поднимается стрелой из горизонтального в вертикальное положение. На эти операции, а также на включение бортаппаратуры ЗУР затрачивается до 2 мин.

Контрольная аппаратура производит проверки готовности ракеты, выделенной на дежурство, к пуску.

Зенитная управляемая ракета «Бомарк» модификаций А и В сверхзвуковая (максимальные скорости полета 850 и около 1300 м/сек соответственно) и имеет самолетную схему. На максимальные дальности и высоту она летит при работающих двух маршевых ПВРД на жидком топливе (активный полет). В качестве стартового ускорителя в ракете А использован ЖРД, а в ракете В — РДТТ.

По внешнему виду модификации ракет А и В (рис. 38) мало отличаются друг от друга. Их стартовый вес составляет 6860 и 7270 кгс; длина 14,3 и 13,7 м соответственно. Они имеют одинаковые диаметры корпусов (0,89 м), размахи крыльев (5,54 м) и стабилизаторов (3,2 м).

Головной радиопрозрачный обтекатель корпуса ЗУР, изготовленный из стеклотекстолита, прикрывает головку самонаведения. Цилиндрическую часть корпуса в основном занимает стальной несущий бак для жидкого топлива ПВРД.

Поворотные крылья имеют стреловидность передней кромки 50°. Они не поворачиваются целиком, как обычно у ЗУР, а имеют на концах треугольные элероны (консоль каждого около 1 м), которые и обеспечивают управление полетом по курсу, тангажу и крену.

В качестве активной радиолокационной головки самонаведения для ракет использованы модернизированные самолетные РЛС перехвата и прицеливания. У ракеты А головка импульсная, работающая в трехсантиметровом диапазоне радиоволн. Ракета В имеет головку с непрерывным излучением, использующую принцип селекции движущейся цели по доплеровской скорости.

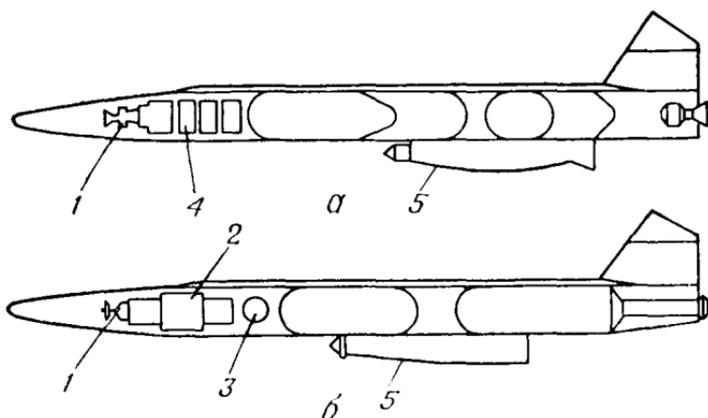


Рис. 38. Компоновочная схема ЗУР «Бомарк А» (а) и «Бомарк В» (б):

1 — головка самонаведения; 2 — электронная аппаратура; 3 — боевой отсек; 4 — боевой отсек, электронная аппаратура, электробатарея; 5 — ПВРД

Это позволяет наводить ЗУР на низколетящие цели, цели — постановщики активных помех и на цели в условиях пассивных помех. Дальность действия головки самонаведения 20 км.

Боевая часть (вес около 150 кгс) может быть обычной или ядерной. Тритиловый эквивалент ядерной боевой части 0,1—0,5 Мгт, что, как считают, обеспечивает уничтожение самолета при промахе до 800 м. Подрыв боевой части у цели производится либо радиолокационным неконтактным взрывательным устройством (ракета А), либо по команде от головки самонаведения (ракета В).

Для электропитания бортовой аппаратуры ЗУР применяются серебряно-цинковые аккумуляторы.

Стартовым ускорителем для ракеты А служит ЖРД, работающий на керосине с добавкой несимметричного диметилгидразина и азотной кислоте (окислитель). Этот

двигатель работает 45 сек, разгоняя ракету до скорости, при которой включается ПВРД на высоте около 10 км.

В ракете В стартовым ускорителем является РДТТ, корпус которого отделяется после выгорания топлива. Считают, что применение стартового РДТТ вместо ЖРД позволило сократить время разгона ЗУР, упростило эксплуатацию и повысило надежность ракеты.

В обеих модификациях ЗУР в качестве маршевых двигателей применены по два ПВРД на жидком топливе, укрепленные на пилонах под корпусом ЗУР. В ракете А диаметр каждого из этих двигателей 0,75, а длина 4,4 м. Горючим служит бензин с октановым числом 80.

ПВРД ракеты наиболее эффективны на крейсерской высоте полета. Для ракеты А она составляет 18,3 км, а для ракеты В — 20 км.

Управляемая траектория полета ЗУР «Бомарк» к цели разделяется на три участка (рис. 39).

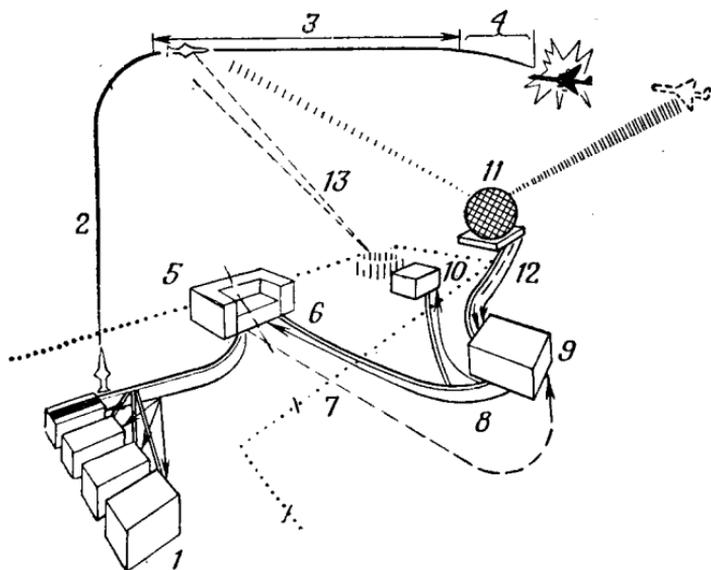


Рис. 39. Схема действия ЗРК «Бомарк» по командам системы «Сейдж»:

1 — пусковые установки (ангары); 2 — стартовый участок траектории; 3 — маршевый участок траектории; 4 — конечный участок траектории; 5 — командный пункт дивизиона перехватчиков; 6 — линии передачи данных; 7 — донесения о состоянии боевых средств; 8 — предпусковые команды; 9 — оперативный центр системы «Сейдж»; 10 — станция передачи команд на борт ЗУР; 11 — РЛС дальнего обнаружения сектора ПВО; 12 — радиолокационная информация о цели и ЗУР; 13 — команды наведения

Первый, вертикальный, — участок набора высоты. В ракете А до достижения сверхзвуковой скорости полета производится программное газодинамическое управление за счет поворотов на кардане стартового ЖРД, а по достижении этой скорости — аэродинамическое управление элеронами. У ракеты В из-за более интенсивного разгона стартовым РДТТ эффективное аэродинамическое управление становится возможным гораздо раньше. Вертикально ЗУР летит до высоты крейсерского полета, затем разворачивается на цель. К этому времени РЛС сопровождения обнаруживает ее и переходит на автосопровождение, используя бортовой радиоответчик.

Второй, горизонтальный, — участок маршевого полета на крейсерской высоте в район цели. Команды теленаведения на этом участке поступают от станции передачи радиоконанд системы «Сейдж». В зависимости от маневров обстреливаемой цели вид траектории полета ЗУР на этом участке может изменяться.

Третий участок — участок непосредственной атаки цели, когда по радиоконандам с земли активная радиолокационная головка самонаведения ЗУР производит поиск цели. После «захвата» головкой цели связь с наземными средствами теленаведения прекращается, и ракета летит, наводясь автономно.

В Англии до 1956 г. не было на вооружении ЗРК собственного производства.

Первым в Англии был наземный комплекс «Тандерберд» (состоит на вооружении с 1965 г.), предназначенный для ПСО наземных объектов и войск.

Комплекс выполнен в подвижном и стационарном вариантах, имеет две модификации: Мк. 1 и Мк. 2.

Наименьшим боевым подразделением подвижного варианта является батарея, в которую входят: одна система обнаружения и целеуказания (РЛС обнаружения, средства опознавания целей, пост управления батареей, средства связи), один комплект средств управления ЗУР (РЛС облучения цели, пост управления пуском ЗУР), четыре (иногда восемь) пусковые установки, ракеты и генераторы для электропитания (рис. 40).

РЛС обнаружения работает в режиме кругового обзора. Средства опознавания опознают самолеты по принципу «свой — чужой».

Координацию боевой работы батареи обеспечивает пост управления. В кабине поста размещаются индикаторы, на которых отображаются воздушная обстановка и результаты опознавания целей.

Операторы поста управления батареи определяют наиболее опасную цель и передают целеуказание средствам управления ракетой путем наведения на цель антенны РЛС облучения цели.

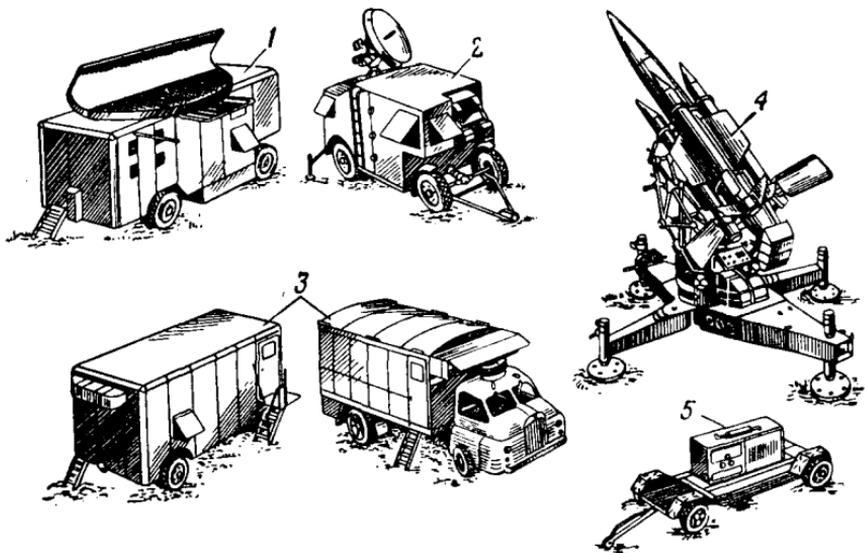


Рис. 40. Боевые средства ЗРК «Тандерберд» Mk.1:

1 — РЛС обнаружения целей; 2 — РЛС облучения цели; 3 — пост управления пуском ЗУР; 4 — ЗУР на подвижной буксируемой пусковой установке; 5 — генератор

Пост является средством управления пуском ракеты и обеспечивает с помощью счетно-решающего прибора наведение пусковых установок, расчет времени пуска ракеты, выбор ракет для пуска и их пуск.

Для этого он имеет индикаторы и пульты управления пуском. В подвижном варианте модификации Mk. 1 пост размещается на трехтонном грузовике и двухосном колесном прицепе, в стационарном варианте — в железобетонном укрытии.

Средства системы обнаружения и целеуказания размещаются на колесных двухосных прицепах.

РЛС облучения цели, работающая в комплексе Mk. 1 в режиме импульсного излучения радиоволн, обеспечи-

вает действие полуактивной радиолокационной головки самонаведения ракеты. Кроме того, эта РЛС выдает информацию о параметрах полета цели, подлежащей обстрелу, посту управления пуском ракет.

Ракета «Тандерберд» Mk. 1 — сверхзвуковая, двухступенчатая, имеет четыре отделяющихся корпуса стартовых РДТТ (с боковым расположением) и маршевую ступень, снабженную однорежимным однокамерным маршевым РДТТ.

Боевая часть обычная, подрываемая у цели радиозрывателем.

Пусковая установка существует в двух вариантах — стационарном и подвижном буксируемом. В стационарном варианте она устанавливается на подготовленной бетонированной площадке, в подвижном — снимается для стрельбы с колесных ходов и размещается на грунте на домкратах.

Установка рассчитана на одну ракету, имеет направляющую «нулевой» длины и постоянный угол возвышения, равный 50°. Зарядание пусковой установки, занимающее 2—3 мин, механизированное, производится с помощью крана транспортно-заряжающей машины.

Модификация комплекса Mk. 2 имеет усовершенствованную ЗУР меньшего веса и большей дальности стрельбы за счет применения более мощных двигателей и РЛС облучения цели непрерывного излучения.

Полк ЗРК включает две батареи по шесть пусковых установок. Он входит в состав бригады зенитной артиллерии (в бригаде имеются еще три полка легкой зенитной артиллерии), которая придается корпусу.

Части ЗРК «Тандерберд» выполняют примерно те же задачи, что и ЗРК «Хок». Кроме того, полк ЗРК «Тандерберд» прикрывает наиболее важные объекты корпуса (основной командный пункт, часть резерва корпуса или один из ракетно-гаубичных полков дивизий первого эшелона), осуществляя зональную ПСО.

Другим известным английским ЗРК является «Блэдхаунд». Он состоит на вооружении ПСО территории Великобритании с 1957 г. Принят на вооружение также в Австралии, Швеции и Швейцарии.

Имеются две модификации этого комплекса: Mk. 1 и более поздняя — Mk. 2. Они отличаются в основном мощностью двигателей ЗУР (у комплекса Mk. 2 это позво-

лило увеличить максимальные боевые дальность с 110 до 185 км и высоту с 20 до 23 км), мощностью действия боевой части и видом излучения для полуактивного радиолокационного самонаведения (вместо импульсного в Мк.2 применено непрерывное, что позволило снизить нижнюю границу зоны поражения до 50 м).

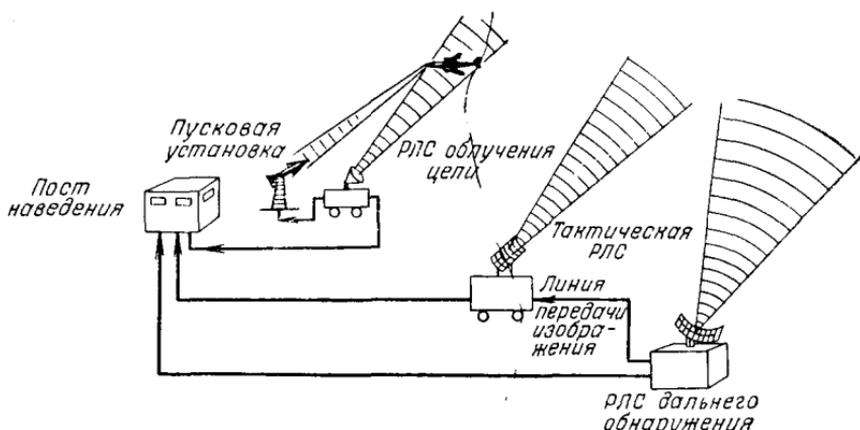


Рис. 41. Боевые средства ЗРК «Бладхаунд» и схема их взаимодействия

ЗРК обеих модификаций наземные, противосамолетные, всепогодные, автоматические. Они выполнены в стационарном и буксируемом вариантах.

Стоимость разработки ЗРК «Бладхаунд» Мк. 1 составила 126 млн. долларов.

Боевые средства комплекса «Бладхаунд» Мк. 1 и схема их взаимодействия приведены на рис. 41.

Система обнаружения и целеуказания включает: РЛС обнаружения целей (называемую также тактической РЛС), командный пункт с центрами боевого управления (может выдавать целеуказание на два комплекта средств управления ЗУР) и кабельные средства связи.

РЛС обнаружения (ширина антенны около 15 м) при автономной работе производит круговой обзор пространства. При целеуказании от более мощной РЛС дальнего обнаружения, не входящей в состав ЗРК, она переходит на секторный поиск. РЛС обнаружения позволяет получить отображение воздушной обстановки на экранах индикаторов командного пункта (поста наведе-

дения), что дает возможность операторам выбрать цели для обстрела, передав по кабельным линиям связи целеуказание на средства управления ЗУР.

Средства управления ЗУР включают: РЛС облучения цели, счетно-решающий прибор, головку самонаведения ракеты и кабельную связь.

В модификации комплекса Мк. 1 эта РЛС («Стринг Рэй») работает при импульсном излучении, а в Мк. 2 («Файр-Лайт») — при непрерывном. Обе РЛС, как и РЛС обнаружения, имеются в подвижном и стационарном вариантах.

Счетно-решающий прибор по данным РЛС обнаружения и облучения вычисляет азимут, высоту и скорость полета цели, вырабатывая по этим параметрам азимут разворота пусковой установки. Команды разворота подаются по кабелям на пусковую установку (один счетно-решающий прибор может выработать команды для восьми пусковых установок), которая автоматически разворачивается сервомоторами.

Пусковая установка выполнена в стационарном и буксируемом вариантах. Общее для этих вариантов: ЗУР запускается при постоянном угле возвышения, равном  $45^\circ$ ; каждая пусковая установка рассчитана на одну ракету и имеет открытую направляющую «нулевой» длины; зарядание механизированное (для производства его направляющей придается горизонтальное положение).

На огневой позиции основание стационарной пусковой установки крепится болтами к бетонной плите. У подвижной — отделяются колеса двухосного хода, а основание горизонтируется домкратами. Транспортировка ЗУР на подвижной пусковой установке не предусмотрена.

Гидравлическое, электрическое и пневматическое питание пусковая установка и аппаратура ракеты, скрепленной с ней до запуска разъемом, получают от раздаточной установки, которая располагается на огневой позиции.

Зенитная управляемая ракета «Бладхаунд» (рис. 42) также известна в модификациях Мк. 1 и Мк. 2. Последняя на 1,2 м длиннее и имеет более заостренный носовой обтекатель.

Обе ЗУР сверхзвуковые, двухступенчатые. Они имеют по два маршевых ПВРД, работающих в течение все-

го времени боевого полета, и по четыре стартовых РДТТ бокового расположения с отделяющимися в полете корпусами. Для ЗУР характерна самолетная схема маршевой ступени при аэродинамической схеме «поворотное крыло» (консоли крыльев и стабилизаторов расположены в совпадающих плоскостях).

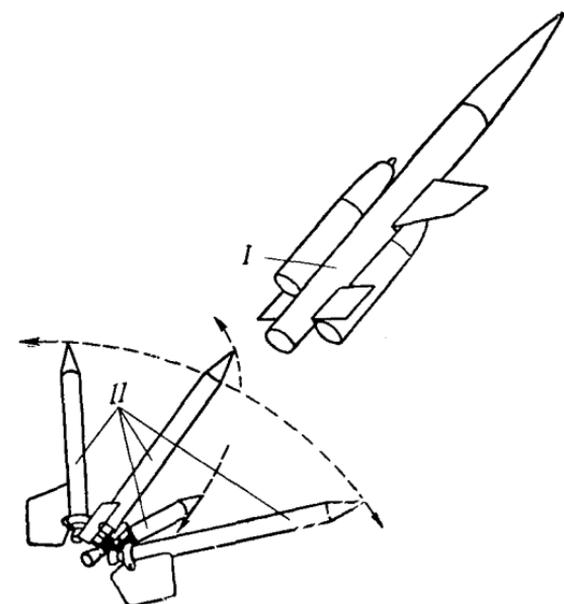


Рис. 42. ЗУР «Бладхаунд» Mk.1 в полете:  
I — маршевая ступень; II — блок корпусов ускорителей после отделения от маршевой ступени

Стартовый вес ракеты Mk.1 — 2000 кгс, длина — 7,7 м (ракеты Mk.2 — 8,46 м). Диаметр корпуса маршевой ступени обеих модификаций 0,53 м; размах поворотных крыльев 2,82 м. Размах стабилизаторов маршевой ступени ракеты Mk.1 — 1,42 м. Длина маршевых ступеней 6,8 и 7,7 м у Mk.1 и Mk.2 соответственно. Вес маршевой ступени модификации Mk.1 — 1130 кгс.

Маршевые ступени ракет состоят из центрального тела с аэродинамическими поверхностями и двух маршевых ПВРД, закрепленных на пилонах под этим телом и над ним.

Корпус центрального тела имеет радиопрозрачный обтекатель оживальной формы и цилиндрическую часть,

где размещается бортаппаратура: полуактивная радиолокационная головка самонаведения, обычная боевая часть с неконтактным взрывательным устройством, мягкий бак для горючего (керосина) маршевых двигателей и гидравлический аккумулятор давления.

Корпус снабжен шпангоутами и лонжеронами из магниевого сплава, к которым крепится бортаппаратура ЗУР (некоторые элементы на амортизаторах), а также обшивка из легкого сплава.

Электронное оборудование ЗУР блочного типа, с широким применением печатных схем.

Четыре стартовых РДТТ бокового расположения могут поворачиваться на шарнирах заднего кольца, объединяющего их в единый блок. Кольцо может перемещаться назад вдоль тела маршевой ступени ЗУР. Это устройство служит для одновременного отделения корпусов ускорителей после выгорания их топлива.

Каждый ускоритель имеет цилиндрический корпус длиной 3 м, сваренный из листовой стали. Сопло его отвернуто от оси ЗУР. Передняя часть корпуса снабжена носовым конусом, способствующим отведению его от маршевой ступени под действием набегающего потока воздуха.

После воспламенения электрозапалами топлива стартовые РДТТ в течение 4 сек разгоняют ракету Mk. 1 до скорости 450 м/сек. После этого блок корпусов ускорителей отделяется и падает на землю, а маршевая ступень ЗУР продолжает полет под действием тяги маршевых ПВРД, которые включаются по достижении сверхзвуковой скорости.

Для устойчивости ракеты в начале полета на корпусе каждого ускорителя закреплено по стабилизатору большого размаха.

После анализа нескольких схем размещения, и в частности схемы установки одного ПВРД в корпусе маршевой ступени с лобовым или боковым воздухозаборником, было решено расположить два маршевых ПВРД на пилонах. Все другие схемы были отклонены из-за опасений сильных вибраций бортаппаратуры и сложности расположения аппаратуры и топлива.

Маршевые ПВРД обеих модификаций ЗУР многорежимные, с регулировкой тяги по величине. Работают они на керосине. Длина каждого ПВРД: у Mk. 1 — 2,54 м,

у Мк. 2 — 2,528 м; диаметр 0,406 м и 0,457 м; тяга при скорости  $M=3$  на уровне 6800 кгс и 9000 кгс соответственно.

Подача керосина к двигателям производится топливным насосом, который работает от воздушной турбины, вращаемой набегающим потоком воздуха. Отработанный воздух используется для охлаждения аппаратуры ЗУР и сопел ее ПВРД.

После насоса керосин проходит фильтры, автоматическое устройство регулирования его подачи и поступает в двенадцать форсунок.

Регулировка подачи керосина производится в соответствии с показаниями датчика скоростного напора. До скорости  $M=3$  расход керосина не регулируется и является максимальным (5,7 кгс/сек у ракеты Мк. 1). По достижении этой скорости включается регулирующая автоматика, которая поддерживает крейсерскую скорость полета  $M=2,5$ .

Ракеты «Бладхаунд» доставляются на техническую позицию в разобранном виде, здесь они поблочно проверяются подвижным контрольно-измерительным оборудованием и в основном собираются. После этого ЗУР грузится на транспортно-заряжающую машину (на которой производится заправка бака керосином, установка боевой части и стартовых ускорителей), перевозится к пусковой установке и устанавливается на ее направляющую.

На пусковой установке ракета периодически проверяется. При обнаружении неисправностей ее возвращают на техническую позицию для детальной поагрегатной проверки по принципу «работает — не работает». Неисправные блоки заменяются новыми.

Наименьшим подразделением комплексов «Бладхаунд» является батарея, которая включает: одну систему обнаружения и целеуказания; два комплекта средств управления ЗУР; шестнадцать пусковых установок (по восемь на каждую РЛС облучения) и запас ракет. Благодаря двум РЛС облучения батарея может одновременно обстреливать две цели.

Основные характеристики рассмотренных ЗРК ПСО страны приведены в приложении 1, а характеристики ЗУР и пусковых установок — в приложении 2.

## § 2. ВОЙСКОВЫЕ ЗЕНИТНЫЕ РАКЕТНЫЕ КОМПЛЕКСЫ

Оценивая ПСО войск, иностранные военные специалисты отмечают тенденцию все большего внедрения в войска зенитных ракетных комплексов.

Однако они считают, что еще не удалось создать эффективные войсковые ЗРК, которые, будучи подвижными, могли бы вести бой с любыми атакующими воздушными целями, хотя многие связанные с этим технические проблемы уже решены.

В армии США, например, система ПСО войск строится на комплексах «Найк-Геркулес», «Хок», «Чапарэл» и «Редай», а также на зенитных пушках «Вулкан». Во Франции подобные задачи возложены на ЗРК «Роланд» и «Кроталь», в Англии — на ЗРК «Рапира», в Италии — на ЗРК «Индиго».

После нескольких лет эксплуатации в войсках комплексов «Хок» специалисты США пришли к выводу, что необходим более дешевый и высокоподвижный ЗРК с уменьшенным временем «реакции» и увеличенным темпом огня.

Исходя из этих соображений был заказан ЗРК «Маулер». В его задачу входило уничтожать управляемые и неуправляемые ракеты, самолеты и вертолеты на высотах до 12 км.

Все боевые средства этого комплекса устанавливались на 11-тонном бронированном вездеходе.

Состоящая из 12 направляющих пусковая установка размещалась на верхней площадке вездехода.

Однако ЗРК «Маулер» не дал ожидаемых результатов, поэтому в первой половине 60-х годов приступили к разработке комплекса «Чапарэл», предназначенного для борьбы с дозвуковой и сверхзвуковой авиацией (в основном на догонных курсах) на дальностях от 2 до 4—9 км и высотах от 0,15 до 1,5 км. ЗРК является всепогодным, автоматическим, самоходным. Его ЗУР наводится на цель пассивной инфракрасной головкой самонаведения.

Для ускорения разработки в качестве ЗУР для комплекса была принята модификация состоящей на вооружении ВВС США ракеты класса «воздух — воздух» «Сайдвиндер 1С».

Боевые средства ЗРК «Чапарэл» монтируются на двух самоходах: система обнаружения и целеуказания — на 2,5-т шасси армейской колесной машины высокой проходимости; средства управления ЗУР и пусковая установка — на гусеничном самоходе.

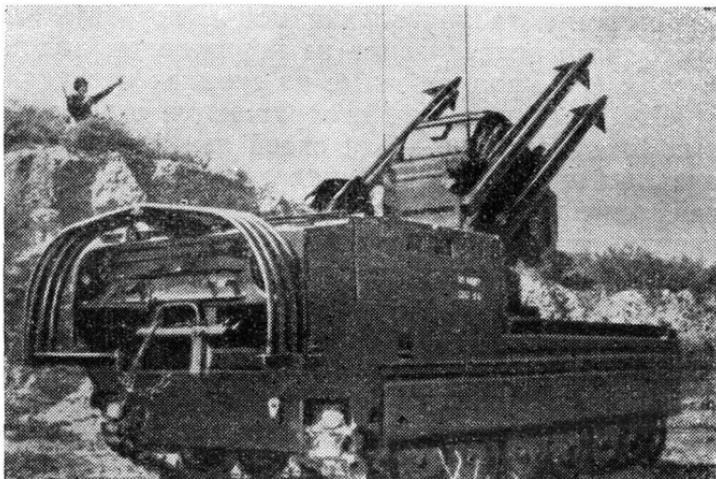


Рис. 43. Средства управления ЗУР и пусковая установка ЗРК «Чапарэл»

В качестве системы обнаружения и целеуказания для комплекса «Чапарэл» используется система ФААР, которая находится в серийном производстве и применяется также для целеуказания подразделениям ЗРК «Найк-Геркулес», «Хок» и «Редай».

Система ФААР включает (рис. 44): РЛС обнаружения целей, средства опознавания и селекции движущихся целей, пульт управления (целеуказания), источники питания и связанное оборудование.

Импульсно-доплеровская РЛС обнаружения работает в диапазоне 390—1550 Мгц, производя круговой обзор пространства. Она может располагаться в нескольких километрах от самоходов со средствами управления ЗУР. Примерная стоимость РЛС 75 тыс. долларов.

Пульт управления (целеуказания) служит для анализа воздушной обстановки и передачи целеуказания. Он может выноситься от РЛС на расстояние до 50 м.

Его основой является экран индикатора кругового обзора с нанесенной на нем матрицей из 49 (7×7) квадратов, соответствующих определенным секторам наблюдения. Информация об обнаруженных целях и о результатах их опознавания автоматически поступает на экран пульта от РЛС обнаружения.

Оператор пульта управления может передать по радиолинии связи целеуказание на портативные индикаторы (вес 5,8 кгс), размещенные на огневых позициях батарей ЗРК. Цели при этом отображаются в виде разноцветных точек (зеленые — для своей авиации, красные — для авиации противника). Индикаторы снабжены также звуковой сигнализацией, которая срабатывает при поступлении новой информации о воздушной обстановке.

В зарубежной печати сообщалось о разработке для подразделений ЗРК «Чапарэл» специальной системы обнаружения и целеуказания с РЛС обнаружения, которую планировали смонтировать на 3/4-т автомобиле.

Средства управления ЗУР комплекса «Чапарэл», как и его пусковая установка, размещены на гусеничном самоходе (таком же, как самоходная пусковая установка ЗРК «Хок»), внутри которого хранятся четыре ракеты (рис. 43). Стоимость этого самохода без ракет 55 тыс. долларов. Расчет — пять человек. Время перехода в боевое положение — несколько минут.

Средства управления ЗУР включают: оптическое устройство слежения за целью, инфракрасную пассивную головку самонаведения ракеты и пульт управления пуском ЗУР.

Оптическое устройство слежения за целью позволяет оператору производить по целеуказанию поиск и сопровождение цели при ручном управлении. Синхронно с осью оптического устройства автоматически поворачиваются и направляющие пусковой установки. Оператор защищен от струи газов двигателя стартующих ракет прозрачным обтекателем.

Головка (головки) самонаведения ЗУР таким способом ориентируется на цель и производит ее «захват». Получив сигнал о надежном «захвате» цели головкой и убедившись в том, что цель находится в зоне пуска, оператор пульта управления пуском производит пуск ЗУР, которая наводит на цель по методу пропорционального сближения.

Если по каким-либо причинам целеуказание на самоход со средствами управления ЗУР «Чапарэл» не поступает, то обнаружение, опознавание и выбор для обстрела цели оператор самохода производит визуально.

Пусковая установка ЗРК «Чапарэл», являющаяся модификацией пулеметного станка, рассчитана на четыре ЗУР. Она обеспечивает пуски ракет с открытых направляющих «конечной» длины при переменных углах. Заряжается пусковая установка вручную в течение 4 мин.

ЗУР «Чапарэл» сверхзвуковая (максимальная скорость полета 850 м/сек), одноступенчатая, построена по аэродинамической схеме «утка». Снабжена РДТТ (топливо на основе нитропластизола).

Стартовый вес ракеты 83,9 кгс, длина 2,91 м, диаметр корпуса 0,127 м, размах рулей 0,3 м, размах стабилизаторов 0,64 м, стоимость 12 тыс. долларов.

ЗУР снабжена осколочно-фугасной боевой частью с ударным и инфракрасным неконтактным (срабатывает при промахе до 10 м) взрывательными устройствами.

Боевое использование ЗРК «Чапарэл» намечено в составе смешанных ракетно-артиллерийских дивизионов «Чапарэл» — «Вулкан», сформированных в США в 1968 г.

Такой смешанный дивизион включает: командование, штабную батарею, две батареи ЗРК «Чапарэл» и две батареи 20-мм пушек «Вулкан».

В составе штабной батареи имеется радиолокационный взвод, обслуживающий систему ФААР.

Батарея комплексов «Чапарэл» состоит из четырех взводов, каждый из которых имеет по четыре самохода со средствами управления ЗУР и пусковыми установками.

Всего в смешанном дивизионе 32 самохода ЗРК «Чапарэл», 32 пушки «Вулкан», а также 125 колесных и гусеничных машин. Личный состав дивизиона 393 человека.

