

ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Управляемые снаряды	1
Средства преодоления противоснарядной обороны	23
Лазеры и их применение	35
Применение лазеров для военных целей и в космическом пространстве	40

УПРАВЛЯЕМЫЕ СНАРЯДЫ

Статья написана на основе очередного обзора управляемых снарядов, помещаемого ежегодно в журнале «Flight», и дополнена сведениями из ряда других источников.

Все предыдущие обзоры с некоторыми сокращениями также помещались в «Технической информации» (№ 840, 857, 882, 903, 930, 953, 981 и 1000).

Каждый обзор дополняет и уточняет, но не повторяет полностью сведения, сообщавшиеся в предыдущих обзорах, поэтому лицам, заинтересованным в получении более подробной информации, рекомендуется обращаться к перечисленным выше номерам «ТИ».

СТРАТЕГИЧЕСКИЕ БАЛЛИСТИЧЕСКИЕ СНАРЯДЫ КЛАССА ЗЕМЛЯ — ЗЕМЛЯ

Исследовательские и опытные работы по усовершенствованиям боевых головок стратегического оружия и методов их доставки к целям продолжают получать приоритет в основных странах мира, однако воплощение этих работ в реальные изделия становится все более трудным, а стоимость осуществления некоторых идей достигает неприемлемо высокого уровня. Более того, период создания полностью новой системы доставки боевых зарядов к целям часто оказывается настолько длительным, что позволяет потенциальному противнику найти средства обороны от этой системы.

Интересно отметить, что хотя межконтинентальные баллистические снаряды (МБС) представляют собой потенциальную угрозу уже в течение почти десятилетия, ни одна зарубежная страна не имеет системы обороны от этого вида оружия. Утверждают, что в США разработана система обороны от МБС, однако эта система не принята на вооружение. Основным фактором для этого являются экономические проблемы. Оценок стоимости обороны территории США или отдельных важных объектов не публиковалось, однако министр обороны США предполагает, что для создания системы обороны, обеспечивающей защиту 35% населения США, потребуется 17 млрд. долларов. Пока предпочтение отдается концепции создания сил устрашения, чтобы противопоставить свои МБС угрожающим силам МБС противника.

«Атлас» — первый разработанный в США МБС, находящийся в настоящее время на грани снятия с вооружения, так как вследствие быстрого технического прогресса этот снаряд считается уже устаревшим. Первая модификация снаряда, имеющая обозначение PGM-16D, в настоящее время снимается с вооружения. Много снарядов этой модификации, предназначенной для использования с открытых наземных стартовых площадок, было за-

пущено с базы ВВС США Ванденберг по программе тренировки стартовых команд. Кроме того, модифицированный вариант снаряда PGM-16D используется в качестве ракеты-носителя отдельно или в сочетании с верхними ступенями, такими как «Эйбл» и «Эджена». Снятые с вооружения снаряды PGM-16D модифицируются в ракеты-носители SLV-3, используемые во многих космических программах. Поставка ракет-носителей SLV-3 была начата 18 мая 1964 г., причем каждая ракета рассчитывается на определенную нагрузку и для выполнения определенного назначения.

Большинство снарядов модификации «Атлас» CGM-16E, размещенных на полуподземных стартовых площадках, остаются пока на вооружении. Снаряды этой модификации сформированы в четыре эскадрильи, по девять снарядов в каждой.

Снаряды модификации «Атлас» HGM-16F (фиг. 1), хранящиеся в подземных шахтах и поднимаемые для запуска на поверхность, остаются на вооружении. Всего имеется шесть эскадрилий этих снарядов, в каждой из которых по 12 пусковых шахт со снарядами.

«Титан» — второй МБС, разработанный для ВВС США, программа поступления этих снарядов на вооружение в течение уже нескольких месяцев считается завершенной, хотя некоторые работы по улучшению снарядов продолжают. Разработка снаряда HGM-25B «Титан» 1 (фиг. 1) была предпринята на случай неудачи разработки МБС «Атлас». Снаряд «Титан» 1 отличается от снаряда «Атлас» наличием двух ступеней, расположенных тандем, причем силовая установка второй ступени включается после выгорания топлива и отделения первой ступени над атмосферой. Снаряд предназначен для хранения в подземной пусковой шахте, но для запуска должен был подниматься на

поверхность. В настоящее время имеется шесть баз, на которых размещено 54 снаряда модификации HGM-25B (три эскадрильи на каждой базе; в эскадрилью входит стартовый комплекс с тремя шахтами).