Дивизион занимает огневые позиции побатарейно или повзводно, прикрывая объекты на площадях до 25 или 100 км<sup>2</sup> соответственно.

В ходе продолжающейся модернизации ЗРК «Чапарэл» рассматриваются:

— монтаж средств управления ЗУР и пусковой установки не на самоходе, а на прицепе;

— применение вместо пассивного самонаведения полуактивного самонаведения с облучением цели лучом наземного лазера. Считают, что это позволит обстреливать цели и на встречных курсах.

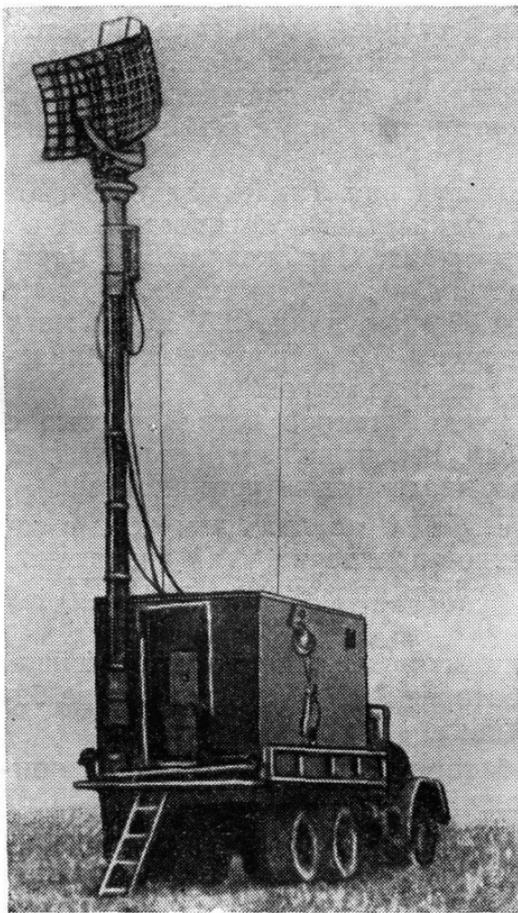


Рис. 44. Система обнаружения ФААР

Продолжая работы по созданию войсковых средств ПВО, в США с 1963 г. разрабатывается универсальный, всепогодный, автоматический комплекс SAM-Д, предназначенный в основном для борьбы с аэродинамическими целями, имеющими высокие летно-технические характеристики, а также с тактическими и оперативно-тактическими ракетами класса «земля — земля».

В перспективе этим ЗРК планируют заменить комплексы «Найк-Геркулес» и «Хок». Кроме того, намечают его использование для

ПРО некоторых объектов территории США, а отдельные боевые средства комплекса — для полной или частичной замены корабельных ЗРК «Тэлос» и «Стандарт».

В 1971 г. в зарубежной печати отмечалось, что разработка комплекса SAM-Д идет с опозданием на 5 лет, а сроком ее окончания назывался 1972 г. На поточное

производство ЗРК предполагали поставить в 1975 г., считая поэтому его оружием 80-х годов.

Общие расходы на разработку комплекса оценивались в 400 млн. долларов, а к моменту перехода на точное производство составят, как считают зарубежные специалисты, 600 млн. долларов.

В ходе разработки в комплекс вносились различные изменения, к основным из которых (реализованных в 1970 г.) относят: применение в РЛС антенны с фазированной решеткой, замену кабельной связи радиосвязью, введение более быстродействующих вычислительных машин, упрощение обслуживания и др.

В течение 1969—71 гг. был произведен ряд полигонных испытаний боевых средств комплекса, в том числе с пусками ЗУР.

Боевые средства комплекса SAM-Д монтируются на самоходных гусеничных базах высокой проходимости (рис. 45), на каждой из которых размещается группа элементов боевых средств ЗРК.

На одной базе смонтирована РЛС обнаружения целей и наведения ЗУР, а также счетно-решающий прибор, составляющие группу управления огнем. На второй базе — пусковая установка с ЗУР, счетно-решающий прибор и аппаратура пуска ракеты, составляющая группу пусковой установки.

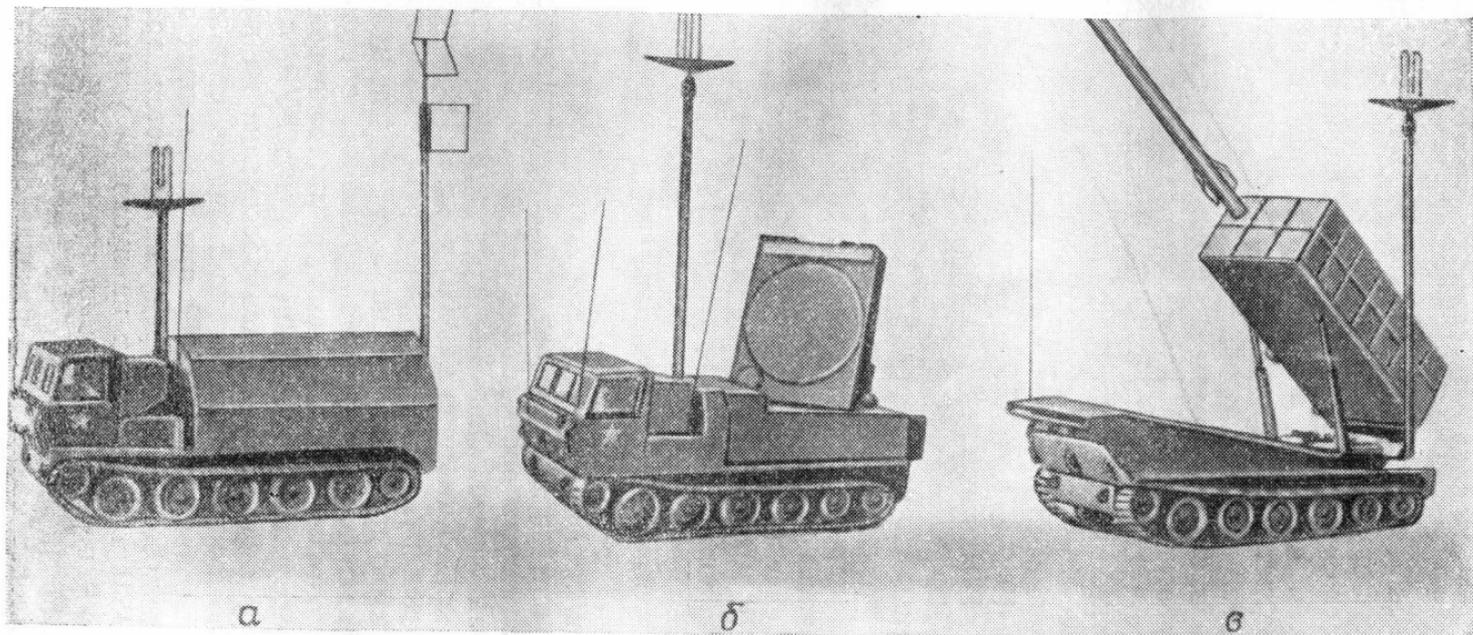
Имеется и третий самоход, на котором размещена аппаратура группы управления огнем батареи комплексов.

Все три самохода оборудованы соответствующей аппаратурой радиосвязи. Они могут транспортироваться самолетами, морскими судами и по железной дороге.

Система обнаружения и целеуказания комплекса SAM-Д, как и его средства управления ЗУР, базируются на РЛС с фазированной антенной решеткой, обеспечивающей возможность одновременного автосопровождения нескольких целей с наведением на них ЗУР.

Пусковая установка комплекса рассчитана на пакет из шести транспортно-пусковых контейнеров с ракетами. Она обеспечивает пуски ЗУР при переменных азимуте и углах возвышения. Предусматривается транспортировка ЗУР в контейнерах на пусковой установке. При пуске ЗУР передняя и задняя крышки контейнера разрываются.

ЗУР комплекса является сверхзвуковой, одноступен-



**Рис. 45.** Боевые средства ЗРК SAM-D:  
*а* — группа управления огнем батареи; *б* — группа управления огнем с РЛС обнаружения целей и наведения ракет в боевом положении; *в* — группа пусковой установки

чатой, крестокрылой. Построена по нормальной аэродинамической схеме, снабжена РДТТ.

Ракета имеет примерно те же размеры, что и ЗУР «Хок». Ее максимальные: боевая дальность полета около 75 км, скорость 1600 м/сек, а высота перехвата цели — 25 км. Боевая часть ракеты обычная или ядерная.

Теленаведение ЗУР на цель производится с использованием принципа «через ракету»: цель для обстрела в групповом налете и ее характеристики определяет полуактивный радиолокационный координатор, установленный на борту ЗУР. Его миниатюрная цифровая вычислительная машина обеспечивает обработку радиолокационной информации о цели, результаты которой по специальному радиоканалу передаются на наземные устройства средств наведения. Последние на основе этой и собственной информации вырабатывают с помощью вычислительной машины радиокоманды теленаведения, которые передаются на борт ЗУР, где и реализуются.

Процесс наведения ЗУР, как и другие процессы боевой работы (включая контроль элементов боевых средств) комплекса SAM-Д, автоматизированы благодаря широкому применению цифровых вычислительных машин в его наземных и бортовых устройствах. Считают, что высокая автоматизация положительно отличает ЗРК SAM-Д от существующих комплексов ПВО войск.

Намечен к реализации принцип беспроверочного применения ракеты комплекса, называемый «гарантированным выстрелом». Он предусматривает укупорку ЗУР в герметичный транспортно-заряжающий контейнер на заводе-изготовителе без извлечения ее в ходе хранения и эксплуатации. Полагают возможным исключить и предстартовые проверки ракеты.

Организационно комплексы SAM-Д планируют применять в составе батареи (таких батарей предполагается создать 150). Каждая батарея будет включать четыре огневого взвода, состоящие из двух пусковых установок.

Самоходный ЗРК «Роланд», разрабатываемый с 1961 г. совместно Францией и ФРГ, сначала создавался как невсепогодный, полуавтоматический (ЗРК «Роланд I»). За счет дооборудования (что повысило стоимость комплекса на 40%) разрабатывается всепогодно-невсепогодный, автоматически-полуавтоматический вариант «Роланд II».

Обе модификации ЗРК прошли испытания в 1971 г., поставка их в войска планируется в 1974—1975 гг.

Ведутся работы (срок завершения намечен на 1974 г.) по размещению комплекса «Роланд II» на кораблях различного водоизмещения. Эта модификация ЗРК именуется «Роланд II М».

На разработку наземных вариантов этого ЗРК затрачено 700 млн. западногерманских марок; стоимость одного комплекса «Роланд II» около 60 тыс. марок.

ЗРК «Роланд» предназначен для обстрела целей, летящих со скоростью до 440 м/сек в диапазоне высот от 0,015 до 3 км на дальностях от 0,5 до 6 км. Расчетная вероятность поражения одной ракетой цели, летящей со

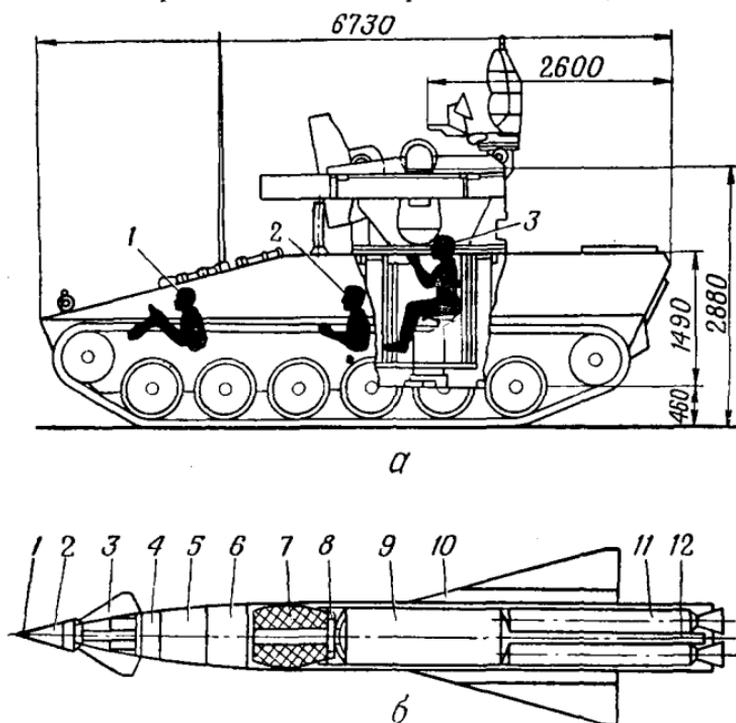


Рис. 46. Зенитный ракетный комплекс «Роланд I» и его ракета:

*a* — схема размещения боевых средств ЗРК и экипажа: 1 — водитель; 2 — командир ЗРК; 3 — наводчик; 6 — компоновочная схема ЗУР: 1 — ударное взрывательное устройство; 2 — неконтактное оптическое взрывательное устройство; 3, 10 — передние и задние неподвижные аэродинамические поверхности соответственно; 4 — радиовзрыватель; 5 — приемник команд наведения; 6 — автопилот; 7 — боевая часть; 8 — предохранительно-исполнительный механизм; 9 — маршевый двигатель; 11 — стартовый двигатель; 12 — газоотводная труба маршевого двигателя

скоростью 300 м/сек, не менее 0,5 при вероятности прямого попадания 0,16—0,25.

Боевые средства комплексов «Роланд I» (рис. 46, а) и «Роланд II» размещаются в корпусе самохода, а также внутри вращающейся башни и на ней.

Их системы обнаружения и целеуказания одинаковы и включают: РЛС обнаружения, средства селекции движущихся целей, средства опознавания и средства целеуказания.

Импульсно-доплеровская РЛС обнаружения имеет дальность действия 15 км. Ее антенна вращается независимо от башни самохода со скоростью 60 об/мин. На марше антенна может закрепляться по-походному. Время обнаружения цели не более 4 сек.

Средства целеуказания, размещенные в невращающейся части самохода, включают счетно-решающий прибор управления огнем и пульт управления, обслуживаемый командиром ЗРК.

Пульт управления имеет экран (рис. 47) индикатора кругового обзора с нанесенной шкалой, на котором ото-

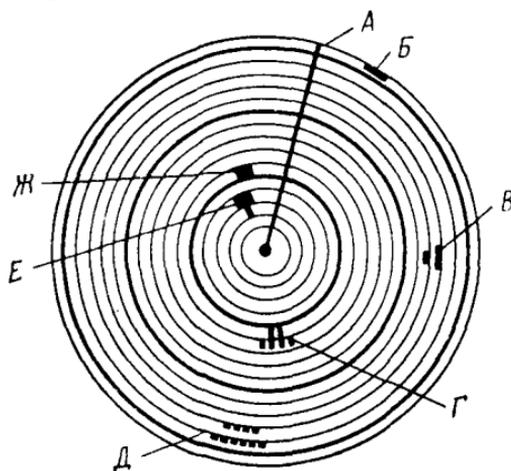


Рис. 47. Схема отображения воздушной обстановки на экране индикатора кругового обзора ЗРК «Роланд»:

А — электронный визир; Б, В — отметки от целей противника, находящихся вне зоны пуска (в одном и в двух каналах РЛС обнаружения соответственно); Г, Д — отметки от своих целей (результат опознавания), находящихся в зоне пуска и вне ее соответственно; Е, Ж — отметки от целей противника, находящихся в зоне пуска (соответственно в двух и одном канале РЛС обнаружения)

бращается воздушная обстановка, что позволяет командиру выбрать для обстрела цель. Формирование, расположение и перемещение на экране значков отображения целей обеспечивает счетно-решающий прибор управления огнем, получающий информацию о воздушной обстановке от РЛС обнаружения.

Командир выбирает цель для обстрела путем совмещения маркера с ее отметкой на экране индикатора. Это приводит к автоматическому развороту башни в направлении, позволяющем начать работу средствам управления ЗУР.

Для разгрузки командира (не нужно все время следить за экраном) имеется звуковая сигнализация — при появлении цели раздается сигнал тревоги. Удаление или приближение цели фиксируется тоном сигнала.

Средства управления ЗУР, смонтированные в основном в башне, включают: РЛС сопровождения цели и ЗУР (в ЗРК «Роланд II»), бинокулярный оптический прицел, инфракрасный пеленгатор (гониометр), счетно-решающий прибор выработки команд наведения и станцию передачи радиокоманд на борт ЗУР (все — в обеих модификациях ЗРК).

РЛС автосопровождения цели и ЗУР служит для обеспечения всепогодной стрельбы комплекса. Ее антенна расположена под антенной РЛС обнаружения. Сопровождению ЗУР способствует ответчик (радиомаяк), размещенный на ее борту.

Оптический прицел применяется при невсепогодной стрельбе для ручного сопровождения цели. Он имеет две степени увеличения: шести- и двенадцатикратное. Моделирование с участием человека показало, что прицел может обеспечивать ручное сопровождение быстролетящей цели со среднеквадратической ошибкой 2—3 м.

Инфракрасный пеленгатор, смонтированный в прицел и соосный с ним, применяется при невсепогодной стрельбе. Он служит для замера угловых рассогласований между летящей ЗУР и оптической осью прицела, направляемой оператором на цель. Для этого пеленгатор автоматически сопровождает трассер ракеты, передавая результаты в счетно-решающий прибор наведения.

По информации от РЛС сопровождения цели и ЗУР (при всепогодной стрельбе) или от прицела и пеленгатора (при невсепогодной стрельбе) счетно-решающий

прибор вырабатывает команды для наведения ЗУР по методу «накрытия цели».

Эти команды через антенну станции передачи радиокоманд на частоте свыше 11 500 *Мгц* передаются на борт ЗУР.

Пусковая установка обеих модификаций ЗРК «Роланд» с переменными углами пуска на две ракеты в транспортно-пусковых контейнерах. Она монтируется на самостоятельных горизонтальных осях по бокам башни в виде двух балок-держателей для контейнеров. Наведение балок-держателей с контейнерами в угломестной плоскости производится автоматически соосно с линией сопровождения цели, в азимутальной плоскости — поворотом башни.

Автоматическое зарядание пусковой установки выполняется в течение 10 *сек* по команде командира путем захвата балкой-держателем (которая предварительно сбрасывает освободившийся контейнер) очередного контейнера из магазина. Эти операции балки-держатели могут производить независимо друг от друга.

Магазинов у комплекса два. Они расположены по бокам в корпусе самохода. Каждый вмещает по четыре контейнера с ЗУР, обеспечивая гидроприводом их вертикальное перемещение для очередного зарядания.

ЗУР «Роланд» (рис. 46, б) единая для обеих модификаций комплекса. Она является сверхзвуковой, одноступенчатой, крестокрылой, имеет газодинамическое управление, снабжена стартовым (с неотделяющимся корпусом) и маршевым РДТТ. Ее полет на максимальные дальность и высоту происходит при работающем двигателе (активный полет).

Вес ЗУР в цилиндрическом стеклопластиковом контейнере 85 *кгс* (переносят ее два человека). Стартовый вес ракеты 64 *кгс*, длина 2,4 *м*, диаметр корпуса 0,16 *м*, размах хвостовых поверхностей в полете 0,5 *м*.

Неподвижные аэродинамические поверхности раскрываются в полете пружинами. Хвостовые поверхности укреплены под углом к продольной оси ЗУР, чем обеспечивают ее вращение со скоростью 5 *об/сек*.

Боевая часть ракеты весит около 5,8 *кгс*. Она представляет собой конструкцию с радиально расположенными кумулятивными зарядами и снабжена тремя типами взрывательных устройств: ударным и двумя неконтакт-

ными — инфракрасным и радиовзрывателем (последний для всепогодной стрельбы). Предусмотрено несрабатывание неконтактных взрывателей от поверхности земли (воды) при стрельбе по целям, летящим на предельно малых высотах.

Бортовой приемник радиоконанд выполнен на транзисторах. Его антенны смонтированы в задних частях хвостовых аэродинамических поверхностей.

Стартовый РДТТ с неотделяющимся корпусом имеет два сопла. Его топливо (13,2 кгс) размещается вокруг газоотводной трубы маршевого двигателя. В течение 2 сек он разгоняет ЗУР до скорости около 580 м/сек.

Маршевый РДТТ (вес топлива 13,7 кгс, время работы около 10 сек) имеет одно сопло. Отклонение струи газов, истекающих из этого сопла, обеспечивает газодинамическое управление полетом ЗУР.

В 1967 г. сообщалось, что в ФРГ для ракет этого типа ведутся работы над ЖРД ампульной заправки топливом.

Размещенная в герметизированном транспортно-пусковом контейнере ракета не требует осмотров и проверок.

Боевой расчет самоходного ЗРК «Роланд» состоит из трех человек (рис. 46, а): водителя, командира и наводчика.

Для проверки боевых средств комплекса (кроме ЗУР) служит контрольно-проверочное оборудование, которое в течение 10 сек выявляет неисправности.

Схема последовательности работы и взаимодействия боевых средств ЗРК «Роланд» следующая.

РЛС обнаружения ведет круговой обзор пространства при нахождении комплекса на месте или в движении.

При звуковом сигнале о появлении цели (целей) в зоне действия РЛС обнаружения командир ЗРК начинает наблюдение за отметками на экране индикатора кругового обзора. Путем включения запросчика опознает цели, выбирает одну из них для обстрела, совмещая маркер с ее отметкой на экране. Для более точной стрельбы подает команду на короткую остановку, хотя возможна стрельба и в движении.

При невсепогодной стрельбе комплексов «Роланд» (I и II) наводчик, манипулируя рукояткой, производит

поиск цели главным образом в угломестной плоскости, используя при этом меньшее увеличение прицела (время поиска 4 сек). Цель «захватывается» в прицел, и наводчик ведет ее ручное сопровождение до момента встречи с ней ракеты, постепенно изменяя увеличение прицела до максимального.

При всепогодной стрельбе комплекса «Роланд II» описанные операции производит автоматически РЛС сопровождения цели и ЗУР.

Как только командир увидит на экране, что цель вошла в зону пуска, он запускает ЗУР, а сам продолжает следить за отметками от других целей, информация о положении которых обновляется каждую секунду (с каждым оборотом антенны РЛС обнаружения). Тем самым экономится время на обстрел следующей цели.

Работное время комплекса (от сигнала тревоги до пуска ЗУР) при обстреле первой цели 8—12 сек.

Процессы подготовки к пуску и пуск ЗУР, занимающие около 1 сек, автоматизированы. Через 2 сек после вылета ракеты из контейнера раскрываются ее аэродинамические поверхности и начинает работать маршевый РДТТ, обеспечивая возможность газодинамического управления полетом ЗУР.

При невсепогодной стрельбе инфракрасный пеленгатор автоматически сопровождает трассер ЗУР до момента встречи ее с целью. Это обеспечивает выработку в СРП команд наведения, которые передаются станцией передачи команд на борт ЗУР, где и реализуются.

При всепогодной стрельбе функции пеленгатора также автоматически выполняет РЛС сопровождения цели и ЗУР.

Если боевая часть ракеты не подорвалась у цели, ЗУР автоматически самоликвидируется, как только выгорит топливо маршевого РДТТ. Самоликвидацию можно произвести и раньше специальной радиокомандой с земли.

Корабельный вариант комплекса «Роланд IIМ» (рис. 48) мало отличается от самоходного «Роланд II». На нем применены другие конструкции магазинов (барабанный и шахтный с подъемником), а емкость их доведена до восьми контейнеров; изменена конструкция контейнера (обеспечена теплоизоляция и защита ЗУР

от радиоактивных излучений); несколько изменена пусковая установка.

На корабле ЗРК «Роланд II М» монтируется в башне (вес с магазином 8720 кгс), обслуживается двумя номерами расчета. Он предназначается как для автономного

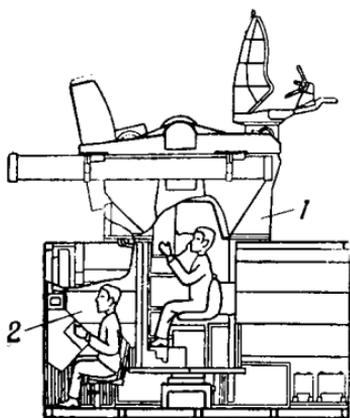


Рис. 48. Схема корабельного варианта ЗРК «Роланд II М» (вид сбоку):  
1 — башня (боевое отделение);  
2 — подбашенное отделение

боевого использования (преимущественно), так и для применения во взаимодействии с другим вооружением корабля по командам с центрального пункта управления огнем.

ЗРК «Кроталь» всепогодно-невсепогодный, автоматический, самоходный. Его разработка началась во Франции в 1964 г. Комплекс должен бороться с целями, летящими со скоростями от 35 до 440 м/сек на дальностях от 0,5—1 до 8,5 км в диапазоне высот от 0,05 до 3 км.

В 1969 г. ЗРК поставлен на серийное производство.

Рассматривались варианты его монтажа на стационарных

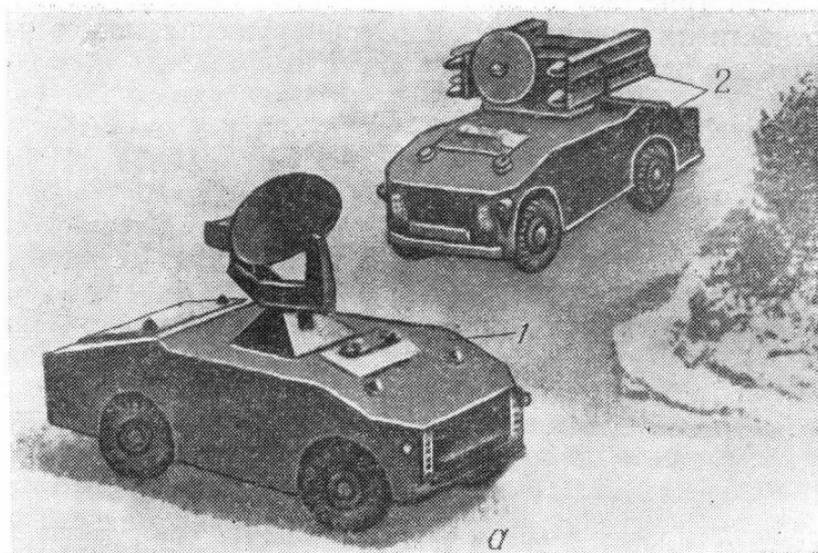
наземных платформах и кораблях.

Боевые средства самоходного варианта ЗРК «Кроталь» размещаются на двух 13-тонных колесных самоходах, которые могут транспортироваться самолетами типа С-130.

На одном самоходе (машина управления) располагается в основном аппаратура системы обнаружения и целеуказания; на другом (называемом пусковой установкой) — средства управления ЗУР и пусковая установка с ракетами (рис. 49, а).

Система обнаружения и целеуказания базируется на импульсно-доплеровскую РЛС обнаружения с аппаратурой селекции движущихся целей.

Эта РЛС должна обнаруживать на дальности до 18 км цели с эффективной площадью рассеяния 1 м<sup>2</sup>, летящие в диапазоне высот до 3 км с радиальной относительно РЛС составляющей скорости от 35 до 440 м/сек. Антенна РЛС вращается по азимуту вкруговую со ско-



**Рис. 49.** Зенитный ракетный комплекс «Кроталь» и его ракета:  
*а* — боевые средства ЗРК «Кроталь»: 1 — машина управления; 2 — пусковая установка; *б* — схема ЗУР «Кроталь»: 1 — неконтактное взрывательное устройство; 2 — преобразователь переменного тока; 3 — двигатель поворота рулей (тангаж, курс); 4 — батарея питания; 5 — автопилот; 6 — боевая часть; 7 — РДТТ; 8 — радиомаяк для теленавигации; 9 — приемник телекоманд; 10 — двигатель поворота рулей по крену; 11 — антенна теленавигации; 12 — антенна радиомаяка; 13 и 14 — контакты для соединения с пусковой установкой

ростью 60 об/мин. Она одновременно формирует в угло-местной плоскости две парциальные диаграммы направленности (рис. 50) общей шириной  $27^\circ$  (в азимутальной плоскости их ширина  $3^\circ$ ). РЛС обнаружения может работать и в движении.

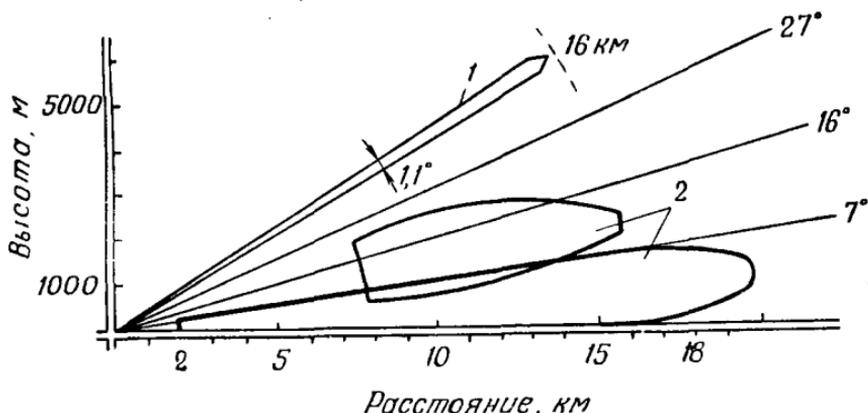


Рис. 50. Диаграммы направленности антенн РЛС обнаружения (2) и РЛС сопровождения цели и наведения ракеты (1) ЗРК «Кроталь»

Средства целеуказания комплекса, размещенные в машине управления, включают счетно-решающий прибор управления и пульт управления.

Цифровой счетно-решающий прибор управления, получающий информацию от РЛС обнаружения, может обрабатывать данные о 12 целях. Он определяет характер обнаруженных целей (одиночная, групповая), классифицирует цели по степени их угрозы, рассчитывает данные целеуказания средствам управления ЗУР. Кроме того, счетно-решающий прибор контролирует работу аппаратуры. Он выполнен с применением модулей и интегральных схем.

Пульт управления, питаемый информацией от счетно-решающего прибора управления и от прибора пусковой установки, служит оператору для выбора целей для обстрела, управления боевыми средствами и стрельбой. Помимо экрана индикатора кругового обзора, на котором отображается воздушная обстановка, на пульте имеются 12 лампочек контроля обстрела целей (по степени их угрозы), а также 12 лампочек, характеризующих готовность к работе РЛС обнаружения и пусковых установок. Здесь же размещены три кнопки для

пуска ЗУР (связь с пусковыми установками) и три кнопки подачи команд на самоликвидацию ракет.

Конструкция пульта управления предусматривает возможность его боевой работы с тремя пусковыми установками (средствами управления ЗУР).

РЛС сопровождения цели и наведения ЗУР моноимпульсная, имеет ширину диаграммы направленности  $1,1^\circ$  (максимальный угол возвышения  $70^\circ$ ) и работает с перестройкой частоты. Она может одновременно сопровождать цель и наводить на нее до двух ЗУР, запущенных с интервалом 2—3 сек, по методу «накрытия цели» (наведение по лучу с радиокоррекцией). Ее дальность сопровождения цели с эффективной поверхностью рассеяния  $1 \text{ м}^2$  около 16 км.

Инфракрасный пеленгатор (поле зрения  $\pm 5^\circ$ ) автоматического сопровождения ЗУР служит для выведения ракеты на начальном участке ее полета в луч РЛС сопровождения цели.

Телекамера слежения за целью обеспечивает полуавтоматическую и автоматическую невсепогодную стрельбу ЗРК по целям, летящим на очень малых высотах.

Счетно-решающий прибор наведения (идентичный прибору управления) помимо выработки команд наведения ЗУР решает и другие задачи: вводит поправки в целеуказание на параллакс пусковой установки относительно машины управления, рассчитывает команды на взведение взрывательных устройств и на самоликвидацию ракет.

На пусковой установке имеется пульт управления, который позволяет проводить предпусковые проверки, а также осуществлять (при необходимости) запуск ЗУР нажатием кнопки.

Связь между машиной управления и пусковыми установками может осуществляться по кабелю (на дальность до 400 м) или по радиолинии (от 50 до 5000 м).

Пусковая установка ЗРК «Кроталь» монтируется на вращающемся основании с силовыми приводами вертикального наведения. Она рассчитана на четыре ЗУР, запускаемые из транспортно-пусковых контейнеров.

Контейнеры наводятся соосно с антенной РЛС сопровождения цели. Пуски ЗУР производятся только с места.

ЗУР «Кроталь» (рис. 49, б) сверхзвуковая, одноступенчатая, крестокрылая, выполнена по аэродинамической схеме «утка». Снабжена РДТТ. Не имеет отделяющихся в полете частей. При полете на максимальные дальность и высоту использует пассивные участки траекторий.

Вес ЗУР в металлическом контейнере 100 кгс. Стартовый вес ракеты 75 кгс, длина 2,89 м, диаметр корпуса 0,15 м, размах стабилизаторов в полете 0,54 м, рулей — 0,343 м.

Рули имеют двухступенчатую форму. Стабилизаторы снабжены дополнительными треугольными поверхностями, которые для увеличения размаха в полете выдвигаются пружинами.

Боевая часть осколочно-фугасная (вес 15 кгс, вес взрывчатого вещества 5 кгс, скорость разлета осколков 2300 м/сек), снабжена ударным и неконтактным инфракрасным (или электромагнитным) взрывательными устройствами. Неконтактное устройство срабатывает от цели на расстоянии до 7 м. Сообщалось о разработке кумулятивной боевой части.

РДТТ ракеты в течение 2 сек разгоняет ее до скорости около 800 м/сек. Далее ракета летит по инерции, достигая максимальной дальности (8,5 км) за 19 сек. При этом скорость ее 300 м/сек, а перегрузка 7 g.

ЗУР хранится, транспортируется и запускается из контейнера. Ее проверки перед пуском автоматизированы.

Шасси обеих машин ЗРК «Кроталь» идентичны. Их четырехколесные хода на гидропневматических подвесках приводятся во вращение электромоторами, установленными в ступице каждого колеса. Машины имеют кондиционеры, обеспечивающие автономную работу экипажей в течение 35 ч или 600 км пути.

Время перехода комплекса в боевое положение 5 мин.

ЗРК «Кроталь» имеет два режима подготовки данных для пуска ЗУР: режим полной подготовки, занимающий 6—10 сек, и режим сокращенной подготовки (для стрельбы по внезапно появившейся цели) — 4 сек.

Рациональным для ЗРК «Кроталь» считают подразделение из одной машины управления и двух-трех машин с пусковыми установками. Три таких подразделения могут объединяться в батарею.

ЗРК «Рапира», разработка которого началась в Великобритании в 1964 г.; предназначался для неусловной полупереманной стрельбы по самолетам, летящим со скоростью до 340 м/сек на дальностях от 1,6 до 6—9 км, в диапазоне высот до 3 км. Теленаведение его ЗУР на цель — радиокомандное. Комплекс возимый.

С 1967 г. комплекс находится в серийном производстве, поставка его в войска намечалась на 1971 г.

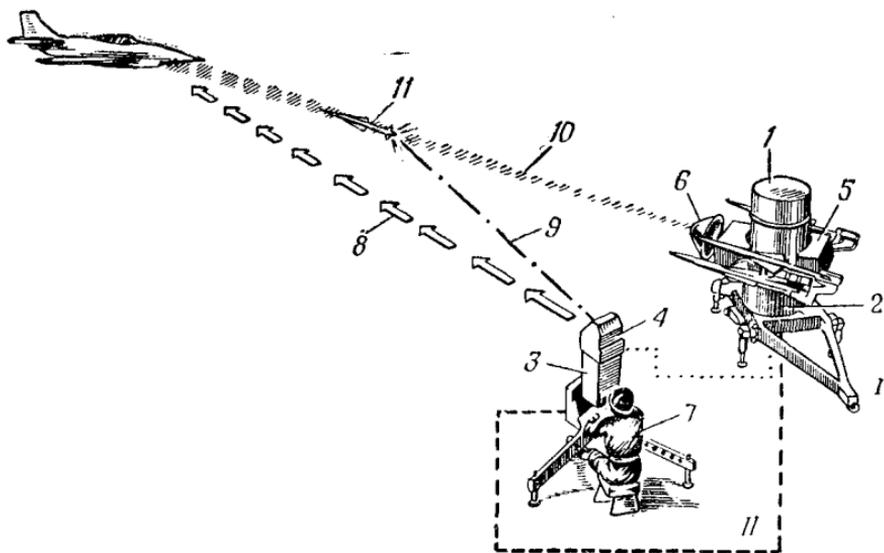


Рис. 51. Состав боевых средств ЗРК «Рапира» и схема его боевой работы:

1 — полуприцеп; II — пульт управления; 1 — РЛС обнаружения целей; 2 — счетно-решающий прибор; 3 — оптическое устройство сопровождения цели; 4 — инфракрасный пеленгатор сопровождения трассера ЗУР; 5 — пусковая установка с ракетами; 6 — антенна станции передачи радиокоманд на борт ЗУР; 7 — оператор; 8 — линия оптического сопровождения цели; 9 — линия инфракрасного сопровождения ЗУР; 10 — передача радиокоманд на борт ЗУР; 11 — ракета

Боевые средства ЗРК размещаются (рис. 51) в двух агрегатах: на одноосном полуприцепе, буксиреваемом автомобилем, и в переносном пульте управления, который перевозится в кузове этого же автомобиля. Комплекс снабжен источником электропитания (электрогенератор с бензиновым двигателем), который транспортируется также на полуприцепе.

На огневой позиции колеса полуприцепа отделяются, и он горизонтируется домкратами. Пульт управления

устанавливается на удалении до 46 м от полуприцепа и также горизонтируется (стрельба возможна и при нахождении пульта в кузове перевозящего его автомобиля). Источник питания размещается несколько в стороне. Оба агрегата и источник питания соединяются между собой кабелем. Пять человек расчета переводят ЗРК из походного положения в боевое примерно за 15 мин.

Система обнаружения и целеуказания комплекса монтируется на полуприцепе и включает: РЛС обнаружения целей, средства их опознавания и счетно-решающий прибор.

РЛС обнаружения производит круговой поиск целей при скорости вращения антенны (защищенной от воздействия метеофакторов радиопрозрачным обтекателем) 60 об/мин. Дальность действия РЛС 16 км. В ее конструкции широко использованы микроэлектронные элементы.

После обнаружения цели производится автоматическое ее опознавание. Если цель не своя, то подаются звуковой и световой сигналы тревоги и по выработанным СРП командам оптическое устройство пульта автоматически разворачивается по азимуту на цель.

Средства управления ЗУР «Рапира» смонтированы как на пульте управления (оптическое устройство ручного сопровождения цели, инфракрасный пеленгатор автосопровождения трассера ЗУР, пульт запуска ЗУР), так и на полуприцепе (счетно-решающий прибор выработки команд наведения ЗУР, станция передачи радиокоманд наведения на борт ракеты).

Схема боевой работы ЗРК «Рапира» приведена на рис. 51.

Единственный оператор, обеспечивающий стрельбу комплекса, производит поиск цели в основном в угломестной плоскости, «захватывает» ее в поле зрения оптического устройства и, используя ручной привод, сопровождает до момента встречи с ней ракеты. В поле зрения оптического устройства расположены сигнальные лампы, позволяющие установить положение цели относительно зоны пуска и произвести своевременный пуск ракеты с помощью пульта ее запуска.

Сопровождение цели оператором и трассера ЗУР инфракрасным пеленгатором позволяет счетно-решающему прибору вычислить команды наведения ракеты по

методу «накрытия цели». Эти радиокоманды передаются станцией передачи команд на борт ЗУР, где и реализуются.

Пусковая установка ЗРК «Рапира» монтируется на полуприцепе. Она имеет четыре открытых направляющих конечной длины, расположенных попарно по бокам обтекателя РЛС обнаружения. По азимуту и углу места направляющие наводятся автоматически и синхронно с осью оптического устройства сопровождения цели. Заряжают пусковую установку два человека вручную.

Сообщалось о работах по монтажу пусковой установки на различных базах, в том числе и на самоходных.

ЗУР «Рапира» сверхзвуковая (максимальная скорость полета свыше 680 м/сек), одноступенчатая, построена по нормальной аэродинамической схеме. Снабжена двухрежимным РДТТ. Стартовый вес ракеты 63 кгс, длина 2,24 м, диаметр корпуса 0,127 м, размах крыла 0,381 м. Боевая часть ЗУР обычная, она включает ударное взрывательное устройство.

ЗРК «Рапира» может использоваться автономно. Однако комплексы обычно сводят в батареи, в каждую из которых входят: управление батареями; два огневых взвода; ремонтная секция. Личный состав батареи 92 человека (из них четыре офицера).

Каждый огневой взвод включает 6 комплексов.

Разрабатываются модификации ЗРК «Рапира». Одна из них предусматривает упрощение и удешевление комплекса путем отказа от РЛС обнаружения.

Наиболее важным считают обеспечение комплексу всепогодности. Для этого ЗРК придается РЛС сопровождения цели и ЗУР (рис. 52). Она буксируется за автомобилем, как и полуприцеп комплекса.

В таком составе (а придание названной РЛС предусматривается не ко всем комплексам) ЗРК «Рапира» становится всепогодно-невсепогодным, автоматически-полуавтоматическим.

Другим английским ЗРК для ПСО войск является комплекс «Тайгеркэт» (рис. 53). Это невсепогодный, неавтоматический ЗРК, предназначенный для борьбы с дозвуковыми низколетящими вертолетами и самолетами. Стрельба комплекса по целям ведется только с места.

Максимальная дальность стрельбы 6 км, максимальная высота поражения цели 3 км.

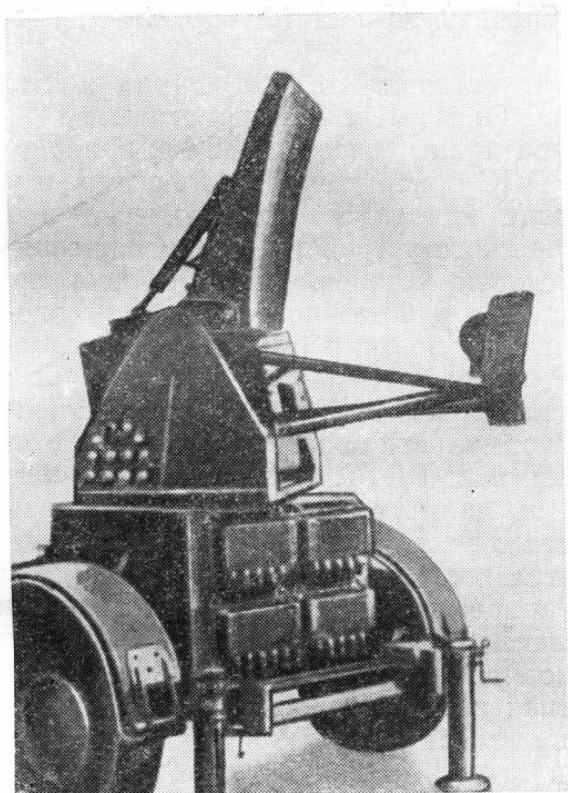


Рис. 52. РЛС сопровождения цели и ракеты  
ЗРК «Рапира»

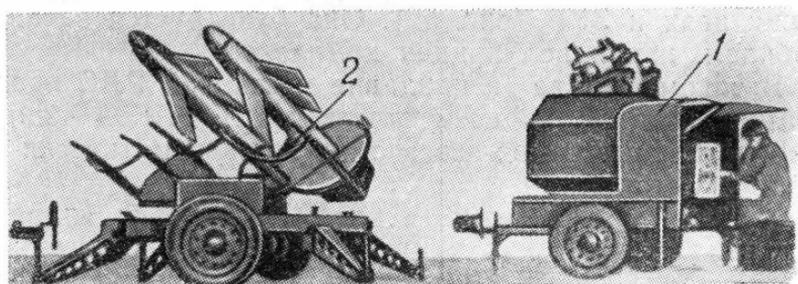


Рис. 53. Зенитный ракетный комплекс «Тайгеркэт»:  
1 — прицеп со средствами управления ЗУР; 2 — строенная пусковая установка

Боевые средства ЗРК размещаются на двух базах — одноосных прицепах, буксируемых за автомобилями.

На одном прицепе расположены средства управления ракетой, на другом — строенная пусковая установка с ракетами.

Переход комплекса из походного положения в боевое занимает 15 мин. ЗРК может транспортироваться по воздуху самолетами.

Средства управления ЗУР включают: оптическое устройство для визуального обнаружения цели, а также сопровождения цели и ракеты; средства наведения ЗУР со счетно-решающим прибором выработки команд наведения и станцию передачи радиокоманд на борт ракеты.

Оператор обнаруживает и опознает цели, а также выбирает цель для поражения визуально или получает данные от внешнего целеуказания по радиосвязи. Затем производится «захват» и сопровождение выбранной цели через бинокулярное оптическое устройство.

Движение оптического устройства обеспечивает синхронное перемещение пусковой установки. Как только цель войдет в зону пуска, производится пуск ракеты.

Теленаведение ракеты осуществляется так же, как и в ЗРК «Сикэт».

Пусковая установка на три ракеты смонтирована на одноосном прицепе.

На огневой позиции колесный ход не отделяется, пусковая установка располагается на четырех опорах и горизонтируется с помощью домкратов.

Заряжают пусковую установку вручную два человека.

ЗРК «Индиго» — это буксируемый всепогодный-не всепогодный, автоматически-полуавтоматический ЗРК. Он разрабатывается Италией и Швейцарией с 1962 г. Размеры его зоны поражения по дальности от 1—1,8 до 10 км, по высоте до 6,1 км.

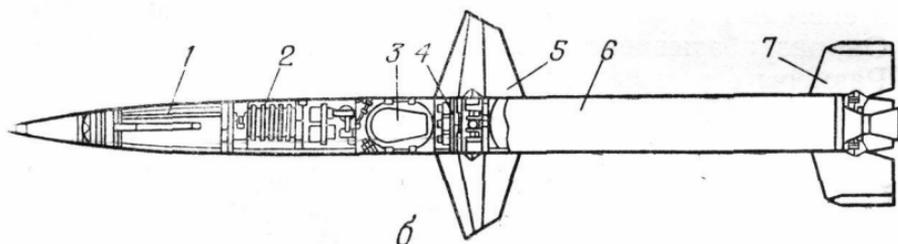
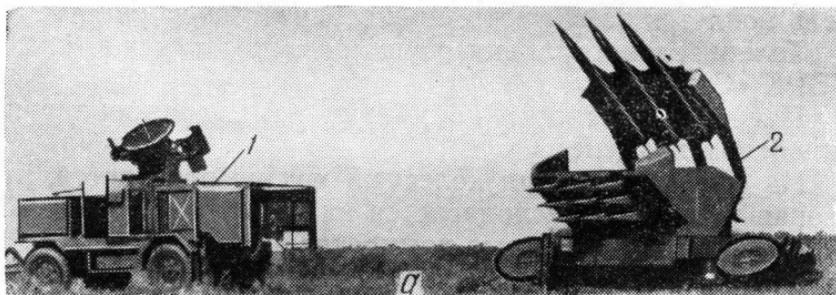
Для комплекса вновь разработаны только ракета и пусковая установка. В качестве остальных его боевых средств в основном используются модификации существующих приборов управления артиллерийским зенитным огнем (ПУАЗО).

Сначала в качестве системы обнаружения и целеуказания, а также средств управления ЗУР для комплекса был взят модифицированный швейцарский ПУАЗО «Су-

Перфледермаус» 60/65, который имеет импульсную РЛС, способную при точном целеуказании обеспечить дальность обнаружения цели с эффективной поверхностью рассеяния  $1 \text{ м}^2$  до 25 км. Однако эта РЛС на круговой обзор пространства расходует до 38 сек и плохо обнаруживает низколетящие цели.

Поэтому для системы обнаружения и целеуказания ЗРК «Индиго» выбрали другую РЛС обнаружения с непрерывным излучением, которая располагается отдельно и может выдавать целеуказания по нескольким целям на несколько комплектов средств управления ЗУР.

Задачи средств управления ЗУР выполняет прибор «Суперфледермаус», который после модернизации включает: РЛС сопровождения цели, оптический телескопический прицел сопровождения цели, инфракрасный пеленгатор (координатор) сопровождения трассера ЗУР, счетно-решающий прибор наведения и станцию передачи радиокоманд на борт ракеты. Эти устройства смонтированы в кабине и на ее крыше. Кабина размещена на двухосном ходу и буксируется за автомобилем.



**Рис. 54.** Зенитный ракетный комплекс «Индиго» и его ракета:

*а* — боевые средства ЗРК «Индиго»: 1 — система управления огнем; 2 — пусковая установка; *б* — компоновочная схема ЗУР «Индиго»: 1 — боевая часть; 2 — аппаратура наведения; 3 — гидроаккумулятор; 4 — гидропривод; 5 — поворотное крыло; 6 — двигатель; 7 — стабилизатор

Модернизированный прибор «Суперфледермаус» (рис. 54, а) может применяться как с тремя пусковыми установками комплекса «Индиго», так и в смешанном ракетно-артиллерийском подразделении с одной пусковой установкой ЗРК «Индиго» и двумя 35- или 40-мм зенитными пушками.

Для замены ПУАЗО «Суперфледермаус» с целью обеспечения возможности всепогодной и невсепогодной стрельбы в Швейцарии разработана радиолокационно-приборная станция «Скайгард», опытный образец которой демонстрировался в 1971 г.

В качестве системы обнаружения и целеуказания, а также средств управления ЗУР в составе комплекса «Индиго» может применяться французская система «Мирадор-Эльдорадо», смонтированная для этого на шасси бронетранспортера.

Система обнаружения и целеуказания базируется здесь на двухкоординатную (азимут и дальность) импульсно-доплеровскую РЛС «Мирадор», обнаруживающую (при скорости кругового вращения антенны 30 или 60 об/мин) на дальности до 18 км цели с эффективной поверхностью рассеяния  $2 \text{ м}^2$ , летящие со скоростями от 40 до 500 м/сек. Вес этой РЛС без источников питания 280—290 кгс.

Средства управления ЗУР «Индиго» входят в состав станции «Эльдорадо» (вес 1600 кгс), которая базируется на импульсную РЛС сопровождения цели (максимальная дальность действия 18—25 км, размеры луча  $1,9 \times 1,9^\circ$ ). Счетно-решающий прибор цифровой. Кроме того, имеются оптические и телевизионные средства слежения.

Почти все электронные узлы системы «Мирадор-Эльдорадо» выполнены на твердотельных модулях.

Время ее «реакции» 10 сек. Расчет — два оператора.

В зависимости от средств управления ЗУР «Индиго», размещенных в приборе «Суперфледермаус», различают два варианта (А и Б) радиокомандного теленаведения ракеты по методу «накрытия цели».

Основным считают вариант А, обеспечивающий всепогодную (днем и ночью) автоматическую стрельбу ЗРК за счет автосопровождения одной радиолокационной станцией цели и ЗУР (наведение по лучу с радиокоррекцией).

Вариант Б считается вспомогательным. Он является невсепогодным, полуавтоматическим и применяется, когда РЛС не может надежно сопровождать цель, а также при достаточной визуальной видимости цели. В этих случаях цель сопровождается до точки встречи с ней ЗУР оператором через прицел с ручным управлением, а ракета — автоматическим пеленгатором.

В обоих вариантах наведения автоматический пеленгатор выдает информацию о положении трассера ЗУР на участке ее выведения на расчетную траекторию наведения. Первые 300 м ракета летит без управления. Затем она начинает грубо выводиться на требуемую траекторию. Этот процесс заканчивается на удалении 1—1,8 км от места пуска.

Пусковая установка ЗРК «Индиго» размещена на двухосном прицепе и буксируется за автомобилем. Она имеет открытые направляющие конечной длины на три ЗУР, соединенные между собой рамой. Пуск ракет может производиться при переменных углах.

На поворотной платформе установки имеется магазин с девятью ракетами, уложенными в три ряда. Для автоматического заряжания рама пусковой установки с направляющими приводится к нулевому углу возвышения, затем она перегружает на себя ракеты верхнего ряда магазина.

Заряжание магазина и пусковой установки может производиться вручную.

На огневой позиции колеса пусковой установки вывешиваются, а ее основание горизонтируется на грунте с помощью домкратов.

Сообщалось о разработке для ЗРК «Индиго» самоходной пусковой установки.

ЗУР «Индиго» (рис. 54, б) сверхзвуковая (максимальная скорость полета 850 м/сек), крестокрылая, одноступенчатая. Она имеет аэродинамическую схему «поворотное крыло». Снабжена РДТТ. Длина ракеты 3,12 м, диаметр корпуса 0,184 м, размах крыла 0,79 м. Вес ЗУР в контейнере 97,5 кгс.

Осколочно-фугасная боевая часть ракеты включает неконтактное инфракрасное взрывательное устройство.

Шашка двухрежимного РДТТ имеет звездообразный канал.

По мнению иностранных специалистов, ЗРК «Индиго» из-за значительного необстреливаемого им пространства целесообразно использовать совместно с зенитными ствольными комплексами, не имеющими этого недостатка.

В Италии для кораблей сравнительно небольшого водоизмещения разработана система оружия, в состав которой входят зенитные управляемые ракеты «Сииндиго» (модификации ЗУР «Индиго»), ракеты класса «корабль — корабль» «Сикиллер» и зенитные пушки. Все это оружие обслуживается автоматизированной корабельной системой управления «Сихантер 4».

Изменения в комплексе «Сииндиго» по сравнению с ЗРК «Индиго» небольшие: пусковая установка рассчитана на четыре ракеты, при невсепогодной стрельбе для слежения за целью применяется телевизионная установка.

Войсковыми средствами ПСО считаются и носимые ЗРК «Редай» и «Блоупайп».

ЗРК «Редай» предназначен для борьбы на догонных курсах с дозвуковой авиацией на дальностях от 0,5 до 3,6 км в диапазоне высот до 1,5 км. Комплекс невсепогодный, автоматический, стрельбу ведет один стрелок-оператор, запуская ЗУР с плеча. Разработка комплекса началась в США в 1958 г.

В 1965 г. после многочисленных доработок, отодвинувших окончание работ примерно на три года, ЗРК был принят на вооружение. Расходы на его разработку составили около 60 млн. долларов.

В 1966 г. ЗРК был сдан в серийное производство, а в 1968 г. ежемесячно более 1000 штук комплексов поставлялось в армию и морскую пехоту США.

Комплекс приобретен Швецией (где он называется «Робот-69» или «РВ-69»), вызвал интерес также в Дании, Норвегии, Швейцарии и других странах.

ЗРК «Редай» (рис. 55) включает: оптическое телескопическое устройство (прицел), пусковую установку с прикладом и приспособлениями для запуска ЗУР и зенитную управляемую ракету. Все эти элементы размещаются внутри пусковой установки и на ней.

Общий вес комплекса 12,7 кгс. Ориентировочная его стоимость при массовом производстве 1500—2000 долларов.

Функции системы обнаружения и целеуказания выполняют стрелок-оператор и его помощник, которые обнаруживают и выбирают для обстрела цель визуально автономно или по грубому целеуказанию (может приниматься по радио).

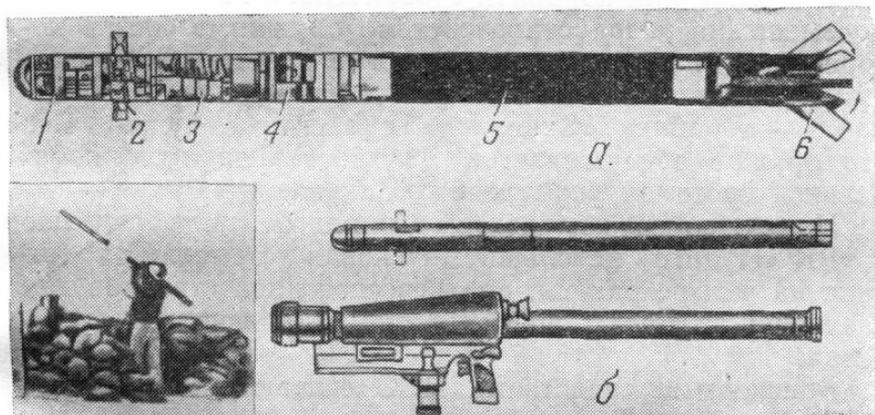


Рис. 55. Зенитный ракетный комплекс «Редай» и его ракета:

*а* — ЗУР; *б* — пусковая установка; 1 — головка самонаведения; 2 — рули и рулевые машинки; 3 — бортовая аппаратура; 4 — боевая часть; 5 — РДТТ; 6 — стабилизатор

Автономных средств опознавания целей ЗРК в своем составе не имеет, что вызывает у американских специалистов опасения за безопасность полетов собственной авиации. Для тренировки расчетов по визуальному опознаванию в США разработаны 35-мм диапозитивы, изображающие авиацию на различных дальностях и под разными ракурсами. Сообщалось, что после 9 ч тренировок оператор с вероятностью 96% опознавал 12 различных типов самолетов.

До создания средств опознавания для этого ЗРК, разработка которых ведется в США, предполагается команды опознавания передавать на комплексы от РЛС систем управления другими ЗРК.

Оптическое телескопическое устройство, предназначенное для обнаружения и сопровождения цели, имеет 2,5-кратное увеличение при поле зрения 25°. В его поле зрения имеется разметка для пуска ЗУР в упрежденную точку, а также помещены два подвижных индекса, сигнализирующие о готовности ЗУР к пуску и о «захвате»

цели головкой самонаведения. Показания индексов дублируются звуковым сигнализатором.

Средства наведения ЗУР включают инфракрасную пассивную головку самонаведения. Полусферический обтекатель корпуса ракеты, за которым монтируется головка, изготавливается из силикатного алюминиево-кальциевого стекла, пропускающего 82% инфракрасного излучения с длиной волны 0,4—4 мк, что обеспечивает работу головки по источнику тепла цели, имеющему температуру 430—650°С. Электронная часть бортаппаратуры наведения ЗУР, изготовленная на печатных схемах, состоит из 24 модулей.

Для приведения в боевую готовность бортовых средств наведения ракеты применяется блок батарея-охладитель. Этот блок включается непосредственно перед пуском ЗУР и в течение 5 сек снабжает электроэнергией бортаппаратуру и охлаждает хладагентом (газообразным фреоном) чувствительный элемент головки самонаведения. Блок является одноразовым, и если пуск ЗУР не был произведен, то он заменяется запасным.

Пусковая установка комплекса трубчатая, контейнерного типа, весит 4,1 кгс. Она изготавливается из литого стеклопластика. Крепится на прикладе с рукояткой.

Помещенная в пусковом контейнере ЗУР удерживается в нем силой трения о стопорный винт и электрическими контактами, которые срезаются при пуске. После зарядания в заводских условиях транспортно-пусковой контейнер заполняется азотом и герметизируется с торцов съёмными крышками. Разгерметизация его в полевых условиях не допускается.

После пуска ЗУР в боевых условиях пусковой контейнер выбрасывается.

Для удобства переноски за спиной пусковая установка имеет регулируемый по длине ремень.

ЗУР «Редай» сверхзвуковая, одноступенчатая, крестокрылая. Она имеет аэродинамическую схему «утка» и снабжена РДТТ.

Стартовый вес ЗУР 8,2 кгс, длина 1,219 м, диаметр корпуса 0,0698 м.

Цилиндрический корпус ракеты изготовлен из стали. В передней его части расположены прямоугольные в плане рули (размах 0,127 м), которые для наведения ЗУР могут поворачиваться на угол до 15° относительно

продольной оси ракеты (принцип интерцепторов). В хвостовой части корпуса имеются стабилизаторы (размах 0,165 м). Рули и стабилизаторы автоматически раскрываются после вылета ЗУР из пускового контейнера.

Осколочно-фугасная боевая часть снабжена ударным взрывательным устройством замедленного действия и предохранительно-исполнительным механизмом с самоликвидатором. Вес ее обычного ВВ составляет 0,5 кгс. Взрывательное устройство снимается с предохранения на 1,6 сек полета. Одновременно включается самоликвидатор, срабатывающий через 15 сек.

РДТТ ракеты имеет два режима тяги — предстартовый и маршевый, обеспечиваемые двумя последовательно сгорающими шашками из смесового топлива арцит. Предстартовая шашка сгорает при движении ЗУР в пусковом контейнере. Она выбрасывает ракету на безопасное для стрелка-оператора расстояние (4,5—7,5 м). После этого начинает гореть маршевая шашка, разгоняя ЗУР до 820 м/сек.

Три ЗРК «Редай» с девятью блоками батарея-охладитель укладываются в пластмассовый контейнер, в котором они хранятся и транспортируются (а также и сбрасываются с парашютом).

Боевая работа ЗРК «Редай» включает следующие операции:

— визуальное обнаружение, опознавание целей и выбор цели для обстрела;

— подготовку ЗУР к пуску (продолжительность 5 сек) — воздействие на предохранитель (включается головка самонаведения, подается питание от блока батарея-охладитель), снятие крышек с торцов пускового контейнера;

— грубое наведение пусковой установки до получения сигналов о «захвате» цели головкой самонаведения;

— разарретирование гироскопа с помощью рычага, уточнение с использованием разметки прицела направления пуска и нажатие на пусковой крючок.

Через 0,6 сек автоматически срабатывают электрозапалы, воспламеняя предстартовую шашку РДТТ.

С этого момента ЗУР летит автономно, наводясь на цель головкой самонаведения.

Основными недостатками ЗРК «Редай» за рубежом считают: возможность борьбы только с дозвуковой авиа-

цией и лишь на догонных курсах; невозможность стрельбы по самолетам, летящим с выключенными двигателями; отсутствие автономных средств опознавания целей.

Ведутся работы по устранению указанных недостатков. В частности, для борьбы с целями на встречных курсах усовершенствуется головка самонаведения; для обстрела более скоростных целей повышаются летные и маневренные характеристики ЗУР; разрабатываются средства опознавания целей.

Делаются попытки расширить сферу применения ЗРК «Редай». Так, были проведены полигонные испытания (оценены удовлетворительно), предусматривающие использование комплекса в качестве оружия класса «воздух — воздух».

Комплекс прошел испытания с положительными результатами в арктических условиях. После длительного хранения на открытом воздухе при температуре до минус 40°С и транспортировки на различных видах транспорта были произведены пуски ЗУР.

Организационная единица комплекса «Редай», придаваемая в войсках батальону, включает команду управления (два человека — офицер и сержант) и три либо пять огневых команд, в каждую из которых входят стрелок-оператор и его помощник, а также один ЗРК с запасом ЗУР, помещенных в контейнерах.

Тактическое использование огневых команд комплекса предполагается как с централизованным (в масштабе батальона), так и с децентрализованным управлением. В последнем случае огневая команда придается роте, действующей отдельно или совершающей марш.

ЗРК «Блоупайп», разработка которого началась в Великобритании в 1964 г., предназначен для борьбы с дозвуковой авиацией на дальностях до 3 км и высотах до 1,8 км. Это не всепогодный, неавтоматический, носимый комплекс (стрельбу ведет один оператор, запускающая ЗУР с плеча и осуществляя ее наведение на цель).

Боевые средства комплекса «Блоупайп» (рис. 56) размещаются в пусковой установке, на ней, а также крепятся на спине оператора. Суммарный вес комплекса 18 кгс (по более ранней информации — 12,7 кгс). Время приведения его в боевую готовность 20 сек.

Функции системы обнаружения и целеуказания выполняет оператор, который невооруженным глазом или

с помощью оптического монокулярного прицела обнаруживает и опознает цели, выбирает одну из них для обстрела. Целеуказание оператору может также передаваться по радио от какой-либо системы обнаружения и целеуказания.