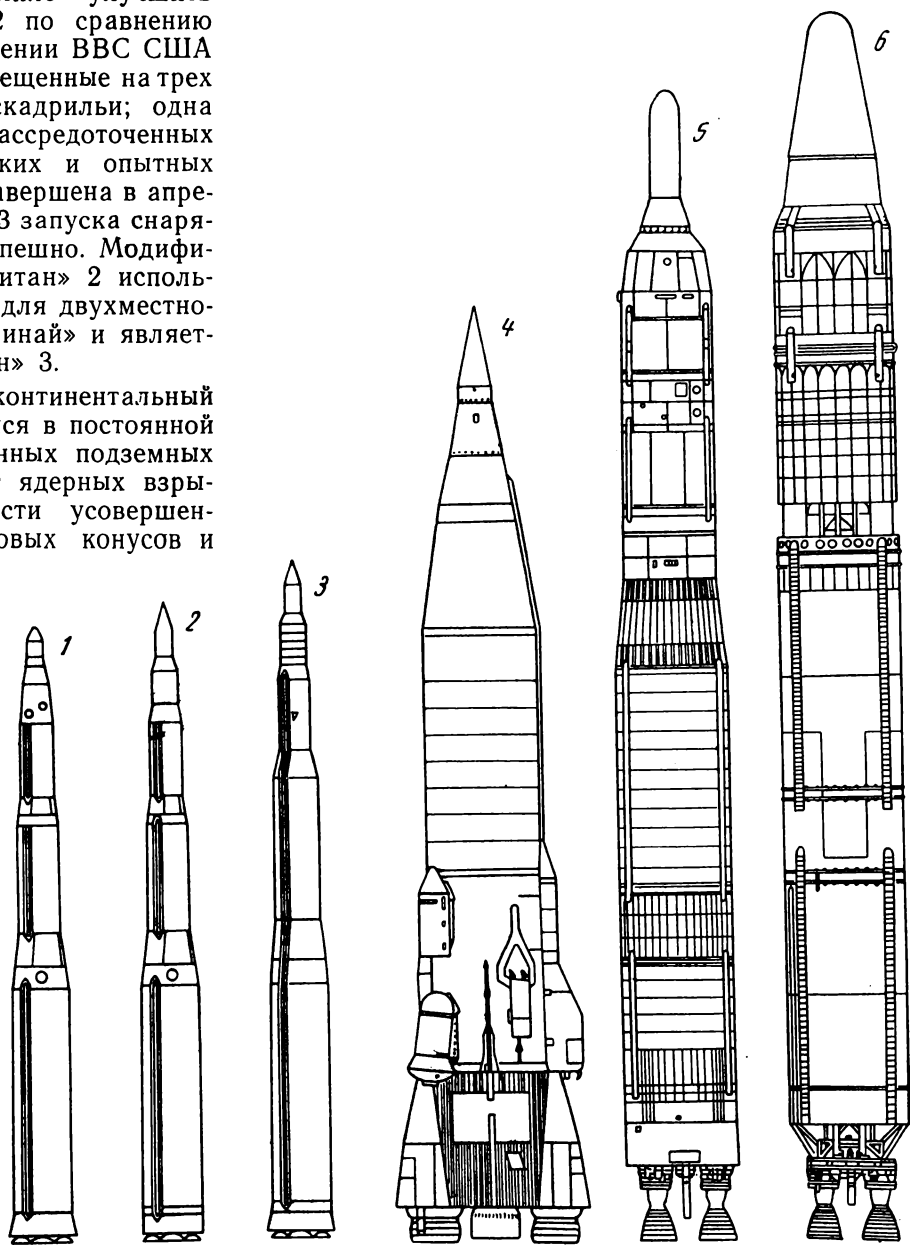
Модификация снаряда LGM-25C «Титан» 2 (фиг. 1) во многом отличается от первой модификации. Снаряд может запускаться из шахты (отсюда изменение обозначения с HGM на LGM) и его силовая установка работает на долгохранящемся некриогенном топливе, представляющем собой четырехокись азота и горючее «аэрозин» 50 (смесь гидразина и асимметричного диметилгидразина). Компоненты топлива воспламеняются при контакте и горят прозрачным голубоватым пламенем, создавая удельный импульс не меньше, чем керосин RP-1 и жидкий кислород. Значительное увеличение объема топливных баков, достигнутое в результате удлинения первой ступени и увеличения диаметра второй ступени, позволило улучшить характеристики снаряда «Титан» 2 по сравнению со снарядом «Титан» 1. На вооружении ВВС США состоят 54 снаряда «Титан» 2, размещенные на трех базах (на каждой базе по две эскадрильи; одна эскадрилья включает девять рассредоточенных шахт). Программа исследовательских и опытных работ по снаряду «Титан» 2 была завершена в апреле 1964 г.; по ней было проведено 33 запуска снарядов, из которых 24 закончились успешно. Модифицированный вариант снаряда «Титан» 2 используется в качестве ракеты-носителя для двухместного пилотируемого спутника «Джеминай» и является основой ракеты-носителя «Титан» 3.