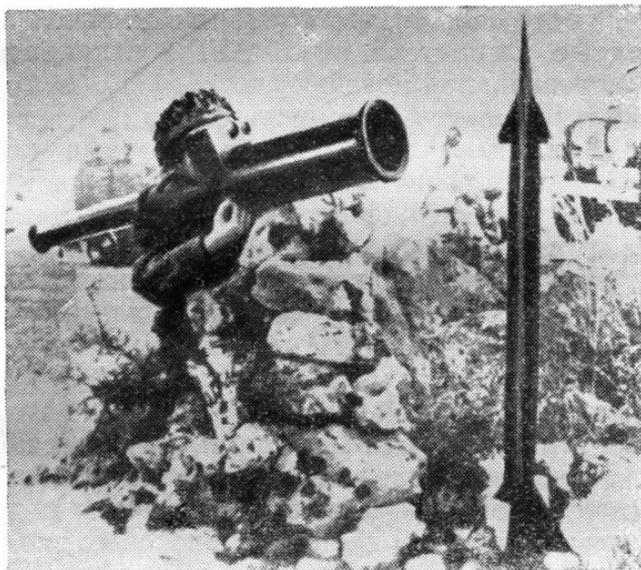


Рис. 56. Зенитный ракетный комплекс «Блоупайп» и его ракета

После выбора цели оператор начинает ее сопровождение, пользуясь разметкой поля зрения прицела, при этом он перемещается с пусковой установкой на плече. Когда цель войдет в зону пуска (что также определяется оператором визуально), он производит пуск ЗУР, воздействуя на спуск стреляющего механизма.

Средства наведения ЗУР комплекса включают: блок наведения (тот же монокулярный прицел, а также рукоятка наведения, которую оператор перемещает большим пальцем руки), счетно-решающий прибор наведения и станцию передачи радиокоманд на борт ЗУР. Два последних устройства крепятся за спиной оператора.

Для питания блока наведения и бортовой аппаратуры ЗУР (перед ее пуском) в блоке смонтирована электробатарея. Вес блока наведения, укрепленного на пусковой установке, 3,6 кгс.

После пуска ЗУР оператор «захватывает» ее хвостовой трассер в поле зрения прицела, с помощью которого он уже сопровождает цель, и, манипулируя рукояткой наведения, стремится совместить ракету с целью, наводя таким образом ЗУР по методу «накрытие цели».

Угловые рассогласования между трассером ЗУР и линией визирования цели поступают в счетно-решающий прибор наведения, а команды, вырабатываемые им, через станцию передачи радиокоманд (размеры  $129 \times 152 \times 91$  мм) подаются на борт ракеты, где и реализуются.

Пусковая установка комплекса включает трубчатую направляющую и стреляющий механизм. Трубчатая направляющая (служащая также контейнером для хранения и транспортировки ЗУР) состоит из двух цилиндрических труб, причем передняя имеет несколько больший диаметр. Для облегчения работы оператора к пусковой установке может крепиться телескопическая подставка.

Помещенные в специальные ящики транспортно-пусковые контейнеры с ЗУР могут сбрасываться с парашютом.

Зенитная управляемая ракета «Блоупайп» одноступенчатая, крестокрылая. Она построена по аэродинамической схеме «утка» и снабжена РДТТ. Ракета не имеет отделяющихся в полете частей, ее длина 1,346 м, диаметр корпуса 0,0762 м, размах треугольного крыла 0,165 м, стабилизатора — 0,267 м.

Стабилизаторы, скрепленные в единый блок, могут перемещаться вдоль корпуса ЗУР. Перед пуском они находятся в переднем положении (в части контейнера большего диаметра), после пуска скользят по корпусу ракеты в заднее положение, где автоматически закрепляются защелками.

РДТТ имеет два режима тяги: стартовый (который называют также предстартовым) и маршевый. Топливо стартового режима сгорает при движении ЗУР в трубе пусковой установки, обеспечивая отлет ракеты на безопасное для оператора расстояние (около 25 м). После этого автоматически включается маршевый режим.

Осколочно-фугасная боевая часть (вес 2,7—3,6 кгс) ЗУР снабжена ударным и неконтактным инфракрасным взрывательными устройствами.

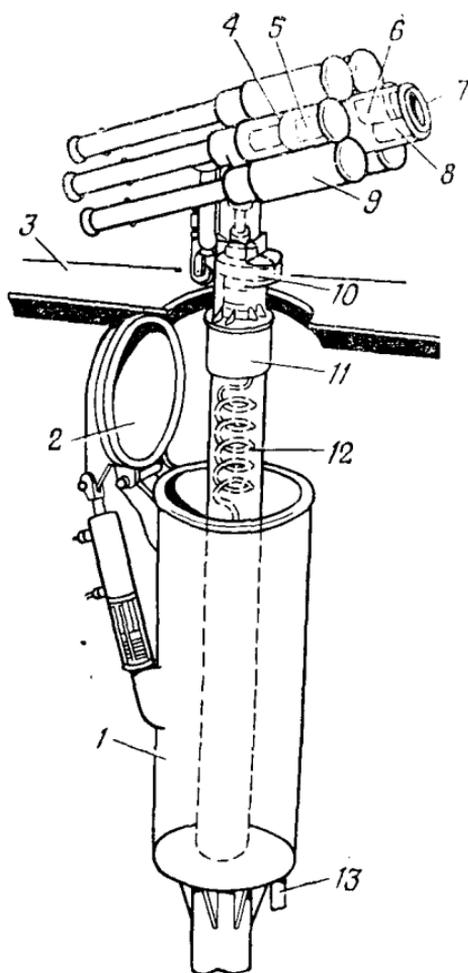


Рис. 57. Компонировочная схема ЗРК «Блоупайп» для подводной лодки:

1 — контейнер; 2 — герметичная крышка контейнера; 3 — верх ограждения рубки; 4 — гиростабилизатор; 5 — телевизионная камера; 6 — объектив с переменным фокусным расстоянием; 7 — видеоискатель; 8 — инфракрасная аппаратура; 9 — блок пусковых труб; 10 — привод вертикальной наводки; 11 — привод горизонтальной наводки; 12 — кабель; 13 — дренажный клапан

Считают возможным применение этой ракеты и для стрельбы по легкобронированным наземным и надводным целям.

Комплексом «Блоупайп» можно вести обстрел авиации с земли с автомобиля, корабля и изпод воды с подводной лодки, находящейся на перископной глубине. Многозарядная пусковая установка (рис. 57) для подводных лодок находилась в 1970 г. на завершающей стадии отработки.

При массовом производстве стоимость пуска одной ЗУР за рубежом оценивается в 750 фунтов стерлингов.

Иностранцы считают, что применение в ЗРК «Блоупайп» радиокомандного теленавещения дает ему преимущества перед американским комплексом «Редай», в котором использовано пассивное инфракрасное самонавещение. Основными из них считают: возможность уверенного обстрела целей на встречных курсах; возможность борьбы с самолетами, имеющими различные двигатели, а

также с самолетами, летящими с выключенными двигателями.

В зарубежной печати указывалось, что основными

направлениями при разработке новых и модернизации существующих войсковых ЗРК в развитых капиталистических государствах являются:

- обеспечение всепогодности днем и ночью;
- сокращение рабочего времени (времени «реакции») как каждого боевого средства ЗРК, так и комплекса в целом;
- повышение помехозащищенности средств обнаружения целей и наведения ЗУР;
- повышение надежности всех боевых средств ЗРК;
- широкое внедрение в ЗРК различных вычислительных устройств, обеспечивающих автоматизацию процессов боевой работы, а также проведение функционального контроля боевых средств комплекса с помощью встроенных устройств самоконтроля;
- обеспечение беспроверочного принципа применения ракет, помещаемых для этого в герметичные транспортно-пусковые контейнеры на заводе-изготовителе;
- повышение эффективности стрельбы за счет совершенствования боевых частей и взрывательных устройств;
- увеличение размеров зоны поражения ЗРК и повышение точности наведения ЗУР за счет увеличения располагаемых перегрузок ракеты и изыскания новых методов наведения.

Основные характеристики рассмотренных ЗРК ПСО войск приведены в приложении 2, а характеристики ЗУР и пусковых установок — в приложении 3.

### § 3. ЗЕНИТНЫЕ РАКЕТНЫЕ КОМПЛЕКСЫ КОРАБЛЕЙ

Корабельные ЗРК имеются сейчас на вооружении ВМС США, Великобритании, Франции и других стран.

Отличительными особенностями корабельных ЗРК являются: стационарность (размещение в определенном месте корабля); автоматизация процессов заряжания пусковых установок; использование для обнаружения воздушных целей РЛС корабля, которые зачастую предназначены для обнаружения и других целей.

В США, например, развитие корабельных ЗРК шло по линии создания семейства комплексов, характеристики которых постепенно совершенствовались.

Начав программу с комплексов «Три Т» («Тэлос», «Терьер» и «Тартар»), специалисты продолжали их со-

вершенствовать, работая над комплексами «Тайфон» и «Стандарт». Ведутся также работы по созданию комплекса ПСО ASMS.

Комплекс «Тэлос» предназначается для вооружения крупных кораблей флота, главным образом крейсеров ПВО. Он наиболее сложный и дорогостоящий из всех комплексов, имеющих на вооружении кораблей США. ЗРК включает средства управления ракетой (РЛС сопровождения цели, РЛС сопровождения ракеты, полуактивную радиолокационную головку самонаведения), спаренную пусковую установку и ракету (рис. 58, а).

Наведение ракеты комбинированное: в район встречи с воздушной целью ракета выводится по лучу корабельного радиолокатора (при раздельном сопровождении двумя РЛС — цели и ракеты) на конечном участке траектории — полуактивной радиолокационной головкой самонаведения. Для поражения наземных целей ракета выводится на баллистическую траекторию.

Ракета «Тэлос» двухступенчатая, сверхзвуковая, с отделяющимся в полете корпусом стартового ускорителя (рис. 58, б).

Корпус стартового РДТТ тандемного расположения отделяется после выгорания топлива. Маршевый ПВРДЖ многорежимный, работает на керосине, подаваемом в камеру сгорания с помощью турбонасоса, приводимого в действие набегающим потоком воздуха. Стартовая и маршевая ступени имеют стабилизаторы.

Ракета снабжается обычной или ядерной боевой частью с неконтактным взрывательным устройством.

Большие размеры ЗУР позволяют использовать их только на крейсерах и эскадренных миноносцах. На крейсере водоизмещением около 15 тыс. т может находиться почти 100 ракет. Ракеты хранятся в погребах в горизонтальном положении без стабилизаторов и стартового двигателя (рис. 58, а). Из погреба с помощью лифта они подаются в пост предстартовой подготовки.

Подготовленные к пуску ракеты через большие окна в кормовой стенке надстройки подаются на спаренную пусковую установку, направляющие которой приведены на нулевой угол возвышения.

Весь процесс подачи и заряжания производится автоматически, при этом система подачи, связанная с си-

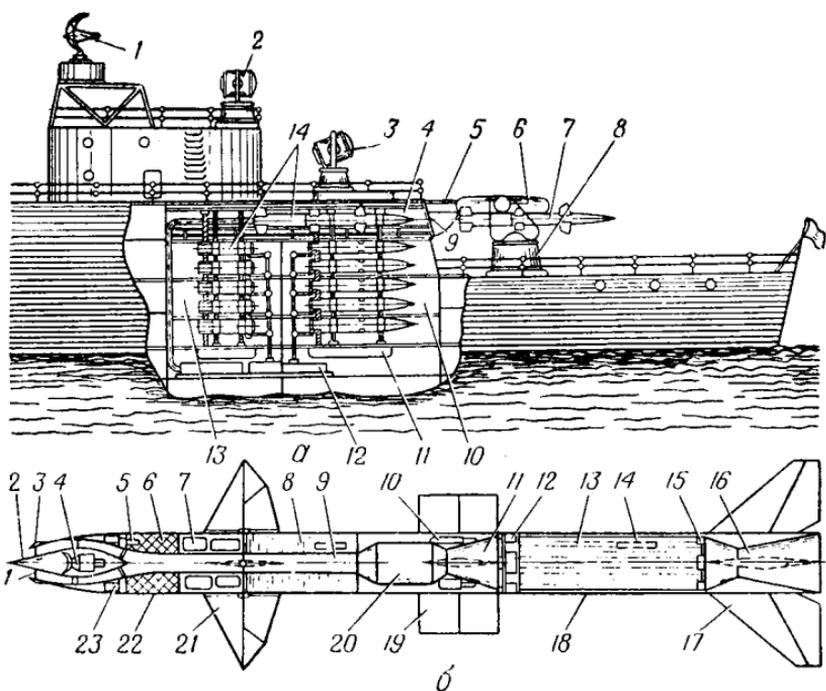


Рис. 58. Примерная схема размещения боевых средств ЗРК «Тэлос» на крейсере:

*а* — боевые средства ЗРК и схема горизонтального размещения ЗУР «Тэлос» в погребах при раздельном хранении: 1 — РЛС обнаружения целей; 2 — РЛС сопровождения цели; 3 — РЛС наведения ЗУР; 4 — пост предстартовой подготовки; 5 — рабочее положение перекидной балки; 6 — направляющая пусковой установки; 7 — ЗУР; 8 — пусковая установка; 9 — крышка поста предстартовой подготовки; 10, 13 — погреба; 11 — механизм вертикальной подачи; 12 — механизм продольной подачи; 14 — стартовые двигатели ЗУР; *б* — схема устройства ЗУР «Тэлос»: 1 — воздухозаборник; 2 — радиопрозрачный носовой обтекатель; 3 — штыревые антенны радиовзрывателя; 4 — аппаратура самонаведения; 5 — радиовзрыватель; 6 — боевая часть; 7 — аппаратура средств наведения; 8 — топливный отсек; 9 — воздухопровод; 10 — вспомогательные механизмы маршевого ПВРД; 11 — сопло; 12 — замок крепления стартового двигателя; 13 — стартовый РДТТ; 14 — замок подвески ЗУР на направляющие; 15 — запалы стартового двигателя; 16 — сопло стартового двигателя; 17 — стабилизаторы стартовой ступени; 18 — корпус стартового двигателя; 19 — стабилизаторы маршевой ступени; 20 — ПВРД; 21 — поворотные крылья; 22 — корпус ракеты; 23 — аппаратура средств наведения

стемой управления огнем, выбирает ЗУР с нужной боевой частью.

Первым кораблем, вооруженным ЗРК «Тэлос», был крейсер «Галвестон», с которого в феврале 1959 г. была запущена первая ЗУР «Тэлос».

Другой комплекс — «Терьер» состоит на вооружении крейсеров, авианосцев, эскадренных миноносцев и фрегатов с 1956 г. Рассматривался наземный подвижный вариант ЗРК для морской пехоты.

Комплекс состоит из ракеты, пусковой установки и РЛС наведения ЗУР (рис. 59, а).

ЗУР двухступенчатая, сверхзвуковая, с отделяющимся корпусом стартового двигателя (рис. 59, б).

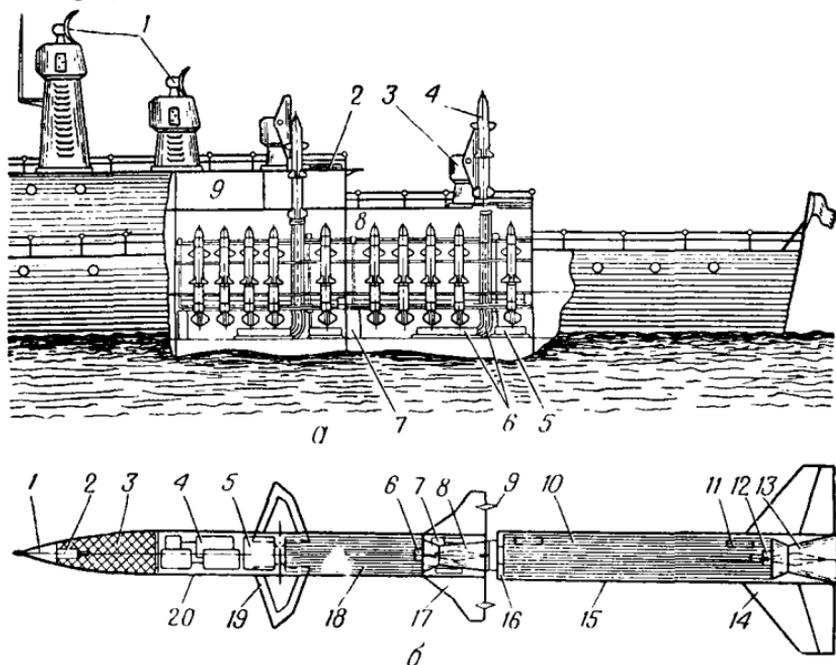


Рис. 59. Примерная схема размещения боевых средств ЗРК «Терьер» на крейсере:

а — боевые средства ЗРК и схема вертикального размещения ЗУР «Терьер» в погребе: 1 — РЛС наведения ЗУР; 2 — крышка люка системы подачи; 3 — пусковая установка; 4 — ЗУР; 5 — механизм поперечной подачи; 6 — механизм вертикальной подачи; 7 — механизм продольной подачи; 8 — погреб для хранения ЗУР; 9 — пост предстартового контроля; б — схема устройства ЗУР «Терьер»: 1, 2 — радиолокационный взрыватель; 3 — боевая часть; 4 — аппаратура средств управления; 5 — приводы поворотных крыльев; 6 — воспламенитель топливного заряда маршевого РДТТ; 7 — аппаратура средств наведения; 8 — сопло; 9 — антенны; 10 — топливный заряд стартового РДТТ; 11 — замок подвески ракеты на направляющие; 12 — воспламенитель топливного заряда стартового двигателя; 13 — сопло; 14 — стабилизаторы ускорителя; 15 — корпус стартового двигателя; 16 — замок крепления стартового двигателя; 17 — стабилизаторы маршевой ступени; 18 — маршевый двигатель; 19 — поворотные крылья; 20 — корпус ракеты

ЗУР по длине разделена на отсек боевой части, отсек приборов управления и управления подвижными крыльями, отсек маршевого двигателя и отсек стартового двигателя.

Корпус ракеты выполнен из алюминиевых и магневых сплавов.

Стартовый РДТТ (вес около 1 тс) работает 3—4 сек. Стартовый вес ракеты «Терьер-1» 1,36 тс. Общая длина с ускорителем 8,3 м, без ускорителя — 5 м.

Скорость ЗУР к моменту отделения корпуса ускорителя (четвертая секунда) 600 м/сек. Дальнейший ее полет обеспечивается маршевым РДТТ, который увеличивает скорость до 750 м/сек.

Поворот ракеты достигается изменением (в пределах  $\pm 20^\circ$ ) угла атаки крыльев.

Наклонная дальность полета ракеты первых модификаций до 32 км, потолок 18 км.

Боевая часть обычная осколочная для неконтактной стрельбы.

В хвостовой части маршевой ступени ракеты установлены четыре стабилизатора, на концах которых размещены антенны, направленные назад для приема команд наведения.

До 1959 г. комплекс «Терьер-1» имел теленаведение по радиолучу, позже («Терьер-2») — комбинированное наведение: теленаведение по лучу с переходом в район цели на полуактивное радиолокационное самонаведение. Соответственно изменились и корабельные средства наведения, которые стали обеспечивать наведение двух ракет на одну цель.

Ракета «Терьер-2» имеет большую дальность действия (до 37 км) и максимальную скорость полета около 900 м/сек.

Пусковая установка ЗРК «Терьер» представляет собой невысокую полую цилиндрическую тумбу, прикрепленную к плите фундамента (рис. 60). На тумбе сверху установлен подпятник с поворачивающейся на  $360^\circ$  головкой и цапфами для направляющих.

В тумбе размещаются механизмы вращения головки и направляющих (максимальный угол возвышения направляющих около  $90^\circ$ ).

Для заряжания направляющие устанавливаются в вертикальном положении над люками подъемных устройств. При этом нижние концы направляющих, имеющие форму клина, заходят в пазы такой же формы в крышках люков, сдвигая их, открывают люки для подачи ракет.

Поднятые ракеты вставляются в пазы направляющих и продвигаются по ним до закрепления в боевом поло-

жени. На перезаряжание пусковой установки требуется примерно 30 сек.

На кораблях оборудованы погреба для хранения ракет, которые подаются к пусковым установкам подъем-

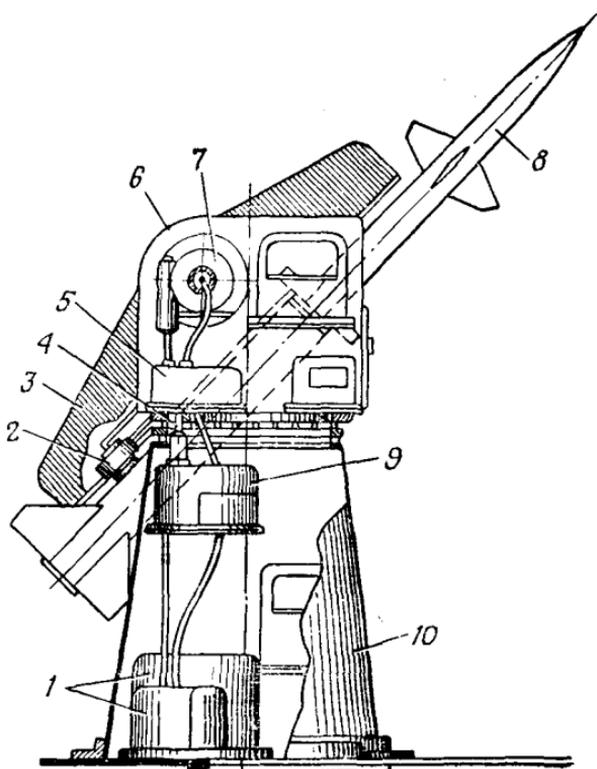


Рис. 60. Схема корабельной пусковой установки для ЗУР типа «Терьер»:

1 — механизмы пополнения гидроприводов гидросмесью; 2 — замок удержания ракеты на направляющей; 3 — направляющая; 4 — механизм горизонтальной наводки; 5 — гидромотор механизма вертикальной наводки; 6 — головка (вращающаяся часть пусковой установки); 7 — цапфа с механизмом вертикальной наводки; 8 — ЗУР; 9 — гидромотор механизма горизонтальной наводки; 10 — неподвижное основание (тумба)

ными устройствами (рис. 59, а). На крейсерах в погребах хранится до 144 ракет в вертикальном положении. При этом может быть два варианта размещения ЗУР: многорядное и во вращающихся магазинах (барабанах).

При многорядном хранении весь комплект ракет находится на конвейерах продольной подачи, с помощью которых ракеты транспортируются на поперечную, а затем и на вертикальную подачу к пусковой установке. В этом случае ракеты в нескольких местах закрепляются специальными устройствами, что обеспечивает надежное их положение на конвейере.

При магазинном хранении вмещается несколько меньше ракет, но оно обеспечивает возможность выборочной подачи их на пусковую установку, если в боекомплекте имеются ракеты различного целевого назначения.

Из магазинов ракеты подаются к питателям с помощью элеваторов, работающих от электроприводов; цикл подачи полностью автоматизирован. Это достигается постановкой магазина в необходимое положение и вращением его вокруг вертикальной оси, которое заканчивается в тот момент, когда выбранная ракета окажется точно под вертикально установленной направляющей пусковой установки.

Для вооружения кораблей охраны конвоев и корабельных соединений в США разработан ЗРК «Тартар».

В его состав входят: ракета, пусковая установка, система хранения и подготовки ракет к пуску и система управления ракетной стрельбой.

В отличие от ЗУР «Терьер» в ракете «Тартар» отсутствует отделяющийся корпус стартового двигателя (рис. 61). Это позволило уменьшить длину ракет и способствовало лучшему размещению их в погребах кораблей. Ракета одноступенчатая, сверхзвуковая, с РДТТ, имеющим два режима тяги (стартовый и маршевый). Размеры ее примерно равны размерам маршевой ступени ракеты «Терьер». Боевая часть обычная, с неконтактным взрывательным устройством.

Наведение ракеты на цель аналогично наведению ракеты «Терьер-2».

С момента создания ЗУР претерпела большие изменения. В настоящее время существует ряд модификаций: «Тартар» (основной вариант), улучшенный «Тартар», модифицированный «Тартар», ракета «Стандарт 66А». Последний вариант предназначен для поражения быстролетающих воздушных целей и может использоваться против надводных кораблей.

Пусковая установка имеет одну или две направляющие с переменными углами возвышения. Заряжание ее автоматизированное.

Система хранения и подготовки ракет к пуску обеспечивает их погрузку и разгрузку, размещение в погребах, заряжание и разряжание пусковых установок, производство пуска и аварийного сброса ракеты с пусковой

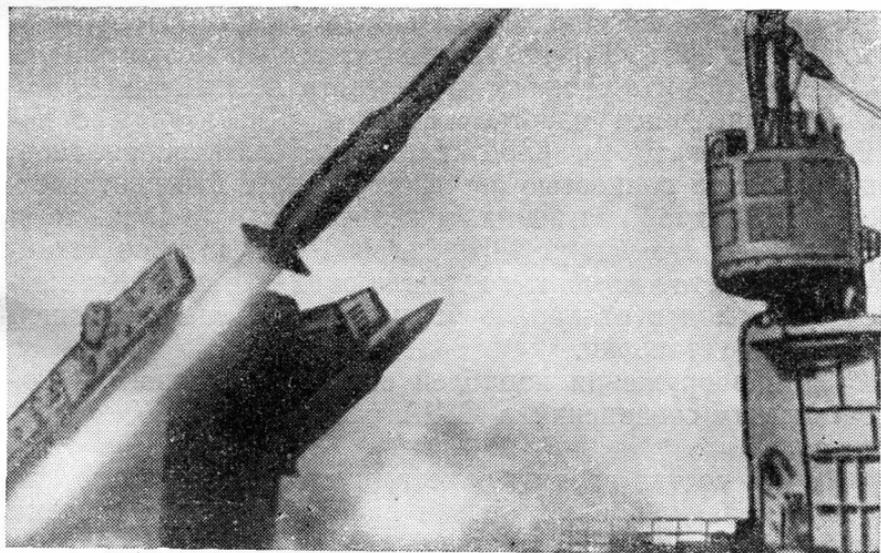


Рис. 61. ЗУР «Тартар» на корабельной пусковой установке

установки. Хранятся ракеты в погребах по 40 штук в вертикальном положении в двух концентрических кольцевых барабанах. Для поддержания постоянной температуры, необходимой для сохранности электронных приборов ракеты, служит система кондиционирования воздуха.

Управление подачей ракет на пусковую установку и ее наведение производятся из центрального поста управления оружием или в случае неисправности центрального поста — с местного поста у пусковой установки.

Если произошел отказ и ракета не сошла с направляющей, то при необходимости освободить пусковую установку для следующей ракеты производится аварийный сброс ЗУР.

Система управления оружием предназначена для обнаружения и опознавания целей, определения угрожаемого направления, выбора оружия и целей, а также для наблюдения за ходом боя. В нее входят аппаратура поста управления оружием, аппаратура выбора целей, приборы выбора направления и распределения оружия и приборы распределения целей.

С помощью корабельных РЛС кругового обзора на экране отображается воздушная обстановка. В районах, где возможна атака низколетящих самолетов, рекомендуется использовать также и оптические средства обнаружения.

Цели для обстрела выбираются в зависимости от степени угрозы с учетом направления выделенного сектора охранения. Своевременность выбора цели обеспечивает ее поражение на максимальной дальности.

Аппаратура выбора направления определяет последовательность поражения выбранных целей. В нее входят устройства для централизованного целеуказания. Здесь же вырабатываются исходные данные для наблюдения за целями. Предусмотрена также возможность быстрого перераспределения целей и оружия. Так, если контрольные приборы показывают невозможность или нецелесообразность применения ракетного оружия, то для поражения данной цели сразу подключается соответствующая артиллерийская установка.

С помощью аппаратуры выбора оружия определяется порядок подачи ракет на пусковые установки и производится контроль за процессом заряжания.

Приборы выбора направления стрельбы и распределения оружия вырабатывают также рекомендуемый курс корабля, который передается на ходовой мостик. Приборы распределения целей связывают между собой все зенитные комплексы корабля.

Система управления ракетной стрельбой обеспечивает обнаружение и сопровождение цели радиолокационными станциями, выработку данных для наведения пусковых установок и команд наведения для ракет.

В систему входят РЛС и вычислительное устройство. Одна РЛС производит облучение цели и ракеты, а другая сопровождает цель и вырабатывает направление антенны облучающей станции.

Вычислительное устройство получает текущие параметры цели от РЛС сопровождения и вырабатывает расчетные параметры точки встречи с целью, которые передаются на ракету, пусковую установку и соответствующие приборы управления оружием.

Блок-схема ЗРК «Тартар» приведена на рис. 62.

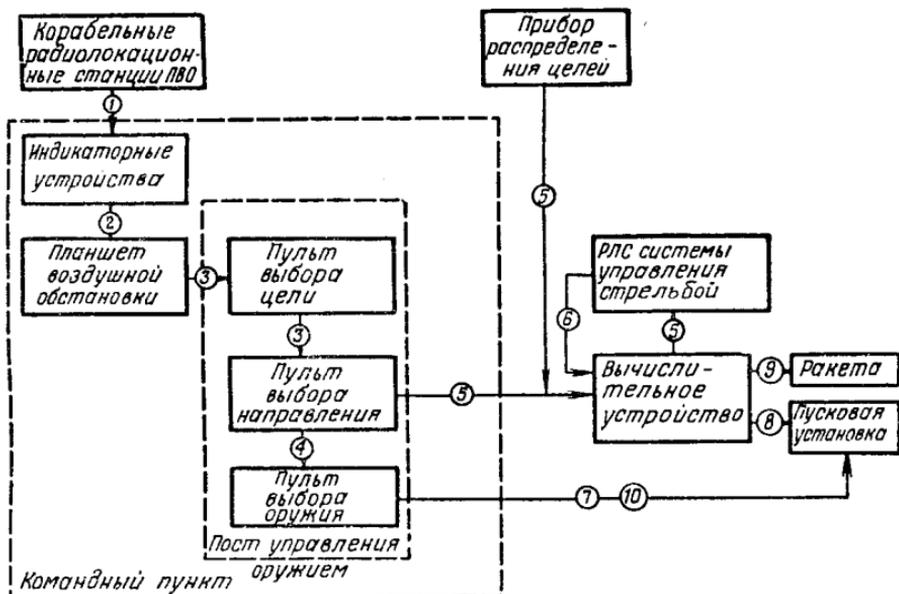


Рис. 62. Блок-схема ЗРК «Тартар»:

1 — параметры цели; 2 — сигналы о положении целей; 3 — выбор цели; 4 — уточнение угрожаемого направления; 5 — назначение целей; 6 — текущие параметры цели; 7 — команда на зарядание пусковой установки; 8 — углы наведения; 9 — исходные данные; 10 — команда на пуск ЗУР

Осуществляя мероприятия по улучшению корабельных ЗРК, в США разработан новый комплекс «Тайфон». Он включает РЛС обнаружения, средства опознавания целей, ЗУР и пусковую установку.

Электронная вычислительная машина комплекса сопряжена с РЛС обнаружения и решает задачи оценки тактической обстановки, централизованного распределения целей.

В комплексе «Тайфон» предусматривалось использование новой одноименной ракеты, имеющей проектную дальность полета около 370 км и потолок около 37 км. Считалось, что этот ЗРК способен действовать совместно с истребительной авиацией.

ЗРК «Тайфон» из-за больших его габаритов и веса намечалось устанавливать только на крупных кораблях.

Новые концепции ПСО флота США включает программа ASMS.

В комплексе ASMS предполагалось применить некоторые элементы нового наземного комплекса SAM-Д (если их испытания будут успешными). К таким элементам относятся РЛС с фазированной антенной решеткой, предназначенной для обнаружения и слежения за несколькими целями и наведения на них нескольких ЗУР, и цифровая вычислительная машина управления огнем. Кроме того, на ЗУР намечали установить заимствованные от других ракет боевую часть и двигатель.

Максимальная боевая дальность ракеты ASMS планировалась 55—60 км. Однако не исключалась возможность создания для этого ЗРК ракеты с большей дальностью взамен ракегы «Тэлос».

Ракета будет оснащена полуактивной радиолокационной головкой самонаведения.