«Минитмэн» — основной межконтинентальный баллистический снаряд, находящийся в постоянной боевой готовности в рассредоточенных подземных пусковых шахтах, защищенных от ядерных взрывов. Новые достижения в области совершенствования ракетных топлив, носовых конусов и инерциальных систем наведения, а также значительное уменьшение размеров и веса термоядерных боевых зарядов позволили создать МБС «Минитмэн» (фиг. 1), который значительно меньше ранее разработанных МБС «Атлас» и «Титан». Первая модификация МБС «Минитмэн» LGM-30A представляет собой трехступенчатый снаряд с РДТТ на всех ступенях. Максимальный диаметр первой ступени 1,88 м, а стартовый вес снаряда незначительно превышает четверть стартового веса больших МБС, имеющих в качестве силовой установки ЖРД. Программа разработки снаряда «Минитмэн» проводилась относительно быстро и успешно.

Модификация снаряда «Минитмэн» LGM-30A и стартовый комплекс этого снаряда были подробно описаны в бюллетене «Техническая информация» № 1000. Неоднократно указы-

валось, что расчетная дальность модификации LGM-30A достигает 10200 км (что соответствует расчетной дальности ранее созданных МБС). Однако в конечном результате дальность снаряда оказалась менее 7440 км, несмотря на установку легкой боевой части.

Второе и третье крылья снарядов «Минитмэн» оснащены усовершенствованной модификацией снаряда LGM-30B. Помимо различий, которые видны из сравнения данных, приведенных в табл. 1, модификация снаряда LGM-30B имеет увеличенный по объему корпус второй ступени, усовершенствованную систему наведения и ряд улучшенных частей. Эта модификация снаряда в настоящее время серийно производится на арендуемом фирмой Боинг заводе ВВС США в Огдене (шт. Юта) для вооружения четвертого и пятого крыльев снарядов. Одно крыло снарядов в отличие от остальных крыльев будет иметь не 150, а 200 снарядов.



1—«Минитмэн» LGM-30A; 2—«Минитмэн» LGM-30B; 3—«Минитмэн» LGM-30C; 4—«Атлас» HGM-16F; 5—«Титан» 1 (HGM-25B); 6—«Титан» 2 (LGM-25C)

Фиг. 1. Схемы межконтинентальных баллистических снарядов

Основные характеристики стратегических баллистических снарядов

Название и обозначение	Заказчик	Главный контрактант	Геометрические размеры [м]		Стартовый вес [кг]	Максимальная дальность [км]	Силовая установка	Материал корпуса	Система наведения	Система управления	Носовой конус (мощность ядерного заряда)
			длина	максимальный диаметр							
"Атлас" PGM-16D	ВВС США	Конвэр	23,0	3,0	115670	14825	Ракетдэйн МА-2: два ЖРД с тягой по 6800 кг и маршевый ЖРД с тягой 25850 кг; ЖРД работают на жидком кислороде и горючем RP-1	Нержавеющая сталь; жесткость обеспечивается наддувом	Радиоинерциальная	Отклоняемые камеры сгорания ЖРД и вершинные двигатели	Дженерал Электрик Mk. 2 (2 Мм ТНТ)
"Атлас" CGM-16E	ВВС США	Конвэр	25,1	3,0	120660	16680	Ракетдэйн МА-3: два ЖРД с тягой по 74800 кг и маршевый ЖРД с тягой 26760 кг; воспламенение топлива с помощью пиротехнического запала	То же	Инерциальная	То же	Дженерал Электрик Mk. 3 (2 Мм ТНТ)
"Атлас" HGM-16F	ВВС США	Конвэр	24,1	3,0	117900	16680	То же, что и на модификации CGM-16E, но с некоторыми изменениями, обеспечивающими продленное хранение снаряда с заправленными топливом баками	"	То же	"	Авко Mk. 4 (4 Мм ТНТ)
"Минитмен" LGM-30A	ВВС США	Боинг	16,4	1,88	30840	7400	1-я ст.—РДТТ Тиокол с тягой 118000 кг; топливо: перхлорат аммония+полибутадиеновая акриловая кислота 2-я ст.—РДТТ Эрджет; топливо: полиуретан+перхлорат аммония 3-я ст.—РДТТ Геркулес Паулер; топливо: нитроцеллюлоза+перхлорат аммония	1-я и 2-я ст.—высокопрочная сталь; 3-я ст.—стекловолокно	"	Четыре отклоняемых сопла на каждой ступени	Авко Mk. 5 (1 Мм ТНТ)
"Минитмен" LGM-30B	ВВС США	Боинг	16,4	1,88	—	9260	То же, что и на модификации LGM-30A; несколько изменены смесевые топлива	1-я ст.—высокопрочная сталь; 2-я и 3-я ст.—стекловолокно	То же	То же	Авко (> 1 Мм ТНТ)