Считается, что для завершения работ, связанных с созданием этого ЗРК, потребуется несколько лет. Стоимость работ оценивается в 500 млн. долларов.

К 1975 г. комплексами ASMS предполагается вооружить 20—30 строящихся и 25—35 находящихся в строю кораблей различных классов.

Разработка новых корабельных ЗРК в США предусматривает создание двух ракет «Стандарт» для замены ЗУР «Терьер» и «Тартар» с дальностью более 56 км (взамен «Терьер») и более 24 км (взамен «Тартар»).

Ракета первого варианта двухступенчатая, твердотопливная, с отделяющимся корпусом стартового РДТТ тандемного расположения. Ее длина 8,2 м, диаметр 0,3 м, стартовый вес 1060 кгс. Вторая ракета одноступенчатая, с двухрежимным маршевым РДТТ. Ее длина 4,57 м, диаметр 0,3 м, стартовый вес 590 кгс. В обоих вариантах ЗУР широко используются одинаковые элементы. Считают, что ракеты «Стандарт» потребуют небольших изменений боевых средств существующих корабельных ЗРК. Стоимость работ оценивается в 120 млн. долларов.

Командование ВМС США рассчитывает, что к 1974 г. новыми ЗРК будет вооружено 65 надводных кораблей различных классов.

Для борьбы с низколетящими самолетами в США (в основном для малых кораблей и вспомогательных судов) создан комплекс «С и с п а й р» («Сиспарроу»), разработанный на базе ракеты класса «воздух — воздух» «Спарроу-3».

Ракета «Спарроу-3» сверхзвуковая, снабжена РДТТ. Ее стартовый вес около 200 кгс, длина 3,7 м, диаметр корпуса 204 мм, вес обычной боевой части 27 кгс.

Для наведения на цель используется полуактивная радиолокационная головка самонаведения, работающая в режиме непрерывного излучения.

Для обнаружения целей предполагается использовать корабельную РЛС обнаружения, а для наведения ракеты — РЛС облучения цели, заимствованную с самолета.

Пусковая установка восьмизарядная, с переменным углом возвышения.

Ракеты размещаются в контейнерах, служащих одновременно направляющими для пуска.

В английском военно-морском флоте на вооружении кораблей также состоит несколько ЗРК.

Например, эскадренные миноносцы и фрегаты вооружены ЗРК «С и с л а г» (рис. 63, а).

В комплекс входят три РЛС: обнаружения и целеуказания; сопровождения цели; формирования луча для наведения ракеты на цель.

Ракета комплекса сверхзвуковая, двухступенчатая с четырьмя отделяющимися корпусами стартовых РДТТ бокового расположения, с маршевым ЖРД (рис. 63, б), работающим на метаноле и азотной кислоте в качестве окислителя (первые образцы). Ныне ЖРД заменен на РДТТ. Маршевый РДТТ включается сразу после отделения корпусов стартовых двигателей.

В передней части корпуса ЗУР размещаются обычная боевая часть с неконтактным взрывательным устройством и бортовые устройства теленаведения. Ракета наводится на цель по лучу РЛС.

Существуют две модификации ракеты (Мк. 1 и Мк. 2), отличающиеся дальностью полета (32 и 40 км соответственно). Максимальная скорость полета ракеты 1030 м/сек, потолок 20—23 км. Для ее запуска разработан пусковая установка на две или три ЗУР, представляющая собой решетчатую конструкцию из стали (рис. 63, а).

Процесс подачи ракет из хранилища на пусковую установку полностью автоматизирован, а управление и контроль за ним осуществляются дистанционно.

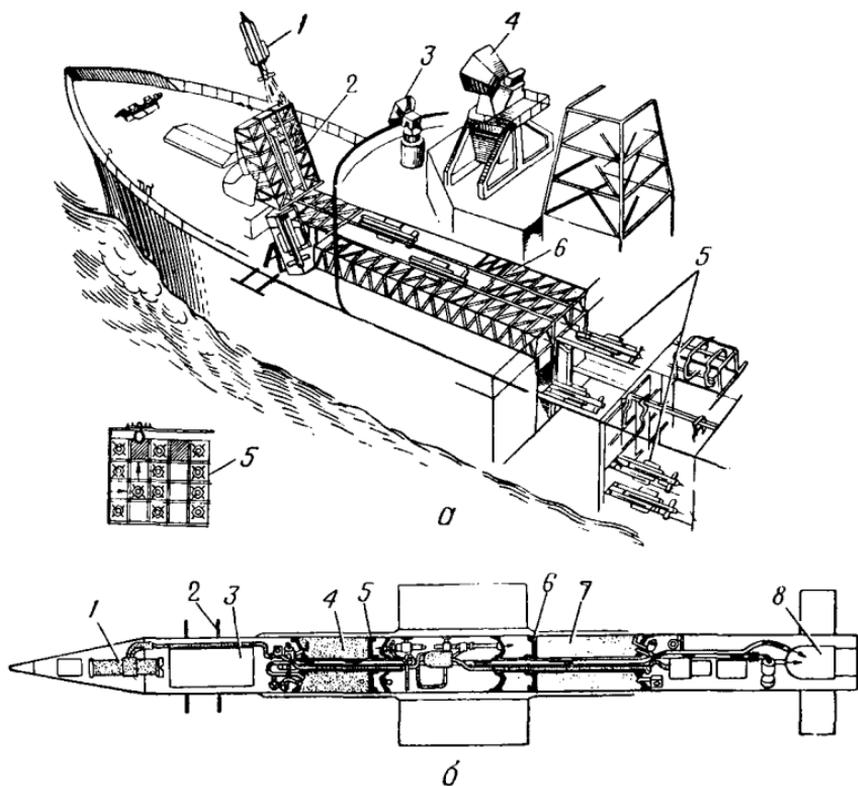


Рис. 63. Примерная схема размещения боевых средств ЗРК «Сислаг» на корабле и его ракета:

*a* — боевые средства ЗРК и система подачи ЗУР «Сислаг» из погреба: 1 — ЗУР; 2 — пусковая установка; 3 — РЛС наведения ЗУР; 4 — РЛС сопровождения цели; 5 — погреба для ЗУР; 6 — система продольной подачи ЗУР; *b* — схема устройства маршевой ступени ЗУР «Сислаг» (ранний вариант): 1 — газогенератор; 2 — антенна; 3 — аппаратура средств наведения; 4 — топливо (метанол); 5, 6 — поршни топливной системы; 7 — окислитель (азотная кислота); 8 — камера сгорания

В погребе ракеты размещаются на тележках в окончательно снаряженном виде. С помощью гидравлического привода тележки с ЗУР подаются по рельсовым направляющим к вертикальным шахтам. Из шахт ракеты посредством тельферов подаются на палубу, где устанавливаются на направляющие продольной системы подачи ракет, по которым транспортируются к пусковой установке (рис. 63, *a*).

Другим более новым в Англии считается ЗРК «Сидарт», который помимо самолетов может перехватывать крылатые ракеты, а также бороться с надводными и наземными целями.

Ракета (рис. 64) имеет стартовый тандемного расположения РДТТ с отделяемым корпусом и маршевый ПВРД.

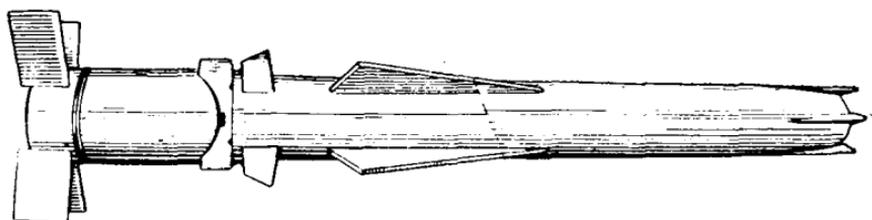


Рис. 64. ЗУР «Сидарт»

В корабельном варианте система обнаружения и целеуказания получает информацию о воздушных целях от корабельной РЛС обнаружения.

Ракета наводится на цель полуактивной радиолокационной головкой самонаведения.

Для борьбы с низколетящими дозвуковыми средствами воздушного нападения на дальностях до 6 км и высотах до 3 км английские корабли всех классов оснащаются невсепогодным неавтоматическим ЗРК «Сикэт».

Комплекс состоит на вооружении ВМС Великобритании с 1961 г. Кроме того, им оснащены корабли ВМС Австралии, ФРГ, Швеции, Бразилии и других стран.

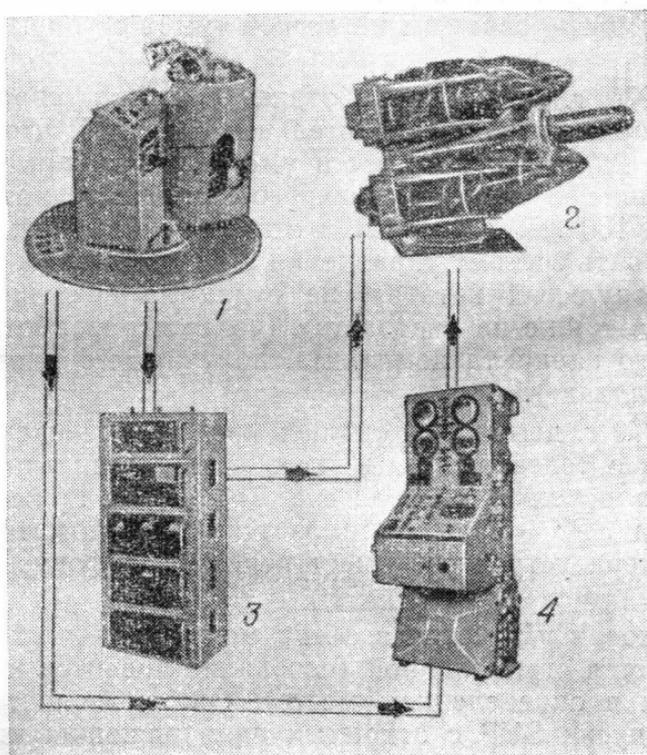
Известны две модификации этого ЗРК — для эсминцев и для сторожевых кораблей. Они используют единую ЗУР «Сикэт» и имеют идентичные схемы построения и действия. Отличие состоит в конструктивном оформлении некоторых элементов средств управления ЗУР и в пусковых установках (для эсминцев она рассчитана на 4 ракеты, для сторожевых кораблей — на 12 ракет).

Размещение на сторожевом корабле двух пусковых установок с ЗУР, по мнению специалистов, создает достаточный запас ракет и не требует их подачи из трюмов корабля, как на эсминце.

В качестве системы обнаружения и целеуказания для обеих модификаций ЗРК используются РЛС обнаруже-

ния, а также средства опознавания целей и целеуказания, установленные на кораблях и входящие в общую систему управления их огнем. Оператор управления стрельбой комплекса «Сикэт», находящийся на главном пункте управления огнем корабля, по данным РЛС обнаружения и средств опознавания выбирает цель для обстрела и дистанционно разворачивает на нее по азимуту средства управления ЗУР, осуществляя тем самым целеуказание.

Средства управления ЗУР комплекса включают: пост сопровождения цели и ракеты, счетно-решающий прибор наведения, станцию передачи радиокоманд на борт ЗУР и пульт управления пусковой установкой (рис. 65). Эти



**Рис. 65.** ЗРК «Сикэт» в варианте для эскадренного миноносца:

1 — пост сопровождения цели и наведения ракет; 2 — счетверенная пусковая установка с ЗУР, закрытыми эластичными герметическими оболочками, и со станцией передачи команд; 3 — счетно-решающий прибор; 4 — пульт управления пусковой установкой

устройства монтируются на вращающейся в азимутальной плоскости платформе и на пусковой установке (станция передачи радиокоманд).

Пост сопровождения имеет широкоугольный бинокулярный прицел (визир), предназначенный для «захвата» и сопровождения цели, а также трассера ЗУР. Оптическая ось этого прицела может быть повернута оператором в угломестной и азимутальной плоскостях с помощью двух рукояток. В правой рукоятке смонтирован также нажимной рычаг для сопровождения ЗУР при ее наведении. Вместе с осью прицела дистанционно поворачиваются и направляющие пусковой установки.

В модификации для сторожевых кораблей пост сопровождения заменен устройством с бинокулярным прицелом, смонтированным на легкой тумбе с упругим основанием.

В 1970 г. были разработаны средства управления ЗУР с применением твердотельных модулей, что позволило на 2/3 снизить их вес и уменьшить габариты (так, высота шкафа счетно-решающего прибора сократилась с 1520 до 180 мм). В связи с этим считают возможным монтировать систему управления ЗУР «Сикэт» на небольших патрульных катерах, на судах на воздушной подушке, а также на вертолетах (ведется разработка вертолетного варианта комплекса, получившего наименование «Хеллкэт»).

В 1970 г. демонстрировались средства наведения ЗУР «Сикэт» с телевизионным устройством для автоматического сопровождения трассера ЗУР. С ее применением стрельба ЗРК «Сикэт» становится полуавтоматической. Телекамера устройства имеет переменное фокусное расстояние.

Пусковая установка в обеих модификациях комплекса является стационарной (основание крепится к палубе корабля в определенном месте). Она позволяет производить пуски ЗУР с открытых направляющих конечной длины при переменных углах, придаваемых с помощью электрогидравлических механизмов наведения.

Заряжается пусковая установка вручную, для чего дистанционной командой с пульта управления приводится в положение для заряжания — направляющим придается вертикальное положение. Время ручного заряжа-

ния счетверенной пусковой установки 40 сек (по другим источникам — 3 мин).

К пусковой установке на эсминце ракеты подаются из погребов с помощью лебедки. Некоторый их запас может храниться в стеклопластиковых контейнерах на палубе. Для предохранения от морской воды и метеофакторов каждая ЗУР покрывается эластичной пластмассовой герметизирующей оболочкой, которую можно не снимать перед пуском.

Взамен счетверенной пусковой установки разработана строенная, которая вдвое легче первой — весит 1270 кгс.

Зенитная управляемая ракета для комплекса известна в двух модификациях: «Сикэт-1» и «Сикэт-2».

ЗУР «Сикэт-1» дозвуковая (максимальная скорость полета 270 м/сек), одноступенчатая, построена по аэродинамической схеме «поворотное крыло». Снабжена двухрежимным РДТТ. Не имеет отделяющихся в полете частей. При полете на максимальную дальность использует пассивный участок траектории. Наводится радиокомандным теленаведением по методу «накрытия цели».

Стартовый вес ракеты 64 кгс, длина 1,47 м, диаметр корпуса 0,2 м, размах крыльев и стабилизаторов, расположенных в смещенных на 45° плоскостях, 0,6 м.

Ракета состоит из отсеков: носового обтекателя с инфракрасным неконтактным взрывательным устройством, обычной боевой части, электронной аппаратуры средств наведения, приводов поворотных крыльев, РДТТ маршевого режима, РДТТ стартового режима и сопел двигателей.

Отсеки ЗУР скрепляются между собой пружинными замками, надежное электрическое соединение между ними обеспечивается пружинными торцовыми контактами, упирающимися при сборке в соответствующие контакты печатного монтажа.

Поворотные крылья (угол стреловидности передней кромки 60°) изготовлены из стеклоткани, пропитанной смолами и заполненной жестким пенопластом. На передних и оконечных кромках всех крыльев размещены чувствительные элементы ударного взрывательного устройства, а на двух из них, кроме того, и антенны приемника радиокоманд наведения.

На всех стабилизаторах, имеющих аналогичную с крыльями конструкцию, сделаны гнезда для трассеров (обычно используют два трассера).

Рулевые машинки поворотных крыльев приводятся от гидропривода, который действует от отводимых газов маршевого РДТТ, проходящих через гидравлический аккумулятор давления.

Топливо стартового и маршевого РДТТ расположено и выгорает последовательно.

Сообщалось, что ЗУР «Сикэт-2» является сверхзвуковой и обеспечивает боевую высоту 6 км.

Английские специалисты считают, что ЗРК «Сикэт» будет использоваться до середины 80-х годов, а новая строенная пусковая установка — до 1978 г.

Ведутся работы над подобным ЗРК следующего поколения. Полагают, что это будет всепогодно-невсепогодный комплекс с командным теленаведением. Его ракеты, обладающие повышенной скоростью полета и маневренностью, с боевой частью новой конструкции можно будет запускать с имеющихся корабельных пусковых установок после незначительной их модернизации. Поступление этой ЗУР планируется на конец 70-х годов.

Во Франции в 1958 г. была начата разработка ЗРК «Масурка» для кораблей водоизмещением более 3000 т. В 1964 г. комплекс был подготовлен к серийному производству. Ракета комплекса, внешне схожая с американской ЗУР «Терьер-2», двухступенчатая, с маршевым и стартовым РДТТ.

Стартовый ускоритель тандемного расположения с четырьмя стабилизаторами (длительность работы ускорителя 4 сек) имеет отделяемый корпус.

Боевая часть ракеты обычная, с неконтактным взрывательным устройством.

ЗУР разработана в двух вариантах: с теленаведением и с радиолокационным полуактивным самонаведением. При теленаведении ЗУР наводится по методу «накрытие цели».

Корабельное оборудование комплекса состоит из спаренной пусковой установки (рис. 66) и двух радиолокаторов: РЛС обнаружения и РЛС сопровождения цели, которая осуществляет теленаведение ракеты или облучение цели (для ракет с самонаведением). Это оборудование обеспечивает пуск ракет с интервалом 5 сек и од-

новременное наведение их на цель. Ракета рассчитана на поражение целей до высоты 21 км.

Основные характеристики рассмотренных ЗРК ПСО кораблей приведены в приложении 5, а характеристики ЗУР — в приложении 6.

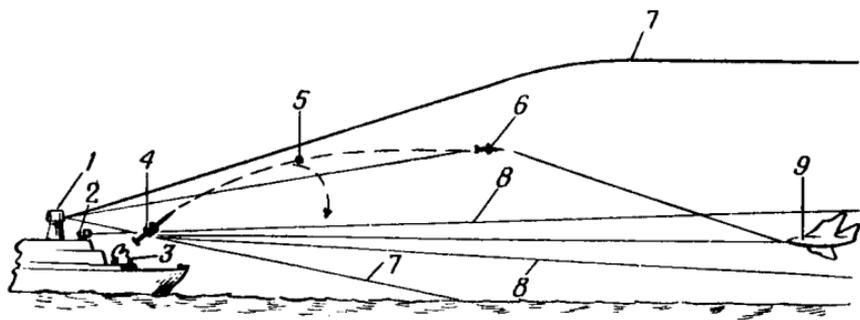


Рис. 66. Схема действия ЗРК «Масурка»:

1 — РЛС обнаружения цели; 2 — РЛС сопровождения цели; 3 — пусковая установка; 4 — ракета; 5, 6 — захват цели головкой самонаведения и наведение ракеты на цель; 7 — диаграмма направленности РЛС обнаружения; 8 — диаграмма направленности РЛС сопровождения цели; 9 — цель

#### § 4. КОМПЛЕКСЫ ПРОТИВОРАКЕТНОЙ ОБОРОНЫ

Борьба с баллистическими ракетами (БР) существенно отличается от борьбы с самолетами как по своей организации, так и по теоретическим предпосылкам.

Впервые в этом убедились английские специалисты в области ПВО, которым пришлось в 1944 г. искать средства борьбы с баллистическими ракетами Фау-2, когда немцы начали обстреливать ими территорию Англии.

Английские специалисты исследовали перехват этих ракет в полете, но это оказалось невозможным. Тогда было принято решение уничтожать стартовые позиции и склады ракет, которые находились за сотни километров от берегов Англии. Но и эти меры не дали ожидаемых результатов. Обстрел Англии ракетами Фау-2 продолжался с многочисленных неразведанных стартовых позиций.

Предложенная англичанами система ПРО включала: РЛС обнаружения и сопровождения атакующих ракет; ЗУР — противоракеты для их поражения и радиолокационные средства для наведения противоракет на цель.

Однако после анализа возможности создания подобной системы английские специалисты пришли к выводу,

что это неразрешимая задача, так как существовавшие тогда РЛС могли обнаруживать ракеты Фау-2 на дальности не более 100 км и с низкой точностью определять параметры траекторий их полета.

Кроме того, тогда не представлялось возможным создать необходимые средства наведения противоракет.

Проблемой борьбы с БР в то время занимались и американские специалисты. Однако их выводы были столь же неутешительными, и разработка системы ПРО была прекращена на сравнительно долгое время.

В середине 50-х годов в связи с тем, что в некоторых промышленно развитых странах на вооружение стали поступать БР, проблема борьбы с ними вновь была поставлена в число первоочередных.

Зарубежные специалисты считали, что в принципе можно создать различные комплексы ПРО с использованием РЛС и ЗУР — противоракет и что система ПРО из таких комплексов в масштабе государства сможет обеспечить защиту важнейших административно-политических, промышленных и военных объектов.

Сравнительно долго американские специалисты возлагали надежды на первый дуэльный ЗРК ПРО страны «Найк-Зевс» с одноименными противоракетами, работы над которым были начаты в 1957 г.

Радиолокационные станции обнаружения для ЗРК «Найк-Зевс» было намечено разместить в Англии, Гренландии и на Аляске.

Данные о целях РЛС обнаружения должны были выдавать центрам обороны, расположенным у прикрываемых объектов и обслуживающим одну или несколько батарей комплексов (рис. 67).

Центр обороны являлся системой обнаружения и целеуказания ЗРК. Предполагалось, что он будет иметь свою РЛС обнаружения (состоящую из разнесенных приемной и передающей антенн) с дальностью действия 2400 км и командный пункт со счетно-решающим прибором.

Центр обороны должен был в течение 20 сек производить целераспределение, выдавая на соответствующие батареи комплекса данные о нескольких целях.

Батарея ЗРК включала: одну РЛС опознавания целей; средства управления противоракетой (одну РЛС сопровождения цели, несколько РЛС сопровождения про-

тиворакет, командный пункт со счетно-решающим прибором); несколько пусковых установок и запас противоракет.

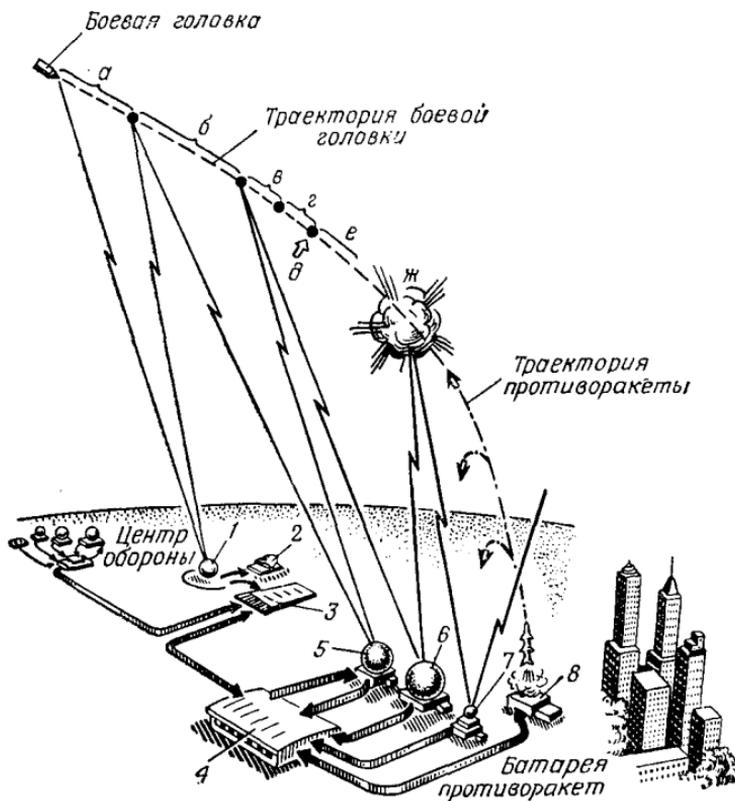


Рис. 67. Схема перехвата головных частей БРДД средствами системы ПРО «Найк-Зевс»:

1 — передающая антенна РЛС обнаружения; 2 — приемная антенна РЛС обнаружения; 3 — командный пункт центра обороны; 4 — командный пункт батареи; 5 — РЛС опознавания целей; 6 — РЛС сопровождения цели; 7 — РЛС сопровождения противоракеты; 8 — пусковая установка; а — обнаружение цели; б — опознавание цели; в и г — захват цели РЛС сопровождения; д — момент пуска противоракеты; е — полет головной части до точки встречи; ж — точка встречи

Станция опознавания целей с дальностью действия около 1000 км предназначалась для опознавания (селекций) атакующих головных частей БР на фоне сопровождающих их ложных целей.

Данные о каждой цели (в том числе и о пока неопознанных ложных) поступали в счетно-решающий прибор

батареи, где автоматически сравнивались с эталонными данными, полученными заранее путем экспериментального замера параметров летящих головных частей БР и введенными в запоминающее устройство счетно-решающего прибора.

После опознавания головных частей, на которое затрачивается около 30 сек, данные передаются на РЛС сопровождения цели, имеющую дальность действия 320 км.

Эта станция отличается высокой точностью определения параметров полета головной части. Она способна с помощью счетно-решающего прибора батареи за 10 сек рассчитать точку встречи и момент запуска противоракеты.

РЛС сопровождения противоракеты осуществляет радиокомандное ее теленаведение и передает команду на подрыв боевой части.

Противоракета «Найк-Зевс» (рис. 68) трехступенчатая, сверхзвуковая, с отделяющимися в полете тандем-

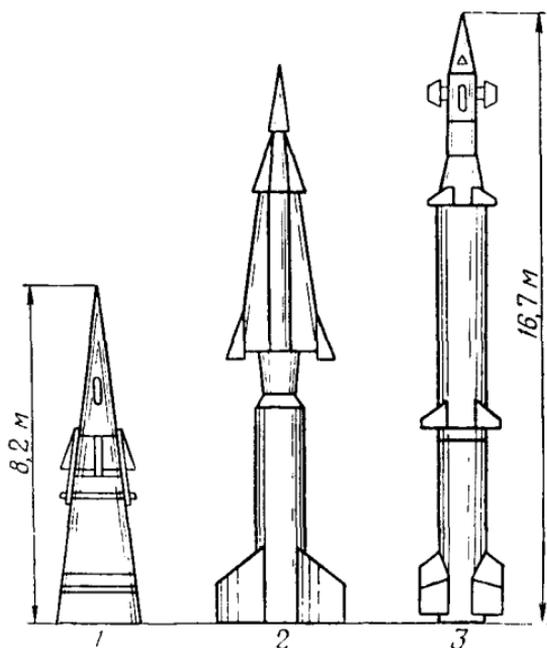


Рис. 68. Схемы противоракет «Спринт» (1), «Найк-Зевс» (2) и «Спартан» (3)

но расположенными корпусами РДТТ первой и второй ступеней.

Третья ступень содержит аппаратуру наведения, маршевый РДТТ и ядерную боевую часть.

На корпусе этой ступени расположены четыре руля, служащие для управления полетом противоракеты в плотных слоях атмосферы (до высоты около 30 км). На больших высотах управление газодинамическое, осуществляемое отклонением струи газов РДТТ.

Пусковая установка для противоракеты «Найк-Зевс» подземная, стационарная, на одну ракету, с постоянным (вертикальным) углом возвышения.

При разработке ЗРК «Найк-Зевс» основное внимание обращали на поражение цели на возможно больших дальностях и высотах, что, как полагали, исключало повреждение наземных объектов в результате взрыва ядерных зарядов противоракеты и атакующей головной части БР.

При этом считали, что РЛС должна надежно опознавать истинную цель до входа ее в плотные слои атмосферы. Однако выяснилось, что выделить истинную цель при наличии ложных — очень трудная задача и требовался запуск многих дорогостоящих противоракет по каждой из обнаруженных целей, что выходило за пределы возможностей комплекса «Найк-Зевс».

Проведенные в США исследования по распознаванию ложных целей показали, что их легче опознать в верхних слоях атмосферы, чем в космическом пространстве. Это привело к разработке комплексов ПРО, в которых предполагалось использовать новую противоракету, рассчитанную на перехват цели на высотах до 30 км, а не на 100—160 км, как в комплексе «Найк-Зевс». Новую противоракету называли «Спринт», а комплекс, включающий эту противоракету, — «Найк-Х» («Найк-Икс»).

Для нового комплекса была создана многофункциональная РЛС с фазированной антенной решеткой и с электронным управлением радиолучом, что позволяло практически мгновенно производить обзор пространства на дальностях до 3200 км.

Считалось, что благодаря применению такой РЛС комплекс «Найк-Х» будет работать только с двумя (а не с четырьмя, как у «Найк-Зевс») типами РЛС.

Полагали, что по целеуказанию от станций раннего обнаружения (так же, как и в комплексе «Найк-Зевс») эта РЛС сможет обнаруживать цели и опознавать их.

Теленаведение нескольких противоракет одновременно предполагалось осуществлять от РЛС сопровождения, также имеющей фазированную антенную решетку.

Противоракета «Спринт» (рис. 68) предназначалась для поражения целей после их входа в атмосферу на наклонных дальностях 50—60 км и на высотах около 30 км.

Она планировалась как дополнительное прикрытие отдельных важных объектов или районов. Считалось, что наличие такой противоракеты позволит образовать второй рубеж обороны и, таким образом, повысить надежность ПРО в целом.

Противоракета «Спринт» двухступенчатая, ее РДТТ позволяет достигать скорости 1,6 км/сек и развивать осевое ускорение до 100 g. Это дает возможность исчислять время перехвата секундами.

Длина противоракеты 8,2 м, максимальный диаметр 1,37 м, вес 3,4 тс. Мощность ее ядерной боевой части составляет несколько килотонн.

Противоракета имеет носовой конус с абляционным теплозащитным покрытием (слой специального вещества).

Она запускается из шахты с помощью газогенераторной ступени, а двигатель первой ступени включается уже после выхода ракеты из шахты.

Изучая проблему защиты подземных стартовых позиций баллистических ракет, специалисты США пришли к выводу, что необходимо создать еще одну противоракету, способную уничтожать головные части БР противника на высотах 14—20 км. Тем самым будет обеспечен максимум времени для распознавания целей.

Противоракета «Хайбекс» по форме напоминает противоракету «Спринт». Она имеет две ступени с РДТТ, работающими на быстрогорящем топливе и сообщающими ей очень большие осевые ускорения (500—800 g).

В качестве основной была принята противоракета «Спартан» (рис. 68), представляющая собой модификацию противоракеты «Найк-Зевс».

Противоракета «Спартан» трехступенчатая, с двигателями на твердом топливе. Ее длина 16,7 м, диаметр 1,1 м, вес несколько более 15 тс, дальность перехвата

более 640 км. Наличие мощной ядерной боевой части (1—2 Мт), как считают, позволит эффективно использовать эту противоракету для стрельбы по «облаку», состоящему из истинных и ложных целей и обломков последней ступени атакующей БР, в том случае, когда РЛС не сможет выделить из него истинные цели. При взрыве ядерной боевой части внутри «облака» ожидается либо поражение истинной (истинных) цели, либо уменьшение количества объектов, образующих «облако».

Противоракета размещается вертикально в подземной шахте, закрытой легким колпаком. РДТТ ее первой ступени начинает работать в шахте.

Считают, что противоракета способна развить скорость, соответствующую числу  $M=8$ , обеспечивая перехват цели на удалении 100 км за 15 сек.

Средства наведения противоракеты включаются сразу же после выхода ее из шахты.

Таким образом, комплекс «Найк-Х» в варианте ПРО стартовых позиций баллистических ракет дальнего действия включает три типа противоракет: «Спартан», «Спринт» и «Хайбекс».

Первыми по обнаруженным целям должны запускаться противоракеты «Спартан». За это время РЛС производит распознавание атакующих боевых головок, и по ним запускаются противоракеты «Спринт», встреча которых с целями происходит на высотах до 30 км. В связи с тем, что воздушный ядерный взрыв на этих высотах опасен для различных наземных объектов, предполагалось строительство специальных убежищ. Для защиты сильно укрепленных от воздушных ядерных взрывов наземных объектов мыслилось использовать комплексы «Найк-Х» только с противоракетами «Спринт» и «Хайбекс».