Название и обозначение	Заказчик	Главный контрактант	Геометрические размеры [м]		Стартовый вес [кг]	Максимальная дальность [км]	Силовая установка	Материал корпуса	Система наведения	Система управления	Носовой конус (мощность ядерного заряда)
			длина	максимальный диаметр							
„Минитмен“ LGM-30C	ВВС США	Боинг	18,2	1,88	—	>11120	Та же, что и на модификации LGM-30A; несколько изменены смесевые топлива	1-я ст.—сталь (?); 2-я и 3-я ст. —стекловолокно	Та же, что и на модификации LGM-30A, но с применением микромодулей	1-я и 3-я ст.—те же, что и на модификации LGM-30A; 2-я ст.—одно сопло с системой впрыска фреона	Дженерал Электрик Mk. 12 (>2 Mt TNT)
„Титан“ 1 HGM-25B	ВВС США	Мартин	29,8	3,0	99790	14820	1-я ст.—двухкамерный ЖРД Эрджет LR87-3 с тягой по 68000 кг	Алюминий на обеих ступенях	Радионерциальная	Отклоняемые камеры ЖРД; управление по крену обеспечивается отклонением выхлопа турбонасоса	Авко Mk. 4 (8 Mt TNT)
„Титан“ 2 LGM-25C	ВВС США	Мартин	31,4	3,0	136080	23160	2-я ст.—ЖРД Эрджет LR91-3 с тягой 36280 кг; ЖРД работают на жидком кислороде и горючем RP-1 1-я ст.—двухкамерный ЖРД Эрджет LR87-5 с тягой по 97500 кг	То же	Инерциальная	То же	Дженерал Электрик Mk. 6 (18 Mt TNT)
„Поларис“ А-1 UGM-27A	Флот США	Локхид	8,5	1,37	12840	2220	2-я ст.—ЖРД Эрджет LR91-5 с тягой 45360 кг; ЖРД работают на четырехокси азота и горючем „аэрозин“ 50 1-я ст.—РДТТ Эрджет с тягой 36280 кг; топливо: полиуретан + перхлорат аммония	Высокопрочная сталь на обеих ступенях	Инерциальная Mk. 1	Дефлекторы реактивной струи на обеих ступенях	Локхид (0,5 Mt TNT)
„Поларис“ А-2 UGM-27B	Флот США	Локхид	9,4	1,37	14500	2780	2-я ст.—РДТТ Эрджет; топливо: полиуретан + перхлорат аммония То же	1-я ст.—высокопрочная сталь; 2-я ст.—стекловолокно	То же	1-я ст.—дефлекторы; 2-я ст.—четыре отклоняемых сопла	То же
„Поларис“ А-3 UGM-27C	Флот США и Англии	Локхид	9,5	1,37	15880	4630	1-я ст.—та же, что и на предыдущих модификациях 2-я ст.—РДТТ Геркулес Паулер; топливо: нитроглицерин, нитроцеллюлоза + перхлорат аммония	Стекловолокно на обеих ступенях	Инерциальная Mk. 2	1-я ст.—четыре отклоняемых сопла; 2-я ст.—четыре сопла с системой впрыска фреона	Локхид

Шестое крыло снарядов «Минитмэн» будет вооружено значительно усовершенствованной модификацией снаряда LGM-30C. Отдельные компоненты и основные блоки этой модификации неоднократно испытывались на ранее созданных снарядах. Первое летное испытание снаряда модификации LGM-30C состоялось в октябре 1964 г. и закончилось успешно. Как видно из табл. 1, модификация LGM-30C имеет систему управления, основанную на введении фреона в сопло для отклонения вектора тяги на активном участке полета. Подобная система применяется на БССД Локхид «Поларис» А-3. На первых модификациях снаряда «Минитмэн» управление осуществляется четырьмя отклоняемыми соплами на каждой ступени.