Основной радиолокационной станцией комплекса считалась многофункциональная станция MAR с фазированной антенной решеткой. Она должна обеспечивать одновременно обнаружение, распознавание и сопровождение нескольких целей, а при необходимости — также наведение на них нескольких противоракет. Станция работает в диапазоне дециметровых радиоволн.

Разрабатывался ее менее сложный и более дешевый вариант MAR-2 или TACMAR. В зависимости от усложнения средств нападения возможности TACMAR нара-

щаются путем установки дополнительных антенных элементов. Станция размещается в частично заглубленном здании размером  $30 \times 76 \times 76$  м.

При наличии четырех плоскостей фазированных решеток станция обеспечивает круговое наблюдение.

Кроме того, комплекс «Найк-Х» включал станцию MSR, которая предназначалась главным образом для наведения противоракет. Эта РЛС может также обнаруживать и распознавать цели на удалении до 1300 км. Сооружения станции занимают участок размером  $1300 \times 900$  м. РЛС оснащена четырехсторонним антенным устройством общей высотой 40 м с фазированными антенными решетками.

Считалось, что эта РЛС позволит также обнаруживать ракеты, запускаемые с подводных лодок.

Для наведения противоракет «Спартан» станции MSR мыслилось размещать так, чтобы секторы их обзора перекрывались. Считали, что это позволит использовать для наведения противоракет данные, получаемые от соседних комплексов.

Третьим типом РЛС комплекса являлась станция PAR, которая предназначалась для обнаружения и распознавания целей на удалении до 4000 км и слежения одновременно за несколькими объектами. Предполагалось, что БР, запущенные с евроазиатского материка и летящие до территории США около 30 мин, через 10—15 мин после их запуска будут обнаружены этой РЛС.

Антенное устройство РЛС, работающей в дециметровом диапазоне радиоволн, состоит из фазированных решеток, лицевая сторона каждой из которых имеет диаметр более 34 м.

Помимо раннего обнаружения РЛС PAR может осуществлять распознавание целей и давать целеуказание станциям MSR, а также управлять противоракетами «Спартан».

Все сооружения станции занимают участок площадью  $1100 \times 1100$  м, а ее основная аппаратура размещена в здании размером  $40 \times 61 \times 61$  м.

Совместно с противоракетами «Хайбекс» предполагалось использовать сравнительно дешевую радиолокационную станцию HAPDAR.

Особенностью всех РЛС комплекса считалось то, что их конструкция позволяет наращивать боевые возможно-

сти путем добавления новых модулей уже после окончания строительства.

Обработка данных о целях и противоракетах и проведение необходимых расчетов возлагались в комплексе на быстродействующую электронно-вычислительную технику.

Схема разворачивания комплексов «Найк-Х» в ее полном варианте приведена на рис. 69.

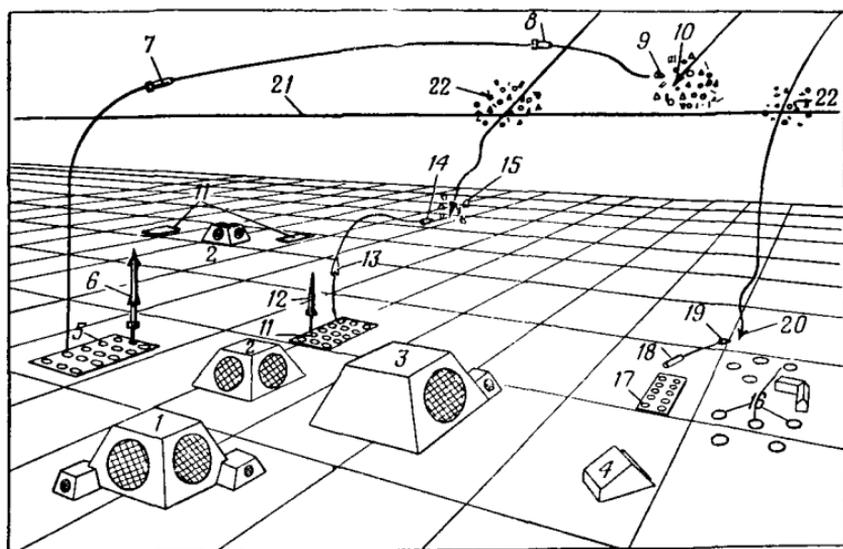


Рис. 69. Схема комплекса ПРО «Найк-Х» при охране стартовых позиций БРДД:

1, 2, 3 и 4 — РЛС системы ПРО «Найк-Х» (TACMAR, MSR, PAR и HAPDAR); 5 — пусковые установки (шахты) противоракет «Спартан»; 6 — противоракеты «Спартан»; 7 — отделение первой ступени; 8 — отделение второй ступени; 9 — третья ступень противоракеты «Спартан»; 10 — головная часть атакующей ракеты и ложные цели; 11 — пусковые установки (шахты) противоракет «Спринт»; 12 — противоракета «Спринт»; 13 — отделение первой ступени противоракеты «Спринт»; 14 — вторая ступень противоракеты «Спринт»; 15 — головная часть атакующей ракеты и ложные цели; 16 — охраняемые стартовые позиции баллистических ракет; 17 — стартовые позиции противоракет «Хайбекс»; 18 — первая ступень противоракеты «Хайбекс»; 19 — вторая ступень противоракеты «Хайбекс»; 20 — головная часть атакующей баллистической ракеты; 21 — плотные слои атмосферы; 22 — ложные цели при входе в атмосферу

В 1967 г. в США было принято решение не строить комплексы «Найк-Х», так как, по мнению некоторых специалистов, они не смогут в будущем обеспечить надежную защиту от массированного ракетного удара с применением новейших средств преодоления ПРО.

Основное внимание было сосредоточено на создании комплекса ПРО «Сентинел», а затем «Сейфгард»,

имеющих те же боевые средства, что и «Найк-Х». Однако использование этих средств намечалось на иных организационных принципах.

За последние годы за рубежом широкое распространение получило мнение о возможности использования комплексов ПРО, базирующихся на надводных кораблях и подводных лодках.

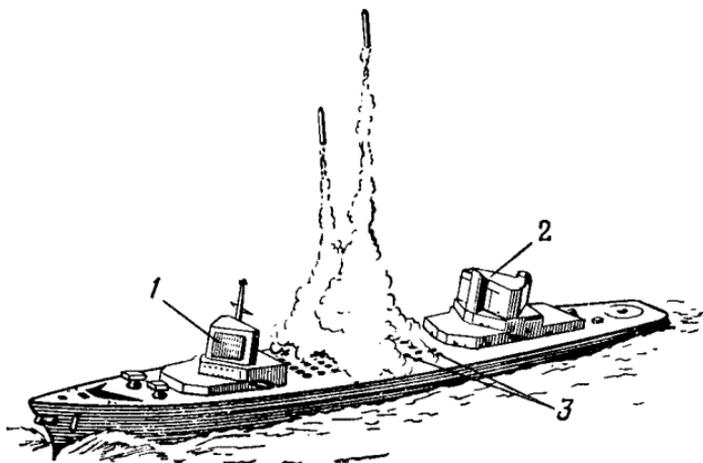


Рис. 70. Схематическое изображение корабля с комплексом ПРО «Сабмис»:

1, 2 — РЛС с фазированными антенными решетками; 3 — шахты для пуска противоракет

В одном из таких комплексов, разрабатываемом в США и получившем название «Сабмис», в качестве противоракеты предполагалось использовать модификационную ракету «Посейдон» уменьшенной дальности действия, которая должна осуществлять перехват БР над океаном или как можно дальше от обороняемой территории. Для этого в качестве возможных районов базирования кораблей ПРО приняты Норвежское море, Берингов пролив, Тихий океан, Японское и Желтое моря.

Намечалось использовать корабли ПРО водоизмещением 20 000—30 000 т, длиной не менее 220 м, а с учетом необходимости вертикального размещения довольно громоздких противоракет и со значительной высотой корпуса (рис. 70). На мостике и кормовой настройке корабля должны быть установлены антенны РЛС с фазиро-

ванными решетками. Много места отведено для электронной аппаратуры, обеспечивающей пуск противоракет и опознавание целей. На каждом корабле планировалось разместить 40—60 противоракет.

Считалось, что корабли с комплексами «Сабмис» должны обладать высокой скоростью хода и хорошей мобильностью.

При этом мыслилось, что корабельные комплексы ПРО позволят заранее обнаруживать и опознавать цели, что якобы дает возможность выиграть время для подготовки ЗРК ПРО страны.

Корабельные комплексы ПРО создаются и в других странах. Так, в Англии с 1968 г. разрабатывается комплекс «Сивульф» (ранее эта разработка велась по проекту РК-430).

Комплекс будет иметь радиокомандное теленаведение. Запуск противоракет «Сивульф» предполагается производить с пусковой установки с четырьмя или более направляющими.

В Японии считают возможным использовать комплексы ПРО «Сабмис», размещаемые на крейсерах.

В США велись работы и по созданию комплекса ПРО «Абмис», размещаемого на самолете, который, как и «Сабмис», позволяет сместить линию обороны в сторону океана или в полярные районы.

Полагали, что самолеты типа С-5А, оборудованные таким ЗРК (РЛС и противоракеты) будут подниматься в воздух лишь во время напряженной международной обстановки и постоянно находиться в 15-минутной готовности.

Другим американским комплексом ПРО считался «Минитмейд». В нем предполагалось использовать снятые с вооружения ракеты «Минитмен-1», а данные о целях намечали получать от РЛС типа PAR.

Несмотря на большие работы в области ПРО страны, за рубежом в настоящее время нет единого мнения по вопросу создания того или иного противоракетного комплекса.

В США и в других странах выполнялись работы по созданию войсковых комплексов ПРО, которые показали, что в принципе создание таких ЗРК возможно.

Так, в США разрабатывался войсковой универсальный комплекс «Фабмидс», который предназначался для защиты войск от БР ближнего действия и авиации.

В состав комплекса входила многоканальная РЛС обнаружения, сопровождения целей и наведения ракет с фазированной антенной решеткой. Согласно проекту, эта станция для обеспечения ПРО должна была одновременно наводить 14 ракет из расчета обстрела одной БР двумя-тремя ракетами.

Максимальная наклонная дальность действия ракеты предполагалась 100 км, максимальная высота 30 км.

Разрабатывался в США и другой войсковой комплекс, названный ААДС-70, в основу которого были положены решения по ЗРК «Фабмидс». Комплекс предполагался универсальным и предназначался для ПВО войск на поле боя от самолетов и тактических БР.

Однако он получался слишком дорогостоящим, и в конце 1964 г. было принято решение о создании другого универсального комплекса — SAM-Д. Он должен вести борьбу с самолетами, имеющими современные летно-технические характеристики и летящими на малых, средних и больших высотах, а также с тактическими и оперативно-тактическими баллистическими ракетами. Работы над этим комплексом продолжаются.

Одновременно с этим в США начиная с 1960 г. продолжали совершенствовать и для ПРО войск принятые в конце 50-х годов комплексы ПСО «Хок» и «Найк-Геркулес».

Это усовершенствование в основном охватывало создание РЛС с большими мощностями излучения для увеличения дальности их действия; сокращение времени реакции комплексов в целом; повышение помехозащищенности РЛС; разработку более мощной боевой части ракеты; повышение точности наведения.

Основные характеристики противоракет и пусковых установок рассмотренных комплексов ПРО приведены в приложении 2.

## ГЛАВА 4

### ПРОТИВОСАМОЛЕТНАЯ И ПРОТИВОРАКЕТНАЯ ОБОРОНА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

(По взглядам зарубежных специалистов)

Анализируя средства воздушного нападения, зарубежные специалисты пришли к выводу, что авиация является перспективным средством нападения и что необходимо обеспечивать оборону от нее путем уничтожения в полете. При этом считается, что угроза с воздуха может быть в виде воздушной разведки и в виде нападения.

За рубежом ПСО подразделяют на оборону территории страны, войск и кораблей. Каждая из них имеет свои силы, средства и специфические особенности организации.

#### § 1. ПРОТИВОСАМОЛЕТНАЯ ОБОРОНА ТЕРРИТОРИИ СТРАНЫ

Противосамолетная оборона территории страны представляет собой стройную систему, создаваемую еще в мирное время в масштабе государства по единому плану.

В ее состав обычно входят средства обнаружения и опознавания воздушного противника, средства целеуказания, а также активные средства, предназначенные для уничтожения воздушных целей, — истребительная авиация, зенитные ракетные комплексы и зенитная артиллерия.

Зарубежные специалисты считают, что ПСО территории страны должна строиться эшелонированной по глубине с задачей уничтожения воздушного противника как можно дальше от обороняемых объектов.

Силы и средства ПСО рекомендуется при этом сосредоточивать на главных направлениях для прикрытия наиболее важных районов и объектов. Считают, что

равномерное прикрытие всей территории страны не может обеспечить надежную защиту от ядерных ударов, оно лишь приведет к распылению сил и средств противосамолетной обороны и облегчит противнику ее прорыв.

Для поражения авиации противника на дальних подступах от охраняемых объектов предполагается использовать истребители ПСО большого радиуса действия.

На случай прорыва самолетов планируются удары по ним на всем маршруте полета к обороняемым объектам. Эта задача возлагается на истребители ПСО ближнего действия и ЗРК дальнего действия.

На подступах к важным объектам устанавливаются подразделения ЗРК, а зенитная артиллерия располагается вблизи объектов и непосредственно на самих объектах.

Из сказанного видно, что за рубежом ПСО территории страны основана на использовании различных видов и типов оружия при централизованном управлении и едином руководстве обороной, эшелонированной по глубине.

Оценивая эффективность своей системы ПСО, американские специалисты высказывают предположение, что она может пропустить до 30% атакующих самолетов.

Организация системы противосамолетной обороны территории страны рассматривается на примере ПСО Североамериканского континента.

К началу 60-х годов в США была создана сложная, глубоко эшелонированная система противосамолетной обороны Североамериканского континента, возглавляемая объединенным командованием ПВО (США и Канады), «Н о р а д».

Территория США и Канады, обслуживаемая силами и средствами «Норад», разделена на районы, которые состоят из зональных секторов ПВО.

В начале 1968 г. авиационное командование ПВО ВВС США было переименовано в авиационное командование противовоздушной и противокосмической обороны (ПВКО), что подчеркнуло ответственность ВВС США за весь комплекс противосамолетной, противоракетной и противокосмической обороны страны и отразило возросшее внимание к вопросам ПВО.

В ведении командования ПВКО находятся системы управления средствами ПСО «Сейдж» и «Бюик», систе-

ма дальнего обнаружения ПРО «Бимьюс» и другие. Все соединения и объединения ПВКО входят в систему «Норрад».

Основу системы противосамолетной обороны «Норрад» составляет полуавтоматическая система «Сейдж» наземного управления силами и средствами ПСО. Она решает задачи по обнаружению над континентом крылатых летательных аппаратов, их опознаванию, перехвату

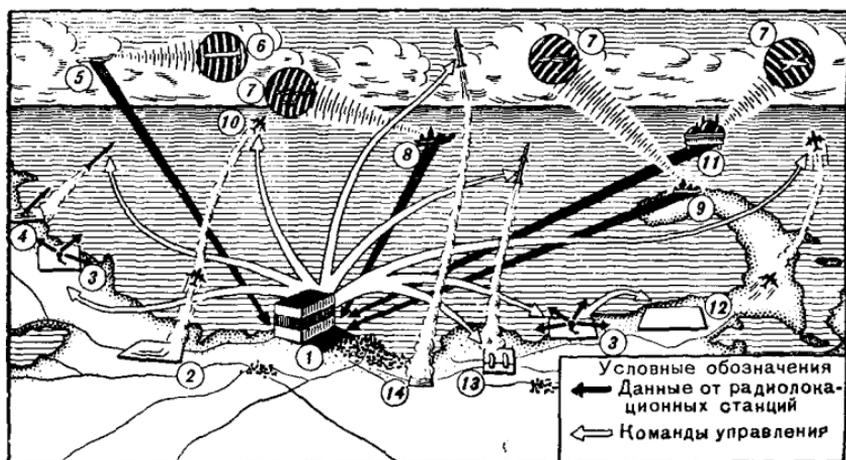


Рис. 71. Примерная схема размещения системы «Сейдж» в прибрежном районе (ранний вариант):

1 — центр управления сектором; 2 — аэродром истребителей-перехватчиков ВВС; 3 — радиорелейные станции; 4 — пусковые установки противоракет; 5 — самолет радиолокационного дозора; 6 — баллистическая ракета противника; 7 — самолеты атакующей стороны; 8 — корабль радиолокационного дозора; 9 — наземная РЛС; 10 — истребители-перехватчики; 11 — РЛС на вышках; 12 — аэродром истребителей-перехватчиков ВМС; 13 — ЗРК «Найк-Геркулес»; 14 — пусковые установки ЗРК «Бомарк»

и уничтожению. Для этого используются наземные, самолетные и корабельные РЛС, электронные вычислительные машины и активные средства ПСО.

В систему «Сейдж» (рис. 71) входят следующие основные элементы: устройства передачи данных воздушной обстановки от средств разведки в центры управления; центры управления (наведения), где оцениваются, обрабатываются и анализируются данные и вырабатываются наиболее рациональные решения; устройства передачи данных от центров управления на командные пункты истребительной авиации и подразделений зенитных ракетных комплексов.

Сеть системы обнаружения и сопровождения целей базируется на линиях дальнего радиолокационного обнаружения «Дьюи», «Мид-Канада» и «Поинтри», а также на атлантическом и тихоокеанском радиолокацион-

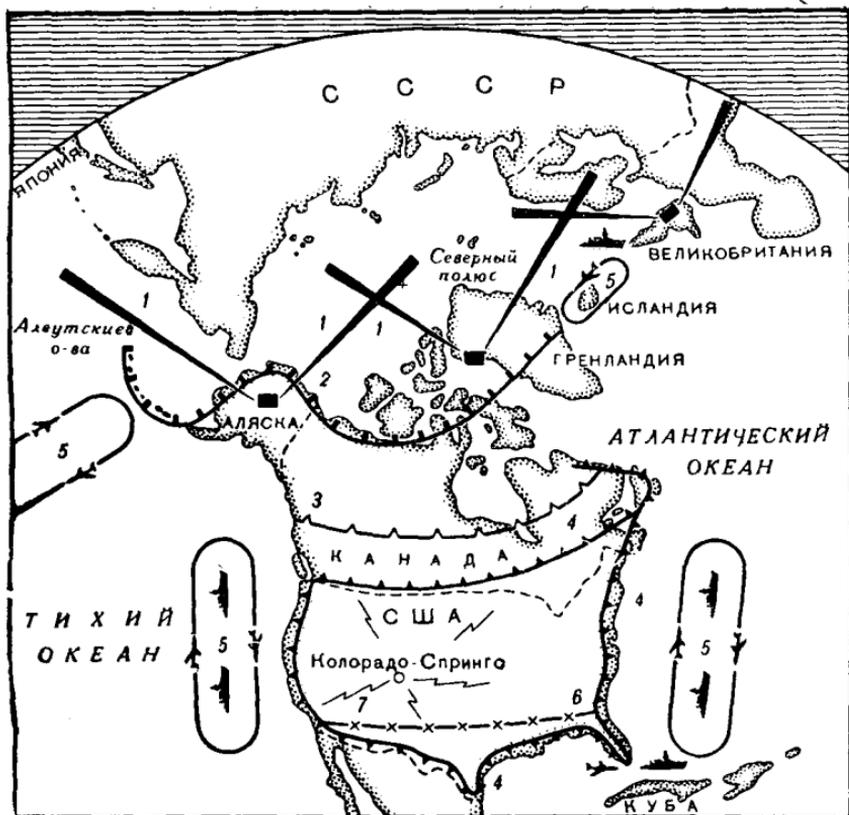


Рис. 72. Схема расположения радиолокационных станций обнаружения и слежения в системах ПСО, ПРО и ПКО США:

1 — станции системы «Бимьюс»; 2 — станции системы «Дьюи»; 3 — станции системы «Мид-Канада»; 4 — станции системы «Поинтри» и станции на западных, южных и восточных границах США; 5 — районы патрулирования кораблей и самолетов радиолокационного дозора; 6 — станции системы «Спасур»; 7 — штаб «Норад»

ных барьерах с их многочисленными морскими и воздушными патрульными силами (рис. 72).

Основой системы «Сейдж» являются центры управления (в системе их несколько), размещенные в специальных бетонных зданиях, куда поступают планы полетов своих самолетов в зональном секторе, обслужи-

ваемом этим центром управления, разведывательная информация, данные о состоянии средств ПСО и о погоде.

Опознавание самолетов происходит путем сравнения их фактических текущих координат, курса, высоты и скорости, полученных от РЛС, с аналогичными данными из планов полетов.

В целях координации действий центры управления взаимодействуют между собой и поддерживают связь со штабами частей ПСО. В здании центра управления устанавливается вычислитель с двойным каналом, но информация передается только по одному из них, а второй является запасным. Данные трансформируются и по второму каналу, чтобы в случае необходимости его можно было мгновенно подключить.

Результаты обработки данных в вычислительных машинах представляются операторам на индикаторах различных форматов, связывающих машину и человека. Операторы в свою очередь реагируют на полученные данные нажатием различных кнопок.

Для наиболее полного представления об обстановке на экраны некоторых приборов управления наносятся границы сектора, местоположения аэродромов истребителей-перехватчиков, зенитных ракетных комплексов и др.

По мнению американского военного руководства, система «Сейдж», несмотря на некоторые недостатки, повысила эффективность ПСО континента.

Система ПСО США продолжает совершенствоваться: модернизируются ЗРК, расширяется сеть командных пунктов и РЛС, увеличивается срок их службы и т. п.

В недалеком прошлом в США была создана сеть вспомогательных центров управления — «Бюик», в результате чего каждый центр «Сейдж» теперь имеет дополнительно одну или две вычислительные машины, размещенные на вынесенных радиолокационных постах.

Посты «Бюик» выносятся за пределы военных баз, которые могут оказаться объектом ракетно-ядерного удара.

Для отображения информации на каждом посту «Бюик» установлено по несколько пультов с экранами, с помощью которых операторы могут решать различные задачи. Так, один пульт является центральным управляющим, другой предназначается для наблюдения за

воздушной обстановкой, несколько — для управления различными видами оружия ПСО, один — запасный и для учебных целей.

Пульты имеют размеры  $10,5 \times 12$  м и размещаются в одном помещении.

На экране одновременно появляются отметки цели и ее характеристики в виде буквенно-цифровых обозначений: номер цели, ее скорость, азимут и принадлежность (своя, чужая, неопознанная), код бортового ответчика. Направление полета определяется направлением линии отметки цели, а скорость — длиной этой линии.

На индикатор воздушной обстановки накладывается изображение географической карты районов размещения истребителей и зенитных ракетных комплексов.

Помимо этого, на каждом пульте имеется цифровой индикатор, отображающий дополнительную информацию о перехватчиках и целях.

Система отображения информации выдает сведения по степени их важности и независимо от того, имеется ли запрос от оператора.

Каждый пост «Бюик» связан с вычислительными машинами своего и соседних зональных секторов ПСО и получает данные о их работе. Это позволяет посту при необходимости брать на себя управление средствами ПСО соседнего сектора.

Предполагается модернизация РЛС системы «Сейдж», с тем чтобы они могли обнаруживать баллистические ракеты, запускаемые с подводной лодки.

Рассматривается также возможность строительства на постах системы «Сейдж» вторых РЛС, способных обнаруживать как самолеты, так и головные части БР. В этом случае информация о самолетах будет передаваться в системы «Сейдж» и «Бюик», а о головных частях — в оперативный центр «Норад».

На континентальной части США для ПСО крупных военных и промышленных объектов применяется также стационарная полуавтоматическая система «Миссайл-Мастер», предназначенная для автоматического обнаружения целей, а также для управления огнем и осуществления взаимодействия группы батарей ЗРК «Найк-Геркулес» и «Хок». Эту систему еще называют местной (пунктовой) системой или малым вариантом системы «Сейдж».

Основными элементами этой системы являются: РЛС, способные автоматически обрабатывать данные об обнаруженных целях и отображать их; системы автоматической передачи данных между центром системы «Миссайл-Мастер» и всеми батареями ЗРК в районе обороны (рис. 73).

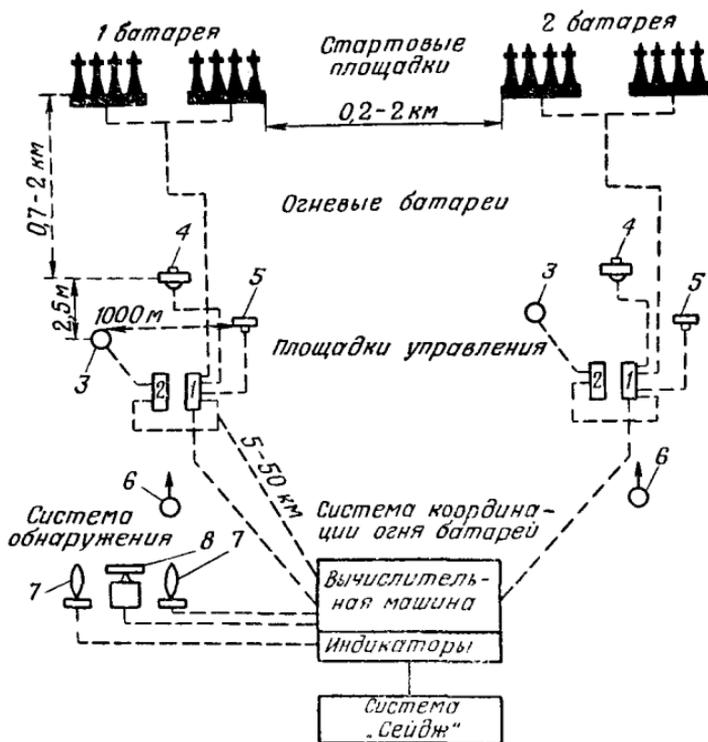


Рис. 73. Схема управления подразделениями ЗРК «Найк-Геркулес» с помощью системы «Миссайл-Мастер»:

1 — аппаратура управления огнем батареи; 2 — аппаратура управления перехватом; 3 — РЛС сопровождения ракет; 4 — батарейная РЛС обнаружения; 5 — РЛС сопровождения цели; 6 — оборудование по юстировке станций батарей; 7 — радиолокационный высотомер; 8 — основная РЛС обнаружения

Система может работать автономно, а также во взаимодействии с системой «Сейдж».

В отличие от системы «Сейдж» система «Миссайл-Мастер» не управляет наведением, а лишь координирует стрельбу ЗРК. Координация заключается в уточнении задач нескольким комплексам при действии по одной

воздушной цели, а также при действии своих истребителей в боевой зоне зенитных ракетных войск.

Данные о воздушной обстановке, получаемые в системе «Миссайл-Мастер», поступают одновременно на командные пункты зенитных ракетных подразделений, где накладываются на индикаторы автономных средств радиолокационной разведки.

Информация содержит также сведения об уже обстрелянных целях, что помогает организации взаимодействия с другими огневыми средствами.

Система имеет запоминающее устройство для накопления данных о координатах, скорости и высотах полета целей и устройство для определения параметров их движения.

Специалисты ВВС США работают над новой континентальной системой противосамолетной обороны AWACS, которая, как считают, должна быть более эффективной, чем существующая.

В основу создания этой системы положен принцип размещения РЛС обнаружения воздушных целей не на поверхности земли, а на самолетах, способных в течение длительного времени летать на высотах порядка 9—10 км.

Потребность в использовании самолетов в качестве носителей РЛС возникла в связи с тем, что наземные станции из-за кривизны земной поверхности не могут обнаруживать воздушные цели на расстоянии более 320 км (рис. 74). Кроме того, наземные РЛС не всегда могут своевременно обнаруживать низколетящие самолеты.

Предусматривается создание двух вариантов системы: стратегической и тактической, которые должны разрабатываться по единой программе.

В состав системы AWACS входят: бортовая РЛС с дальностью действия до 640 км для обнаружения, опознавания и сопровождения целей; специальное оборудование самолета-носителя, в том числе комплекс аппаратуры для обработки данных, отображения обстановки и обеспечения связи. Кроме того, система предусматривает наличие эффективных средств поражения воздушных целей, главным образом истребителей-перехватчиков, а также сверхзвуковых бомбардировщиков или ракетоносцев.

Работы по созданию систем ПСО ведутся и в других капиталистических государствах. Так, в странах НАТО в 1971 г. была близка к завершению автоматизированная наземная система ПСО раннего воздушного предупреждения, оповещения и управления «Нейдж», сооружение отдельных компонентов которой было начато в 1966 г.

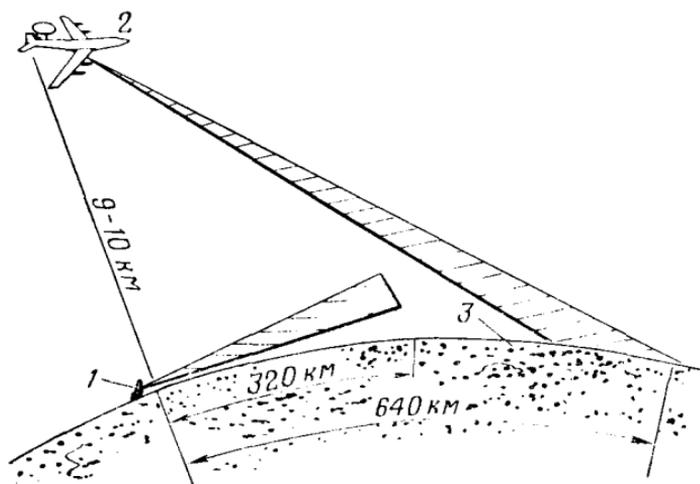


Рис. 74. Схема обзора воздушного пространства наземной и самолетной РЛС системы AWACS:  
1 — наземная РЛС; 2 — самолетная РЛС; 3 — поверхность земли

Ориентировочная стоимость системы «Нейдж» составляла 310 млн. долларов. Около трети этих расходов несут США, которые считают ее передовым рубежом обнаружения и оповещения системы ПСО Североамериканского континента. Около 20% расходов взяла на себя ФРГ, примерно по 10% — Франция и Великобритания.

Принцип создания системы «Нейдж» заключается в том, что территории всех европейских стран НАТО рассматриваются как единый район, радиолокационные и активные средства ПСО которого используются против общего воздушного противника. При этом активные средства (истребительная авиация ПВО и ЗРК «Найк» и «Хок») должны наводиться системой на цель независимо от национальной принадлежности оператора (от этого условия отказалась Франция).

Оперативный центр системы «Нейдж», которому подчинены три оперативных центра зон ПСО, расположен в Бельгии при штабе верховного главнокомандующего НАТО в Европе. В каждую зону ПСО входит один или несколько районов ПСО, состоящих из секторов ПСО. В секторах имеются центры управления и оповещения, а также посты наблюдения и оповещения.

Система предусматривает объединение существующих национальных систем ПСО, модернизацию их оборудования и ввод дополнительных РЛС.

«Глазами» системы «Нейдж» являются РЛС, расположенные на территориях от Норвегии до Турции. Цепь основных РЛС включает более 80 центров и постов.

Не все РЛС системы являются новыми. Часть из существовавших ранее прошла модернизацию применительно к общим требованиям. При наличии двухкоординатных РЛС дополнительно устанавливаются радиолокационные высотомеры. Новые трехкоординатные РЛС системы имеют в основном среднюю мощность (до 20 Мвт) и повышенную помехозащищенность. Они являются модификацией французской станции «Пальме» и установлены главным образом в странах, не имеющих своих систем ПСО (Норвегия, Греция, Турция).

В системе «Нейдж» предполагается использовать около 50 электронных вычислительных машин (ЭВМ), основная задача которых — прием информации от РЛС, ее обработка, анализ и передача соответствующим операторам. Кроме обычного отображения воздушных целей на индикаторах кругового обзора, ЭВМ обеспечивают дополнительную информацию о них в виде буквенно-цифровых символов. Благодаря этому каждый оператор не только видит цель, но и имеет о ней достаточно полную информацию (высоту, курс, скорость, принадлежность и т. п.).

Кроме того, ЭВМ помогают выбрать оружие (истребитель, ЗРК) для более эффективного перехвата цели, выбрать оружие для истребителя-перехватчика, вернуться истребителю на аэродром.

Окончательное решение по указанным рекомендациям ЭВМ принимают операторы, расположенные в центрах управления и оповещения. Одновременно все данные о целях постоянно передаются во все вышестоящие органы системы.

Передача информации от ЭВМ предполагается по каналам связи с максимальным использованием сети связи гражданских ведомств.

Схема взаимодействия средств системы «Нейдж» выглядит следующим образом (рис. 75). После обнаружения цели оператором на экране РЛС поста наблюдения и оповещения производится ее опознавание по принципу «свой — чужой». Затем с помощью РЛС определяется высота полета цели. Вся полученная информация о цели передается в центр управления и оповещения, где автоматически вводится в ЭВМ, которая дает цели маркировочный номер. Одновременно ЭВМ автоматически передает информацию о цели всем взаимодействующим центрам.

Офицер центра управления и оповещения, ответственный за опознавание самолетов, сравнивает полученную информацию о цели с планом полетов своей авиации, заложенным в память ЭВМ, и в течение примерно минуты опознает цель и повторно ее маркирует.

Далее ЭВМ выдает оператору наведения время, необходимое для перехвата цели тем или иным оружием ПСО. Оператор наведения центра управления и оповещения с помощью ЭВМ выбора оружия определяет вид оружия (истребитель или ЗРК) для перехвата.

Если решено применить ЗРК, то цель передается оператору распределения ЗРК, который с помощью ЭВМ определяет конкретную батарею для перехвата и передает ей характеристики полета цели. Батарея ЗРК с помощью своих средств перехватывает цель.

При необходимости применить истребитель ПСО цель передается оператору, который с помощью ЭВМ определяет конкретные типы истребителей для перехвата — самолеты, патрулирующие в воздухе или расположенные на базе. Данные о положении истребителя ПСО, вылетевшего на перехват цели, вводятся в ЭВМ, которая выдает офицеру наведения параметры полета цели, передаваемые экипажу истребителя. После перехвата цели управление истребителем ПСО передается оператору, ответственному за вывод самолета на базу. С помощью ЭВМ он определяет необходимые для этого данные и передает их экипажу. Считают, что система «Нейдж» сможет также обеспечивать управление воздушным движением как в военное, так и в мирное время.

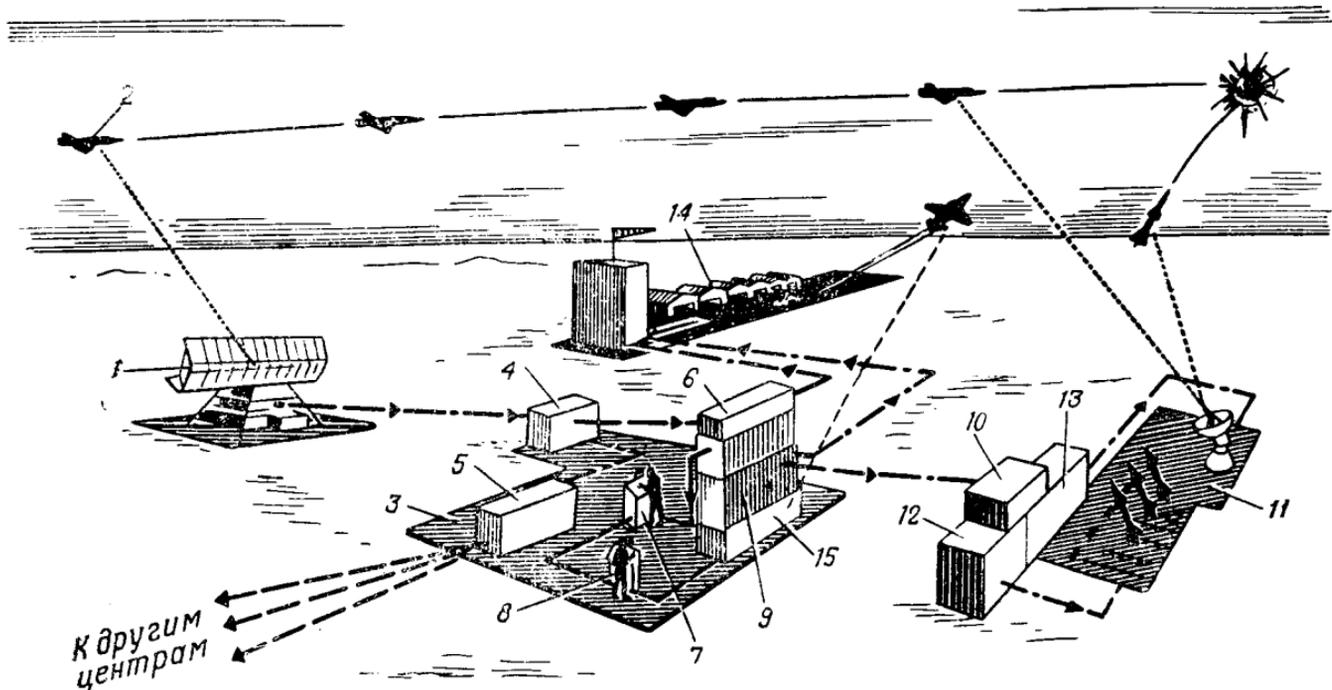


Рис. 75. Примерная схема размещения элементов системы ПСО НАТО «Нейдж»:

1 — РЛС поста наблюдения и оповещения; 2 — самолет-цель; 3 — центр управления оповещением; 4 — ЭВМ накопления и выдачи информации о цели; 5 — блок передачи информации о цели соседним центрам управления и оповещения и заинтересованным оперативным центрам секторов ПСО; 6 — ЭВМ опознавания цели; 7 — оператор опознавания; 8 — оператор наведения; 9 — ЭВМ выбора оружия; 10 — ЭВМ распределения ЗУРО; 11 — батарея ЗРК; 12 — блок пуска ЗУР; 13 — ЭВМ наведения ЗУР на цель; 14 — авиабаза; 15 — ЭВМ наведения истребителей ПСО на цель

Недостатками системы считаются способность обрабатывать ограниченное количество целей, а также низкая ее эффективность при полетах авиации противника на малых высотах.

По тому же принципу, что и система «Нейдж», в Японии построена система ПСО «Вейдж», стоимость строительства которой оценивается в 65 млн. долларов. Система «Вейдж» была создана совместно японскими и американскими фирмами.

Она охватывает территорию Японии от северной оконечности о. Хоккайдо до южной оконечности о. Кюсю, а также прилегающие районы Тихого океана и имеет три центра управления, соответствующие трем секторам ПСО Японии, и один главный центр ПСО страны.

В каждый сектор ПСО входят: центр управления боевыми действиями в воздухе; центр наведения; РЛС обнаружения, сопровождения и наведения; средства связи.

Центр управления боевыми действиями, располагающий ЦВМ, контролирует действия центров наведения и РЛС наблюдения в своем секторе.

Непосредственное управление боевыми действиями перехватчиков и ЗРК осуществляется центрами наведения, оборудованными быстродействующими ЦВМ, которые обрабатывают поступающие от РЛС обнаружения данные о маршрутах самолетов и данные радиолокационного опознавания.

В центре наведения воздушные цели сопровождают автоматически и полученные данные передаются в соответствующие центры управления действием перехватчиков и ЗРК.

Картина воздушной обстановки воспроизводится на двухмерном цветном экране площадью в 3 м<sup>2</sup>.

Информация от центров управления каждого из трех секторов ПСО подается на главный центр управления боевыми операциями, расположенный в штабе командования ПВО Японии.

Главный центр оборудован теми же средствами, которыми оборудованы центры наведения. Дополнительно имеется экран отображения цветной информации площадью 5 м<sup>2</sup>.

На другом экране в виде табло отображается информация, характеризующая параметры полета сопровождаемых целей.

Основным недостатком системы «Вейдж» считают то, что она не обеспечивает круглосуточного обзора воздушного пространства и работает только 10—12 ч в сутки. Это обусловлено тем, что на центрах ПСО установлено по одной ЦВМ, необходимость проведения профилактических осмотров и ремонта которых требует их ежедневного выключения на несколько часов.

## § 2. ПРОТИВОСАМОЛЕТНАЯ ОБОРОНА ВОЙСК

Зарубежные военные специалисты считают, что сухопутные войска, оснащенные современным оружием различного назначения, могут только тогда эффективно действовать, когда они будут надежно защищены от воздушного противника.

При этом полагают, что одновременно с прикрытием боевых порядков войск в передовом районе обороны средства системы ПСО должны обеспечивать защиту объектов оперативно-тактического назначения в тыловом районе, так как каждый прорвавшийся через систему ПСО первой линии самолет может оказаться носителем ядерного оружия.

Поэтому в вооруженных силах многих стран прилагают большие усилия для создания системы ПСО войск на поле боя.

Противосамолетная оборона войск имеет свои особенности и требует специальных сил и средств, готовых немедленно открыть огонь по низколетящим целям в любых условиях боевой обстановки, в том числе при отсутствии централизованного управления.

Для создания системы ПСО в передовом районе сухопутных войск в США и других странах НАТО ведется работа как по проектированию новых и модернизации старых комплексов ПСО, так и по совершенствованию их организационной структуры и боевого применения.

Иностранные специалисты считают, что ЗРК в передовом районе должны обеспечивать поражение авиации (самолетов и вертолетов) при различных условиях видимости. Так, они должны поражать на дальностях до 6 км цели, летящие со скоростью до  $M=1,5$  на малых и предельно малых высотах. Эти ЗРК имеют средства опознавания воздушных целей, высокую маневренность для непрерывного сопровождения прикрываемых войск.

Кроме того, они должны быть простыми в обслуживании, иметь сравнительно низкую стоимость и обеспечивать защиту боевого расчета от воздействия всех видов оружия.

В военных кругах НАТО считают, что основными активными средствами ПСО войск являются зенитные ракетные комплексы и истребительная авиация.

Помимо этого, для борьбы с самолетами используются зенитная артиллерия и пулеметы, а также радиоэлектронные средства противодействия.

Немалое значение в организации ПСО имеют рассредоточение, маскировка, скрытое управление войсками и т. п.

— До недавнего времени ПСО сухопутных войск США и ряда других стран НАТО строилась с учетом использования ЗРК «Найк-Геркулес» и «Хок», способных эффективно вести борьбу с воздушными целями на больших и средних высотах. В связи с изменением тактики действия авиации (использование малых и предельно малых высот) в некоторых странах НАТО разрабатываются и состоят на вооружении новые ЗРК, зенитная артиллерия и пулеметы, способные эффективно бороться с низколетящими целями. К этим средствам относятся ЗРК «Редай», «Чапарэл», «Блоупайп», «Тайгеркэт», артиллерийские комплексы «Вулкан» и др.

В странах НАТО также создаются подразделения зенитной артиллерии и крупнокалиберных пулеметов, сформированные в начале 60-х годов.

Исследуется также организационная структура частей и подразделений ПСО. В частности, считается, что наиболее эффективно борьбу с низколетящими целями могут вести подразделения, сочетающие огонь ЗРК и малокалиберной зенитной артиллерии. В связи с этим принято решение о создании для сухопутных войск смешанных подразделений, состоящих из ЗРК и малокалиберной зенитной артиллерии (например, батарей «Чапарэл» — «Вулкан» в США).

Ответственным за координацию действий всех сил и средств ПСО является командующий соответствующего объединенного тактического авиационного командования.

За организацию же ПСО в полосе и районе действий своих войск несут ответственность командующие и

командиры соответственно соединений и частей сухопутных войск.

Основная задача ПСО армии заключается в прикрытии позиционных районов ядерного оружия, командных пунктов, главных группировок войск и аэродромов армейской авиации.

В состав полевой армии из средств ПСО может входить бригада, состоящая из двух и более групп, включающих ЗРК и зенитную артиллерию. Каждая группа состоит из дивизионов ЗРК «Найк-Геркулес» и «Хок» и может входить в состав или придаваться каждому корпусу полевой армии.

В бригаду входят четыре-пять дивизионов ЗРК «Найк-Геркулес» и шесть-семь дивизионов ЗРК «Хок».

Смешанные дивизионы «Чапарэл» — «Вулкан» входят в бронетанковые, механизированные и пехотные дивизии. При этом смешанный дивизион пехотной дивизии включает три самоходные батареи (две батареи «Чапарэл» и одну «Вулкан») и одну батарею комплексов «Вулкан» на прицепах.

Что касается воздушнодесантных и аэромобильных дивизий, то в их состав входят только дивизионы комплексов «Чапарэл» и «Вулкан». Кроме того, в подразделениях каждой дивизии по штату имеются носимые ЗРК «Редай».

В зависимости от обстановки штатные средства ПСО дивизии могут усиливаться за счет отдельных дивизионов малокалиберной артиллерии и батарей зенитных пулеметов.

В сухопутных войсках США административно-тактической единицей ПСО, способной вести самостоятельные боевые действия, считается дивизион. Основным же огневым подразделением — батареей.

В американской армии отдельные дивизионы «Найк-Геркулес» объединяются в группы (по четыре — шесть дивизионов), которые входят в состав командования ПВО объединенного командования сухопутных войск США в Европе.

В ФРГ дивизионы ЗРК сводятся в полки (по два-три дивизиона), которые в свою очередь включены в состав авиационных дивизий ПВО сухопутных войск.

Американские специалисты считают, что во время войны группа ЗРК «Найк-Геркулес» поступит на усиле-

ние полевой армии для зонального прикрытия войск и объектов в полосе армии. При этом батареи дивизиона предполагается располагать квадратом или ромбом на расстоянии 30—60 км одна от другой. Батареи первой линии будут размещаться на удалении 25—50 км от войск противника, а батареи последней линии — на расстоянии 120—185 км.

Большинство американских дивизионов ЗРК «Найк-Геркулес», дислоцирующихся в Западной Европе, а также дивизионы ФРГ, Бельгии и Нидерландов занимают стационарные стартовые позиции, оборудованные тремя бетонными площадками для огневых секций.

Стартовые позиции батарей располагаются на удалении 100—120 км к западу от границы ГДР, что, как отмечается в иностранной печати, якобы обеспечивает прикрытие почти всей территории ФРГ на высотах до 30 км.

Комплексы «Хок» организационно объединены в батареи и дивизионы, которые так же, как и дивизионы ЗРК «Найк-Геркулес», входят в группы и бригады прикрытия.

В отдельных случаях дивизионы или батареи «Хок» придаются дивизиям.

Дивизионы «Хок» могут быть стационарными и полевыми. Полевой дивизион отличается от стационарного лишь количеством транспортных средств. Если транспортные средства полевого дивизиона обеспечивают одновременное передвижение всего личного состава, техники и вооружения, то транспортные средства стационарного дивизиона одновременно могут поднять лишь 25% состава. Поэтому в полевой армии используются только полевые дивизионы, каждый из которых состоит из штаба, штабной батареи и четырех полевых батарей с буксируемыми пусковыми установками (рис. 37).

Штаб оказывает помощь командиру в подготовке и выполнении плана боевых действий дивизиона.

Штабная батарея предназначается для выполнения функций по управлению подразделениями дивизиона «Хок», организации материального и технического обеспечения и для проведения ремонта.

Каждая из четырех полевых батарей имеет личный состав и средства, необходимые для самостоятельного

ведения боевых действий, и может одновременно обстрелять две цели.

В состав полевой батареи входит около 98, а дивизиона — 515 человек.

Дивизион имеет на вооружении 24 пусковые установки.

Дивизион «Хок» при выполнении боевой задачи занимает огневую позицию в 10—12 км от линии боевого соприкосновения. Батарея размещается на площади  $300 \times 400 \text{ м}^2$ , расстояние между батареями 10—35 км.

Состав дивизиона комплексов «Хок» с самоходными пусковыми установками несколько иной. Он включает штаб, штабную батарею и три полевые батареи.

Штаб и штабная батарея являются мобильными подразделениями с универсальным оборудованием для непосредственного обеспечения действий полевых батарей. Штабная батарея состоит из управления батареи и подразделений непосредственного обеспечения и обслуживания, куда входят четыре мобильные мастерские по снабжению, техобслуживанию и ремонту аппаратуры.

Каждая полевая батарея имеет управление батареи, взвод обслуживания и три огневые группы с самоходными пусковыми установками.

Огневая группа с самоходными пусковыми установками включает: три самоходные пусковые установки; РЛС обнаружения, работающую в режиме непрерывного излучения; РЛС подсвета цели; модифицированный пульт управления огнем; средства связи и девять ракет «Хок».

Помимо этого, в состав такой огневой группы входит мобильная группа материального и технического обеспечения, имеющая транспортные средства, стеллажи для хранения ракет, прицепы, транспортно-заряжающее оборудование и контрольно-проверочную аппаратуру.

Ракеты транспортируются на самоходных пусковых установках в готовности к пуску. Все элементы наземного оборудования буксируются за самоходными пусковыми установками.

Всего в дивизионе «Хок» с самоходными пусковыми установками 27 пусковых установок.

В дивизии США кроме смешанного дивизиона ПСО «Чапарэл» — «Вулкан» для борьбы с низколетающими це-

лями в штат каждого подразделения типа батальона (дивизиона) включены комплексы «Редай». Организационно расчеты «Редай» входят в секцию зенитного управляемого ракетного оружия батальона (дивизиона). Секция состоит из группы управления и трех — пяти огневых расчетов, состоящих из старших расчетов и стрелков.

Командир батальона (дивизиона) ставит задачи огневым расчетам «Редай» через группу управления.

Расчеты «Редай» могут придаваться ротам (батареям).

Для эффективного использования имеющихся средств ПСО в ряде стран НАТО, и в первую очередь в США, создаются системы автоматизированного управления огнем их частей и подразделений.

Для управления огнем дивизионов (до четырех) ЗРК «Найк-Геркулес» и «Хок» в звене групп прикрытия в полевой армии США применяется подвижная автоматизированная система «Миссайл-Монитор», аналогичная по принципу действия системе «Миссайл-Мастер».

Система позволяет: обнаруживать, опознавать и сопровождать воздушные цели; определять их координаты (азимут, дальность и высоту); вести обработку, обобщение и накопление данных о целях; отображать воздушную обстановку; производить распределение целей между дивизионами и батареями, осуществляя автоматическую передачу данных с командного пункта ПСО армии на их командные пункты и в обратном направлении.

В систему «Миссайл-Монитор» входят: командный пункт ПСО армии, командный пункт ПСО дивизионов, кодирующе-декодирующие группы командного пункта и аппаратура управления огнем батарей (рис. 76).

Электронное оборудование системы «Миссайл-Монитор» смонтировано на грузовых автомашинах и прицепах и приспособлено для перевозок на больших скоростях по пересеченной местности.

Командный пункт ПСО армии включает трехкоординатную РЛС, центр обработки радиолокационных данных, координационный центр, контрольно-ремонтную мастерскую и агрегат питания.

РЛС предназначена для обнаружения целей при круговом поиске или в заданном секторе и определения

их текущих координат на дальности до 330 км. В угло-местной плоскости она использует электронное сканирование луча, а в азимутальной — механическое.



Рис. 76. Схема системы «Миссайл-Монитор»

Данные о целях от РЛС автоматически передаются в центр обработки, который служит для сбора и обработки информации о воздушной обстановке. Вся аппаратура центра смонтирована в кабине фургонного типа, где находятся два счетно-решающих устройства с блоками памяти.

Воздушная обстановка отображается на экране с нанесенной на нем схемой обороняемого района.

Координационный центр, где расположен индикатор кругового обзора, предназначается для обобщения данных о воздушной обстановке, которые поступают сюда от своей РЛС, постов обнаружения тактических ВВС, командных пунктов батарей, дивизионов и командных пунктов ПСО соседних армий. Здесь же оценивается воздушная обстановка и выдаются целеуказания на батареи. При выдаче целеуказания батарее отметки на

индикаторе, обозначающие места расположения батарей и цели, соединяются светящейся линией. Аналогичными индикаторами располагают командиры дивизионов и батарей ЗРК.

Командный пункт ПСО дивизиона размещается в фургоне автомобиля и служит связующим звеном между командным пунктом ПСО армии и командными пунктами батарей, обеспечивая централизованное управление огнем батарей особенно в случае нарушения связи батарей с командным пунктом ПСО армии, или когда дивизион действует самостоятельно.

Когда управление огнем батареи осуществляется с командного пункта ПСО армии, то на командном пункте дивизиона лишь следят за отображением данных о воздушной обстановке на индикаторе кругового обзора с учетом информации, получаемой от своего радиолокационного центра.

Кодирующе-декодирующая группа командного пункта и аппаратура управления огнем батареи представляет собой узел связи, расположенный в фургоне грузового автомобиля.

Аппаратура группы служит для получения закодированных данных с командного пункта ПСО армии или дивизиона, их преобразования и отображения на индикаторе кругового обзора. Кроме того, здесь кодируется информация, передаваемая в виде цифрового кода по радио или по проводной линии связи на батарею.

В США для замены существующих разработана новая, более совершенная система «Миссайл-Ментор» автоматизированного управления огнем войсковых дивизионов комплексов «Найк-Геркулес» и «Хок».

Вся аппаратура системы, выполненная на твердых схемах и занимающая гораздо меньший объем, чем находящаяся на вооружении, монтируется в двух прицепах-фургонах, которые входят в состав подвижного командного пункта ПСО армии.

Как утверждают американские специалисты, использование новой системы позволит вести поиск целей, слежение за ними, оценку воздушной обстановки, контролировать состояние боевой готовности батарей, получать данные о своих потерях и т. д.

Благодаря использованию сети дополнительных РЛС обнаружения, которые располагаются на значительном

удалении от огневых позиций ЗРК, повышается надежность и эффективность системы ПСО.

Считается, что у новой системы есть ряд преимуществ перед имеющимися. Например, «Миссайл-Монитор» обслуживает 200 человек, тогда как систему «Миссайл-Ментор» — всего 50—60 человек. Кроме того, новая система дешевле своих предшественниц.

Для управления огнем штатных подразделений ПСО дивизии создана автоматизированная система ФААР.

Командование армии США стремится обеспечить части и подразделения ПСО сухопутных войск автоматизированными средствами управления как в звене полевая армия — армейский корпус, так и в звене дивизия — батальон.

Как полагают, совместное использование таких систем, как «Миссайл-Монитор» и ФААР для централизованного управления огнем зенитных частей и подразделений войсковых средств ПСО, значительно облегчит создание надежной ПСО наземных войск.

Особенностью систем ПСО сухопутных войск западноевропейских стран НАТО считается то, что они органически входят в общую систему ПСО стран — участниц блока как для прикрытия их территории, так и для обеспечения группировок вооруженных сил, предназначенных для ведения боевых действий в определенных районах.

### **§ 3. ПРОТИВОСАМОЛЕТНАЯ ОБОРОНА КОРАБЛЕЙ В МОРЕ И В МЕСТАХ БАЗИРОВАНИЯ**

Борьба с воздушным противником на море в современных условиях значительно усложнилась, что объясняется возросшими боевыми качествами авиации и особенно появлением ракетно-ядерных средств нападения.

Поэтому ПСО стала одним из важнейших видов обороны кораблей.

Как считают зарубежные специалисты, она зависит от того, в каком положении к моменту нападения находятся корабли флота: стоят ли на якорях в месте стоянок, действуют ли в непосредственной близости от своих берегов или находятся в открытом море.

В первом случае оборона почти ничем не отличается от ПСО объекта, обеспечиваемой войсками ПВО страны, во втором — ПСО кораблей также организуется в тесном взаимодействии с войсками ПВО страны. Что же касается третьего случая, то здесь задачи противосамолетной обороны возлагаются лишь на корабельные средства ПСО.

Исходя из возможных средств воздушного нападения, считают, что ПСО кораблей в море включает: своевременное обнаружение воздушных целей, отражение атак зенитными ракетными комплексами и зенитной артиллерией кораблей, поддержку корабельными средствами ПСО соседних кораблей, организацию помех управляемым ракетам и в случае применения противником ядерного оружия — движение кораблей в рассредоточенных строях.

ПСО возлагается на самолеты-истребители, базирующиеся на авианосцы или береговые аэродромы, зенитную артиллерию и ЗРК кораблей и базы.

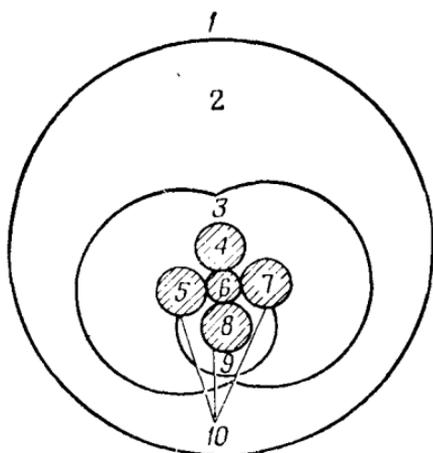
Истребительная авиация, являясь активным средством ПСО кораблей в море, должна быть постоянно готова к перехвату вражеских самолетов и крылатых ракет, на которые она наводится с кораблей или специальных самолетов.

Кроме того, для отражения внезапных атак самолетов противника над кораблями в море организуется патрулирование (барражирование) самолетов — истребителей прикрытия на различных высотах. Порядок полетов этих истребителей организуется таким образом, чтобы их можно было в кратчайшее время нацелить на наиболее вероятные направления появления противника.

Однако действия истребителей зависят от состояния погоды; кроме того, они обладают малой маневренностью из-за больших скоростей полета, поэтому не могут обеспечить надежной обороны.

Другими активными средствами ПСО кораблей являются ЗРК и зенитная артиллерия кораблей, которые во многих случаях могут быть единственными при отражении атак воздушного противника. А для борьбы с целями, летящими на малых высотах, как считают зарубежные специалисты, ЗРК и зенитная артиллерия, особенно автоматическая, имеют неоспоримые преимущества перед истребительной авиацией.

Зенитная артиллерия малых калибров ведет борьбу с воздушными целями, непосредственно угрожающими кораблям, на высотах до 3000—3500 м, а артиллерия средних и больших калибров — на высотах до 10 000 м.



**Рис. 77.** Зоны действия средств ПСО корабельного соединения:

1 — зона действия истребительной авиации; 2 — зона действия ЗРК «Тэлос»; 3 — зона действия ЗРК «Терьер»; 4 — корабли, вооруженные ЗРК «Тэлос»; 5, 7 — корабли, вооруженные ЗРК «Терьер»; 6 — основной охраняемый объект; 8 — корабли, вооруженные ЗРК «Тартар»; 9 — зона действия ЗРК «Тартар»; 10 — зоны действия корабельной зенитной артиллерии

ЗРК по дальности действия, как правило, значительно превосходят зенитную артиллерию.

За пределами зон поражения ЗРК действует истребительная авиация.

В соответствии с боевыми возможностями средств ПСО кораблей распределяются зоны их действия (рис. 77). Подобное распределение вызывается также необходимостью исключить взаимные помехи в действиях своих сил и средств ПСО.

Отсюда видно, что ПСО на море в современных условиях — это сложный комплекс мероприятий, который требует четкого взаимодействия

всех средств ПСО: корабельных, истребительной авиации, а при плавании кораблей в прибрежных районах или при стоянке в базе — и береговых средств ПСО.

В современных условиях особое внимание уделяется действиям авиации нападения с малых и предельно малых высот, что в значительной мере затрудняет своевременное обнаружение, а значит и перехват средствами ПСО кораблей.

Важное значение для снижения эффективности действия авиации противника по кораблям имеют скрытность перехода и рассредоточение кораблей в боевых и походных порядках.

Для уклонения группы кораблей от атак с воздуха применяется определенный боевой порядок — ордер ПВО, который исключает возможность одновременного пора-

жения двух и более кораблей одной серией обычных бомб, обеспечивает их взаимную защиту, прикрытые охраняемых кораблей многослойным зенитным огнем и круговое наблюдение.

В иностранных флотах принято два основных порядка построения корабельных соединений: круговой и прямоугольный.

В основу кругового порядка построения положен принцип распределения кораблей по концентрическим окружностям, проведенным из условной точки — центра походного или боевого порядка. Окружностям присваиваются порядковые номера. Радиус первой окружности обычно равен 0,5 мили (0,9 км), а последующих — на 0,5 мили больше предыдущего.

Место каждого корабля в круговом порядке построения определяется номером окружности и направлением из центра ордера относительно курса соединения (курсовой угол).

Прямоугольный порядок построения основан на принципе удержания кораблями заданных расстояний по фронту и в глубину (в колонне).

Круговой порядок построения используется, как правило, соединениями боевых кораблей, а прямоугольный — конвоями транспортов и десантных кораблей.

При круговой системе корабли охранения занимают места вокруг охраняемых кораблей, образуя зоны дальней и ближней обороны.

Задача зоны дальней обороны состоит в том, чтобы не допустить атак воздушного противника путем нанесения удара на больших расстояниях. Для этого применяются истребители-перехватчики и ЗРК.

В зоне ближней обороны прорвавшиеся ракеты и самолеты уничтожаются с помощью ЗРК и зенитной артиллерией кораблей.

В соответствии с принятым ордером ПСО организуется зона дальнего радиолокационного наблюдения и круговое визуальное наблюдение на самих кораблях. На кораблях охранения помимо кругового наблюдения ведется особенно тщательное наблюдение в ответственном секторе для ведения огня.

Ответственные секторы кораблей охранения перекрывают друг друга, поэтому средства ПСО ордера могут

с любого направления отражать воздушного противника многослойным огнем.

На случай применения противником ядерного оружия корабли в порядке рассредоточиваются таким образом, чтобы исключить возможность поражения двух или более кораблей одним ядерным взрывом и обеспечить требуемое массирование огня для эффективной ПСО.

За рубежом считают, что при ядерном взрыве с тротиловым эквивалентом 20—50 килотонн безопасным расстоянием между кораблями будет 2000—2500 м.

При стоянках в базе корабли располагаются таким образом, чтобы можно было наилучшим образом использовать корабельные средства ПСО и уменьшить вероятность поражения нескольких кораблей одной управляемой ракетой или одной серией бомб. Кроме того, организуется четкое взаимодействие между средствами ПСО кораблей и базы.

Однако рассмотренная организация ПСО кораблей в море и базе, по мнению иностранных специалистов, еще не обеспечивает успешного отражения удара управляемых ракет классов «земля — земля» и «воздух — земля», особенно со сверхзвуковыми скоростями полета.

В связи с этим рекомендуется создавать помехи средствам наведения управляемых ракет противника и использовать специальные противоракетные комплексы.

Мероприятия по обеспечению эффективной ПСО (рассредоточение, соответствующее расположение кораблей в ордере, соблюдение режима радиомолчания и радиомаскировки, организация огня корабельного оружия) создают трудности в управлении соединением кораблей. Если принять во внимание, что ПСО соединения кораблей должна увязываться с выполнением основной задачи, то станет ясно, что возможности человека в решении всего комплекса этих проблем ограничены. Вот почему военно-морские силы некоторых стран пошли по пути автоматизации процессов обработки и анализа тактической обстановки и использования оружия, т. е. по пути применения автоматизированных систем управления.

Автоматизация позволяет выполнять максимум действий, связанных с решением боевой задачи, за минимальное время при минимальном количестве людей, входящих в состав экипажа корабля. Это достигается при-

менением быстродействующих электронных информационно-вычислительных и управляющих машин.

В настоящее время в военно-морских флотах некоторых иностранных государств разрабатываются и частично уже внедрены автоматизированные системы управления. По замыслу они должны объединить боевые корабли и самолеты различного назначения в единую систему, способную успешно решать боевые задачи ПСО.

Предполагается, что в этих системах будут действовать логические машины, производящие выбор различных средств ПСО кораблей.

Так, вычислительная машина, установленная на английском авианосце «Игл», будучи соединена с РЛС, анализирует сигналы от целей и опознает обнаруженные самолеты.

Если самолет принадлежит противнику, машина немедленно сообщает его высоту, скорость, курс и выбирает оптимальное боевое средство поражения: артиллерийское орудие, зенитную ракету или истребитель.

Оператор может внести исправления в решение, выданное машиной, путем нажатия соответствующей кнопки. С помощью другой кнопки машине передается автономное управление запуском зенитных ракет.

Электронная машина обслуживает и самолеты авианосца — вырабатывает необходимые данные для их наведения на цель, команды о возврате на корабль, когда необходимо пополнить запас горючего.

Автоматизированными системами управления намечается в ближайшие годы оборудовать большинство кораблей стран НАТО.

#### **§ 4. НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ОРГАНИЗАЦИИ БОРЬБЫ С БАЛЛИСТИЧЕСКИМИ РАКЕТАМИ**

Борьбу с баллистическими ракетами (БР) иностранные военные специалисты разделяют на общую оборону континента или государства (зональная ПРО) и защиту отдельных объектов, расположенных на ограниченной территории (города, ракетные и военно-морские базы и т. п.).

За рубежом долгое время проводились только исследования и отдельные разработки экспериментальных образцов средств ПРО. Однако за последние годы работы

по их созданию продвинулись вперед. В отличие от первоначальных принципов построения отдельных узлов ПРО для защиты некоторых больших городов, военных объектов и т. п. теперь считается целесообразной зональная ПРО с помощью противоракет дальнего действия (высотные). Они создают как бы первый оборонительный рубеж. Второй, наиболее важный оборонительный рубеж создается непосредственно над обороняемым объектом, для чего используются противоракеты ближнего действия (маловысотные).

К таким выводам зарубежные специалисты пришли в результате теоретической оценки эффективности систем ПРО, которая проводилась сравнением различных способов ограничения потерь от ракетно-ядерного удара противника.

Считается, что средства противоракетной обороны должны последовательно решать три задачи: своевременное обнаружение головных частей ракет, их распознавание на фоне ложных целей и уничтожение.

Своевременное обнаружение необходимо для выявления приготовлений противника к внезапному нападению, прогнозирования параметров движения ракет, определения районов и времени ударов и централизованного оповещения органов государственного и военного руководства о начале вражеского нападения.

Основными средствами раннего предупреждения в настоящее время считаются РЛС дальнего обнаружения, развертываемые на главных ракетноопасных направлениях и ведущие постоянное наблюдение за космическим пространством на значительную глубину.

Средства распознавания в системе ПРО должны обеспечивать возможность отличать головную часть атакующей БР от всех возможных ложных целей, ее сопровождающих, в том числе и в условиях различного радиоэлектронного противодействия.

По мнению зарубежных специалистов, в настоящее время единого универсального метода гарантированного распознавания головных частей БР, особенно в безвоздушном пространстве, не существует. В связи с этим для распознавания считается целесообразным комбинировать различные методы.

Оптимальными признаются те средства обнаружения и опознавания системы ПРО, которые позволяют полу-

чить наибольшее количество данных о целях в течение времени, достаточного для их поражения.

Для облегчения распознавания головных частей намечалось создать противоракету «Спартан» с бортовыми РЛС.

Полагали, что если луч такой РЛС будет направлен вперед под углом  $70-75^\circ$  к траектории полета противоракеты и вблизи облака целей сможет осуществлять объемное сканирование в пределах  $\pm 60^\circ$ , то головная часть БР окажется обнаруженной.

Для надежного распознавания рекомендовалось использовать две противоракеты (рис. 78): РЛС одной

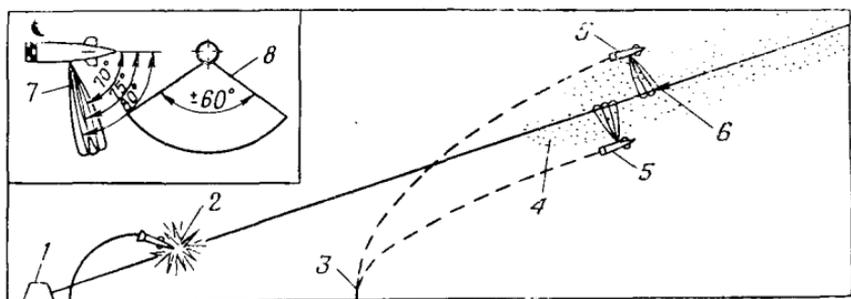


Рис. 78. Схема распознавания головной части атакующей БРДД при использовании противоракет «Спартан» с бортовыми РЛС:

1 — станция MSR; 2 — противоракета с боевым зарядом; 3 — точка запуска противоракет с бортовыми РЛС; 4 — облако целей; 5 — противоракеты с бортовыми РЛС; 6 — головная часть БРДД; 7 — схема сканирования луча бортовой РЛС (вид сбоку, диаграмма направленности трехлучевая); 8 — схема сканирования луча бортовой РЛС (вид спереди)

из них должна просматривать облако целей сверху, а второй — снизу.

Основным средством уничтожения головных частей БР в настоящее время зарубежные специалисты считают противоракету с ядерной боевой частью.

Рассматривались различные и неядерные способы поражения головных частей, начиная с применения небольших твердых частиц и кончая использованием различных излучений, полей и даже частиц антиматерии.

Высказывались также соображения о возможности поражения головных частей твердыми частицами, выбрасываемыми с помощью противоракет навстречу атакующей ракете и создающими экранирующее облако частиц, вращающееся по орбите вокруг земного шара.

Считается, что твердые частицы, имея значительные скорости движения (3000 м/сек и более), при встрече с головной частью БР в космосе могут нанести ей большие повреждения. Возможны, например, вывод из строя взрывателей или их преждевременное срабатывание, а также разрушение и сгорание головной части при входе в плотные слои атмосферы, если повреждена ее обшивка.

Новым в разработке боевых частей противоракет считается создание разделяющихся боевых частей.

Сравнительно долгое время американские специалисты возлагали надежды на комплекс ПРО «Найк-Зевс». Затем они сосредоточили внимание на комплексе «Найк-Х».

Несмотря на явные преимущества «Найк-Х» перед «Найк-Зевс», в правящих кругах США так и не пришли к единству взглядов на перспективность первого из них.

Некоторые специалисты считали, что он не сможет обеспечить в будущем надежную защиту от массированного ракетного удара с применением новейших средств преодоления ПРО. Поэтому предполагалось его доработать и испытать в условиях, близких к реальным, особенно при использовании многозарядных головных частей баллистических ракет дальнего действия. Принятие решения о развертывании ЗРК «Найк-Х», таким образом, откладывалось.

В конце 1967 г. в США появились сообщения о создании нового комплекса ПРО «Сентинел», который предназначался для объектовой обороны основных административно-промышленных центров и некоторых стартовых позиций БРДД «Минитмен».

Вся программа строительства была рассчитана на пять-шесть лет. Ввод первых подразделений комплекса намечался в 1970 г.

Противоракеты «Спартан» предполагалось использовать преимущественно для защиты основных административно-промышленных центров, а противоракеты «Спринт» — баз баллистических ракет «Минитмен».

В подразделении комплексов «Сентинел» мыслилось применять при небольшом количестве ложных целей четыре — шесть радиолокационных станций PAR. Эти станции планировалось расположить вдоль канадской границы для поиска и сопровождения целей на дальностях

1000 км и более и для наведения противоракет «Спартан» на большую дальность.

Сообщалось и о возможности использования комплексов «Сентинел» для защиты от атак стратегических бомбардировщиков и ракет класса «воздух — земля».

Противники комплекса «Сентинел», исходя из того, что разработка ложных целей значительно опережает разработку средств ПРО, считали его малоэффективным. Они полагали, что из-за значительного срока создания комплекса «Сентинел» ему фактически придется вести борьбу с БРДД, совсем не похожими на те, против которых он рассчитан.

Кроме того, взрыв противоракеты у цели почти полностью исключает возможность наблюдения с помощью РЛС за последующими головными частями БРДД. Такое же ослепляющее действие на РЛС может быть произведено противником путем упреждающего подрыва ядерного заряда.

В результате острой критики, которой подвергался комплекс «Сентинел», его развертывание приостановили и в 1969 г. в США было принято решение о разработке комплекса ПРО, получившего наименование «Сейфгард».

В отличие от комплекса ПРО «Сентинел» комплекс «Сейфгард» предназначался прежде всего для прикрытия баз БРДД («Минитмен» и «Титан-2»), аэродромов стратегической авиации, базы атомных подводных лодок-ракетоносцев в Чарлстоне (шт. Южная Каролина), Национального центра управления и передачи команд (г. Вашингтон). Это обосновывалось необходимостью исключить неожиданное нападение на стратегические силы США.

Кроме того, новый комплекс ПРО должен был защитить наиболее важные районы континентальной части США от ударов небольшого количества ракет.

Намечалось построить 12 противоракетных комплексов «Сейфгард», объединив их в систему ПРО того же наименования.

Общие принципы перехвата целей и предназначаемые для этого средства комплекса «Сейфгард» остались те же, что и в комплексе «Сентинел»: противоракеты «Спартан» и «Спринт», радиолокационные станции PAR и MSR, электронно-вычислительная техника для обра-

ботки данных о целях и расчета команд на их перехват, система управления, контроля и связи.

Предполагалось, что все комплексы системы будут включать 300 противоракет «Спринт» и 700 противоракет «Спартан», а в каждый противоракетный комплекс, прикрывающий ракетные базы, должны были войти 35—40 противоракет «Спартан» и 10—15 противоракет «Спринт».

В систему «Сейфгард» намечалось ввести дополнительно две РЛС дальнего обнаружения PAR (в «Сентинел» их намечалось шесть) для предупреждения о полете БРСД, запускаемых с подводных лодок по авиабазам стратегических бомбардировщиков с западного и восточного направлений. Одну станцию намечалось расположить во Флориде, другую — в Калифорнии.

В дальнейшем мыслилось построить еще по одному противоракетному комплексу на Аляске и на Гавайских островах, что потребует увеличить число радиолокационных станций PAR.

Для управления системой «Сейфгард» предполагалось создать новый центр ПРО, который станет частью боевого центра «Норад». Однако он будет подчинен центру «Норад» только в части, касающейся определения очередности обороны того или иного объекта.

В системе «Сейфгард» предусматривался вычислительный комплекс, который должен состоять из 100 или более электронно-вычислительных машин.

Противники программы «Сейфгард» отмечали неспособность системы распознавать обнаруживаемые объекты и выделять головные части ракет на фоне облака ложных целей.

Несмотря на веские аргументы противников системы «Сейфгард», в конце 1969 г. в США было принято решение о начале ее развертывания. Военное руководство США надеялось, что многие сложные технические вопросы будут решены в ходе строительства системы.

Работы зарубежных специалистов в области противоракетной обороны не ограничиваются поисками средств защиты от БРДД и БРСД. Серьезное беспокойство вызывают и проблемы войсковой ПРО, т. е. борьбы с тактическими баллистическими ракетами.

Сложность решения этой проблемы зарубежные специалисты видят в том, что эти БР имеют сравнительно

небольшие дальности полета (от нескольких десятков до нескольких сот километров), оставляя на их перехват мало времени.

При решении проблемы ПРО войск за рубежом ставят вопрос, должен ли войсковой ЗРК ПРО являться одновременно комплексом ПСО, т. е. быть универсальным?

Зарубежные специалисты считают, что есть два пути решения вопроса ПРО войск: создание войсковых комплексов ПРО и совершенствование существующих ЗРК ПСО с целью приспособления их и для борьбы с БР. Эти войсковые ЗРК, как правило, являются универсальными.

\* \* \*

Рассмотренное состояние ПРО США оставалось без изменения до конца мая 1972 г., когда между СССР и США был заключен Договор об ограничении систем противоракетной обороны.

Договором предусматривается, что каждая сторона обязуется ограничить системы ПРО и принять другие меры в соответствии с положениями Договора. Стороны обязуются не развертывать системы ПРО территории своей страны и не создавать основу для такой обороны, а также не развертывать системы ПРО отдельного района, кроме как предусмотренного Договором.

В сентябре месяце 1972 г. Договор был ратифицирован правительством СССР и США.

ОСНОВНЫЕ ТАКТИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИ  
ВСЕПОГОДНЫХ АВТОМАТИЧЕСКИХ КОМП

Характеристики Наименование ЗРК	Страна-разработчик	Состояние отработки	Назначение
„Бомарк В“	США	На вооружении	ПСО
„Бомарк А“	США	На вооружении с 1961 г.	ПСО
„Бладхаунд“ Мк. 2	Великобритания	На вооружении с 1964 г.	ПСО
„Найк-Геркулес“	США	На вооружении с 1958 г.	ПСО и ПРО войск
„Найк-Аякс“	США	На вооружении с 1953 г.	ПСО
„Тандерберд“ Мк. 2	Великобритания	На вооружении с 1965 г.	ПСО
„Хок“	США	На вооружении с 1958 г.	ПСО и ПРО войск
SAM-Д	США	Разрабатывается	ПСО и ПРО войск
„Сейфгард“ с противоракетами; „Спартан“	США	То же	ПРО
„Сприит“	США	„	ПРО

СТИКИ ЗАРУБЕЖНЫХ ЗЕНИТНЫХ РАКЕТНЫХ  
ЛЕКСОВ ПСО И ПРО СТРАНЫ И ВОЙСК

Подвижность	Способ наведения на цель	Боевая дальность (наиб./наим.), км	Боевая высота (наиб./наим.), км
Стационарный	Комбинированный	$\frac{700}{\bullet}$	$\frac{30,5}{\bullet}$
То же	То же	$\frac{420}{\bullet}$	$\frac{21}{1,5}$
Стационарный и подвижный	Самонаведение	$\frac{185}{\bullet}$	$\frac{23}{0,05}$
То же	Теленаведение	$\frac{130}{13}$	$\frac{30}{1,5}$
Стационарный	То же	$\frac{48}{\bullet}$	$\frac{18}{\bullet}$
Стационарный и подвижный	Самонаведение	$\frac{60}{\bullet}$	$\frac{20}{\bullet}$
То же	То же	$\frac{35}{1,8}$	$\frac{18}{0,015}$
Подвижный	Теленаведение „через ЗУР“	$\frac{75}{\bullet}$	$\frac{25}{\bullet}$
Стационарный	Теленаведение	$\frac{>640}{\bullet}$	$\frac{300}{\bullet}$
То же	То же	$\frac{60}{\bullet}$	$\frac{30}{\bullet}$

• — данные отсутствуют

ОСНОВНЫЕ ТАКТИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИ  
И ПРО СТРА

Характеристика Наименование ЗУР	Зенитная управляемая				
	Стартовый вес, кгс	Размеры, м		Число ступеней	Двигательная установка
		длина	диаметр		
„Бомарк В“	7270	13,7	0,89	1	1 стартовый РДТТ и 2 маршевых ПВРД
„Бомарк А“	6860	14,3	0,89	1	1 стартовый ЖРД и 2 маршевых ПВРД
„Найк-Геркулес“	4500	12,5	0,8	2	4 стартовых и 1 маршевый РДТТ
„Найк-Аякс“	1360	10,6	0,31	2	1 стартовый РДТТ и 1 маршевый ЖРД
„Хок“ МУМ-23А	580	5	0,36	1	РДТТ с двумя режимами тяги
SAM-Д	•	•	•	1	РДТТ с двумя режимами тяги
„Бладхаунд“ Мк. 2	2500	8,46	0,53	2	4 стартовых РДТТ и 2 маршевых ПВРД
„Тандерберд“ Мк. 2	2000	6,4	0,53	2	4 стартовых и 1 маршевый РДТТ
„Спартан“	15150	16,7	1,1	3	На трех ступенях РДТТ
„Спринт“	3400	8,2	1,37	2	На двух ступенях РДТТ
„Хайбекс“	2500	6,1	1	2	То же

СТИКИ ЗУР И ПУСКОВЫХ УСТАНОВОК ЗРК ПСО  
НЫ И ВОЙСК

ракета			Пусковая установка			
Боевой заряд	Вид наведения на цель	Макс. скорость полета, число М	Число направляющих	Тип направляющих	Заряжание	
Ядерный или обычный	Радиокомандное и активное самонаведение	~ 4				1
То же	То же	2,5	1	То же	То же	
Ядерный или обычный	Радиокомандное	3,3	1	Конечной длины	„	
Обычный	Радиокомандное	2	1	То же	„	
Обычный или ядерный	Самонаведение полуактивное радиолокационное	2,5	3	Нулевой длины	„	
То же	Радиокомандное	4,7	6	Контейнерная	„	
Обычный	Самонаведение полуактивное радиолокационное	3	1	Нулевой длины	Механизированное	
Обычный	То же	2	1	То же	То же	
Ядерный	Радиокомандное	8	1	ПУ шахтного типа, старт вертикальный, заряжание механизированное	„	
Ядерный	То же	10	1	То же	То же	
Ядерный	„	10	1	„	„	

• — данные отсутствуют

ОСНОВНЫЕ ТАКТИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАК

ТЕРИСТИКИ ЗАРУБЕЖНЫХ ЗРК ПСО ВОЙСК

Характеристики Наименование ЗРК	Страна разработчик	Начало разработки	Состояние разработки	Боевая дальность (наиб. / наим.) км
„Индиго“	Италия + Швейцария	1962 г.	Разрабатывается	$\frac{10}{1-1,8}$
„Кроталь“	Франция	1964 г.	В производстве с 1969 г.	$\frac{8,5}{0,5-1}$
„Рапира“	Великобритания	1964 г.	В производстве с 1967 г.	$\frac{6-9}{1,6}$
„Роланд I“	Франция + ФРГ	1961 г.	Разрабатывается	$\frac{6}{0,5}$
„Роланд II“	Франция + ФРГ	1961 г.	То же	$\frac{6}{0,5}$
„Тайгеркэт“	Великобритания	1958 г.	На вооружении	$\frac{6}{\bullet}$
„Чапэрэл“	США	Начало 60-х годов	В производстве с 1967 г.	$\frac{4-9}{2}$
„Редэй“	США	1958 г.	На вооружении с 1965 г.	$\frac{3,6}{0,5}$
„Блоупайп“	Великобритания	1964 г.	Разрабатывается	$\frac{3}{\bullet}$

Боевая высота (наиб. / наим.) км	Подвижность	Всепогодность	Наведение ЗУР	Способ и вид наведения на цель
$\frac{6,1}{\bullet}$	Буксируемый	Всепогодно-невсепогодный	Автоматически-полуавтоматическое	Радиокомандное теленавешение
$\frac{3}{0,05}$	Самоходный	То же	Автоматическое	То же
$\frac{3}{\bullet}$	Возимый	Невсепогодный	Полуавтоматическое	„
$\frac{3}{0,015}$	Самоходный	То же	То же	„
$\frac{3}{0,015}$	То же	Всепогодно-невсепогодный	Автоматически-полуавтоматическое	„
$\frac{3}{\bullet}$	Буксируемый	Невсепогодный	Неавтоматическое	„
$\frac{1,5}{0,15}$	Самоходный	То же	Автоматическое	Пассивное ИК самонавешение
$\frac{1,5}{\bullet}$	Носимый	„	То же	То же
$\frac{1,8}{\bullet}$	То же	„	Неавтоматическое	Радиокомандное теленавешение

• — данные отсутствуют

ОСНОВНЫЕ ТАКТИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗУР

Характеристики	Зенитная управляемая				
	Вес (стартовый) (в контейнере), кгс	Размеры (длина - диаметр), м	Аэродинамическая схема	Вид наведения на цель	Боевой заряд
Наименование ЗУР					
„Индиго“	• 97,5	3,12 0,184	Поворотное крыло	По лучу РЛС с радиокоррекцией	Обычный
„Кроталь“	75 100	2,89 0,15	Утка	То же	Обычный
„Рапира“	63 •	2,24 0,127	Нормальная	Радиоконандное	Обычный
„Роланд“	64 85	2,4 0,16	Газодинамическое управление	То же	Обычный
„Тайгеркэт“	64 •	1,47 0,2	Поворотное крыло	„	Обычный
„Чапарэл“	83,9 •	2,91 0,127	Утка	ИК пассивное	Обычный
„Редай“	8,2 12,7	1,219 0,07	То же	То же	Обычный
„Блоупайп“	• 18	1,346 0,076	„	Радиоконандное	Обычный

И ПУСКОВЫХ УСТАНОВОК ЗАРУБЕЖНЫХ ЗРК ПСО ВОЙСК

ракета			Пусковая установка		
Принцип действия боевой части	Вид взрывательного устройства	Макс. скорость полета, число М	Число направляющих	Тип направляющих	Заряжание
Осколочно-фугасный	Ударное и ИК неконтактное	2,5	3	Конечной длины открытая	Автоматическое и ручное
То же	То же	2,3	4		Ручное
•	Ударное	>2	4	Конечной длины	То же
Кумулятивный	Ударное и неконтактное оптическое и радио	1,7	2	Контейнерная	Автоматическое и ручное
•	Ударное и неконтактное	~1	3	Конечной длины	Ручное
Осколочно-фугасный	Ударное и ИК неконтактное	2,5	4	То же	То же
То же	Ударное	2,4	1	Контейнерная	„
„	Ударное и ИК неконтактное	>2	1	То же	„

• — данные отсутствуют; все ЗУР оснащены РДТТ

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗАРУБЕЖНЫХ СТАЦИОНАРНЫХ  
ЗРК ПСО КОРАБЛЕЙ

ОСНОВНЫЕ ТАКТИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАК-  
АВТОМАТИЧЕСКИХ

Характеристики	Страна-разработчик	Состояние отработки
Наименование ЗРК		
„Тэлос“	США	На вооружении с 1956 г.
„Терьер-2“	США	На вооружении с 1959 г.
„Тартар“	США	На вооружении с 1955 г.
„Стандарт 67А“	США	На вооружении с 1967 г.
„Стандарт 66А“	США	То же
„Сислаг“ Мк. 2	Великобритания	На вооружении с 1966 г.
„Масурка“ Мк. 2, Мк. 3	Франция	На вооружении с 1965 г.
„Сидарт“	Великобритания	На вооружении с 1971 г.
„Сиспарроу“	США	На вооружении с 1968 г.
„Сикэт“	Великобритания	На вооружении с 1961 г.

• — данные отсутствуют

Способ наведения на цель	Боевая дальность ( $\frac{\text{наиб.}}{\text{наим.}}$ ), км	Боевая высота ( $\frac{\text{наиб.}}{\text{наим.}}$ ), км
Комбинированный	$\frac{120}{\bullet}$	$\frac{27}{3}$
То же	$\frac{37}{\bullet}$	$\frac{20}{0,6}$
”	$\frac{17}{\bullet}$	$\frac{12}{0,3}$
”	$\frac{56}{\bullet}$	$\frac{23}{\bullet}$
”	$\frac{24}{\bullet}$	$\frac{15}{\bullet}$
Теленаведение	$\frac{40}{\bullet}$	$\frac{23}{\bullet}$
Теленаведение (Мк. 2), самонаведение (Мк. 3)	$\frac{40}{\bullet}$	$\frac{21}{\bullet}$
Самонаведение	$\frac{16-36}{\bullet}$	$\frac{\bullet}{\bullet}$
То же	$\frac{15}{\bullet}$	$\frac{3}{\bullet}$
Теленаведение	$\frac{6}{\bullet}$	$\frac{3}{\bullet}$

ОСНОВНЫЕ ТАКТИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗАРУБЕЖНЫХ ЗУР И ПУСКОВЫХ ПСО КОРАБЛЕЙ

Характеристика Наименование ЗУР	Зенитная управляемая				
	Стартовый вес, кгс	Размеры, м		Число ступеней	Двигательная установка
		длина	диаметр		
„Тэлос“	3180	10	0,76	2	Стартовый РДТТ и маршевый ПВРД
„Терьер-2“	1400	8,2	0,3	2	Стартовый и маршевый РДТТ
„Тартар“	680	4,6	0,3	1	РДТТ с двумя режимами тяги
„Стандарт 66А“	590	4,57	0,3	1	То же
„Стандарт 67А“	1060	8,2	0,3	2	Стартовый и маршевый РДТТ
„Сиспарроу-3“	200	3,7	0,2	1	РДТТ
„Сислаг“ Мк. 2	2000	6	0,4	2	4 стартовых РДТТ и маршевый РДТТ
„Сидарт“	•	4,34	0,4	2	Стартовый РДТТ и маршевый ПВРД
„Сикэт“	64	1,47	0,2	1	РДТТ с двумя режимами тяги
„Масурка“ Мк. 2, Мк. 3	1850	8,6	0,4	2	Стартовый и маршевый РДТТ

• — данные отсутствуют

ОСНОВНЫЕ ТАКТИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗАРУБЕЖНЫХ ЗУР И ПУСКОВЫХ ПСО КОРАБЛЕЙ

ракета			Пусковая установка			
Боевой заряд	Вид наведения на цель	Макс. скорость полета, число М	Число направляющих	Тип направляющих	Заряжание	
Ядерный или обычный	По лучу и полуактивное радиолокационное самонаведение	2,5	2	Конечной длины (открытая)	Автоматизированное	
Обычный	Комбинированное	2,6	2	То же	То же	
То же	То же	2	2	„	„	
„	„	2	2	„	„	
„	„	2,5	2	„	„	
„	„	3	•	„	„	
„	По лучу РЛС	3	2	„	„	
„	Полуактивное радиолокационное самонаведение	2,5	2	„	„	
„	Радиокомандное	~1	3 или 4	„	Ручное	
„	Мк. 2 — по лучу; Мк. 3 — полуактивное радиолокационное самонаведение	2,5	2	„	Автоматизированное	

## ЛИТЕРАТУРА

1. Алемасов В. Е. и др. Теория ракетных двигателей. Изд. «Машиностроение», 1969.
2. Алешков М. Н. и др. Физические основы ракетного оружия. Воениздат, 1972.
3. Ануреев И. И. Оружие противоракетной и противокосмической обороны. Воениздат, 1971.
4. Афонин П. М. и др. Беспилотные летательные аппараты. Изд. «Машиностроение», 1967.
5. Белавин Н. И., Куплянский В. М. Главное оружие флота. Воениздат, 1965.
6. Вермишев Ю. Х. Основы управления ракетами. Воениздат, 1968.
7. Волков Е. Б. Ракетные двигатели. Воениздат, 1969.
8. Гуткин Л. С. и др. Радиоуправление реактивными снарядами и космическими аппаратами. Изд. «Советское радио», 1968.
9. Дмитриев Д. И. Ракетный щит родины. Изд. ДОСААФ, 1968.
10. Дружинин В. В. Радиотехнические войска противовоздушной обороны страны. Изд. ДОСААФ, 1968.
11. Калашников Е. В. Разведка и целеуказание. Воениздат, 1967.
12. Крысенко Г. Д. Современные системы ПВО. Воениздат, 1966.
13. Кузин Е. В. Моноимпульсная радиолокация. Воениздат, 1969.
14. Латухин А. Н. Боевые управляемые ракеты. Воениздат, 1968.
15. Леонов А. И. Радиолокация в ПРО. Воениздат, 1967.
16. Мазинг Г. Ю. Воздушно-реактивные двигатели. Воениздат, 1961.
17. Морозов П. В. Борьба с воздушно-космическими целями. Воениздат, 1967.
18. Неупокоев Ф. К. Стрельба зенитными ракетами. Воениздат, 1970.
19. Орлов Б. В., Мазинг Г. Ю. Термодинамические и баллистические основы проектирования ракетных двигателей на твердом топливе. Изд. «Машиностроение», 1968.
20. Орлов Б. В., Мазинг Г. Ю., Рейдель А. Л., Степанов М. Н., Топчиев Ю. И. Основы проектирования ракетно-прямоточных двигателей. Изд. «Машиностроение», 1967.
21. Пересада С. А. Зенитное управляемое ракетное оружие. Воениздат, 1968.

22. Пересада С. А., Филиппов А. И., Демидов Л. И. Борьба с низколетящими средствами воздушного нападения. Воениздат, 1971.
23. Сафронов Ю. П. Распознающие устройства. Воениздат, 1970.
24. Хорошилов П. Е. Это начиналось так... Воениздат, 1970.
25. Чувев Ю. В. Крылатые ракеты. Воениздат, 1964.
26. Чувев Ю. В. и др. Основы исследования операций в военной технике. Изд. «Советское радио», 1965.
27. Шипов Б. В. Отечественное ракетостроение. Воениздат, 1967.
28. Шибеев Н. Ф. Борьба с ракетами. Воениздат, 1967.
29. Журнал «Вопросы ракетной техники» № 7 и 8. Изд. «Мир» за 1971 г.
30. Иностранные журналы по вопросам ракетной техники периода 1965—1972 гг.

## О Г Л А В Л Е Н И Е

	<i>Стр.</i>
Предисловие . . . . .	3
<b>Глава 1. Общие понятия о зенитном управляемом ракетном оружии . . . . .</b>	<b>6</b>
§ 1. Первые зенитные ракеты . . . . .	—
§ 2. Схема построения зенитного управляемого ракетного оружия . . . . .	17
§ 3. Схема стрельбы зенитного ракетного комплекса . . . . .	20
§ 4. Основные боевые характеристики зенитного ракетного комплекса . . . . .	23
§ 5. Классификация зенитных ракетных комплексов . . . . .	37
<b>Глава 2. Боевые средства зенитного ракетного комплекса . . . . .</b>	<b>47</b>
§ 1. Система обнаружения и целеуказания ЗРК . . . . .	—
§ 2. Средства управления зенитной управляемой ракетой . . . . .	53
§ 3. Зенитная управляемая ракета . . . . .	80
§ 4. Пусковая установка. Технические средства ЗРК . . . . .	126
<b>Глава 3. Некоторые иностранные образцы зенитных ракетных комплексов . . . . .</b>	<b>132</b>
§ 1. Зенитные ракетные комплексы ПСО страны . . . . .	133
§ 2. Войсковые зенитные ракетные комплексы . . . . .	158
§ 3. Зенитные ракетные комплексы кораблей . . . . .	193
§ 4. Комплексы противоракетной обороны . . . . .	211
<b>Глава 4. Противосамолетная и противоракетная оборона в современных условиях . . . . .</b>	<b>223</b>
§ 1. Противосамолетная оборона территории страны . . . . .	—
§ 2. Противосамолетная оборона войск . . . . .	236
§ 3. Противосамолетная оборона кораблей в море и в местах базирования . . . . .	244
§ 4. Некоторые вопросы организации борьбы с баллистическими ракетами . . . . .	250

## Приложения:

1. Основные тактико-технические характеристики зарубежных зенитных ракетных всепогодных автоматических комплексов ПСО и ПРО страны и войск . . . . .	256
2. Основные тактико-технические характеристики ЗУР и пусковых установок ЗРК ПСО и ПРО страны и войск . . . . .	258
3. Основные тактико-технические характеристики зарубежных ЗРК ПСО войск . . . . .	260
4. Основные тактико-технические характеристики ЗУР и пусковых установок зарубежных ЗРК ПСО войск . . . . .	262
5. Основные тактико-технические характеристики зарубежных стационарных автоматических ЗРК ПСО кораблей . . . . .	264
6. Основные тактико-технические характеристики зарубежных ЗУР и пусковых установок ЗРК ПСО кораблей . . . . .	266
Л и т е р а т у р а . . . . .	268

*Святослав Александрович Пересада*

ЗЕНИТНЫЕ РАКЕТНЫЕ КОМПЛЕКСЫ

Редактор *К. В. Морозов*

Переплет художника *Б. С. Иванова*

Технический редактор *М. П. Зудина.*

Корректор *Э. И. Заикина*

---

Г-34033.

Сдано в набор 23.6.72 г.

Подписано к печати 16.4.73 г.

Формат бумаги 84×108<sup>1</sup>/<sub>32</sub> 8<sup>1</sup>/<sub>2</sub> печ. л., 14,28 усл. печ. л. 14,23 уч.-изд. л.

Бумага типографская № 1 Тираж 12 000 экз. Цена 64 коп.

Изд. № 6/4243

Зак. 284

---

Ордена Трудового Красного Знамени

Военное издательство Министерства обороны СССР

103160, Москва, К-160

1-я типография Воениздата

103006, Москва, К-6, проезд Скворцова-Степанова, дом 3

Цена 64 коп.

14

4865