Характеристики снаряда модификации LGM-30C ограничены, однако первоначальная расчетная дальность снаряда «Минитмэн» может быть достигнута при установке боевого заряда, значительно превышающего по мощности заряды первых модификаций. Применение в системе наведения снаряда модификации LGM-30C нового цифрового вычислителя на твердых схемах и усовершенствованной гиросtabilизированной платформы обеспечивает значительно большую точность стрельбы. Считают, что один снаряд модификации LGM-30C обладает большей эффективностью против защищенных целей, чем четыре снаряда первых модификаций. Решение о формировании еще одного крыла должно быть в скором времени принято, что увеличит общее количество заказанных МБС «Минитмэн» с 950 до 1100. Каждый снаряд «Минитмэн» будет программирован на поражение основной и второстепенной целей, данные о которых будут храниться в блоке памяти бортового вычислителя. Снаряды могут запускаться при дистанционном управлении, время подготовки к запуску не более 32 сек. К ноябрю 1964 г. было выстрелено около 120 снарядов «Минитмэн», причем почти половина запусков проводилась с базы ВВС США Ванденберг по программе тренировки стартовых команд.

К июню 1964 г. на вооружении состояло около 350 снарядов «Минитмэн» (150 снарядов модификации LGM-30A, остальные — модификации LGM-30B). Модификация снаряда LGM-30C должна поступить на вооружение не раньше 1965—1966 гг. Прилагаются всемерные усилия к тому, чтобы сделать новые пусковые шахты менее подверженными коррозии и просачиванию воды, так как эти явления вызывают серьезные проблемы и

на их устранение ежемесячно затрачивается 80000 человеко-часов.

„LASV” (Low-Altitude Supersonic Vehicle) — снаряд, летающий на малых высотах. Разработка снаряда была прекращена министерством обороны США в июле 1964 г. Снаряд с ядерным ПБРД рассчитывался на скорость полета, соответствующую числу $M=5$ или более. Возможно, снаряд стал бы и пилотируемым. ВВС США не имели четких тактико-технических требований к этому снаряду, а расходы на его разработку, включающие стоимость проведения четырех испытательных полетов, превышали 200 млн. долларов (500 млн. долларов на 14 полетов). Проектом снаряда подобного типа является проект снаряда CLAM (Chemical Low-Altitude Missile), исследовательские работы по которому ведутся в основном флотом США с целью изучения возможности применения такого снаряда для выполнения различных задач.

Мобильный БССД (MMRBV) — разработка этого снаряда, заказанного ВВС США, прекращена. Снаряд MMRBV предназначался для ликвидации пробела между баллистическим снарядом «Першинг» с дальностью 740 км, с одной стороны, и МБС, с другой. За исключением нескольких ответственных лиц, никто не может сказать, существуют ли тактико-технические требования к этому снаряду. Конечно, ни ВВС США, ни страны НАТО (за исключением, возможно, ФРГ) не запрашивали их, а концепция системы снаряда продолжала разрабатываться, так как считали, что в этой концепции заложена хорошая идея. Вес снаряда MMRBV должен был быть около 5 т. Снаряд предполагалось запускать с пусковой установки, размещенной на транспортере, способном передвигаться по бездорожью. Разработка астроинерциальной системы наведения STINGS поручена фирме Джeneral Присижн, и поскольку некоторые особенности этой системы считаются весьма перспективными, разработка ее продолжается, несмотря на прекращение работ по снаряду. Другой частью системы снаряда, работы по которой также не прекращены, является система управления и командной связи, однако создание такой системы оказалось технически очень трудным.

На разработку системы снаряда MMRBV затрачено по крайней мере 120 млн. долларов. В 1965 б. г. на систему запрашивалось 110 млн. долларов, однако конгресс США сократил эту цифру до 40 млн. долларов.

ТАКТИЧЕСКИЕ БАЛЛИСТИЧЕСКИЕ СНАРЯДЫ КЛАССА ЗЕМЛЯ — ЗЕМЛЯ

В области тактических баллистических снарядов (фиг. 2) наблюдается большой интерес армии США к разработке оптимальных тактических систем оружия и преодолению «барьера стоимости», стоящего на пути создания совершенных систем, и прекращение работ по созданию систем тактических снарядов в Англии.

Новых сообщений о состоянии работ по созданию баллистических снарядов большой дальности во Франции не появлялось, за исключением того, что в 1965 г. на новом полигоне в Бискаресе пред-

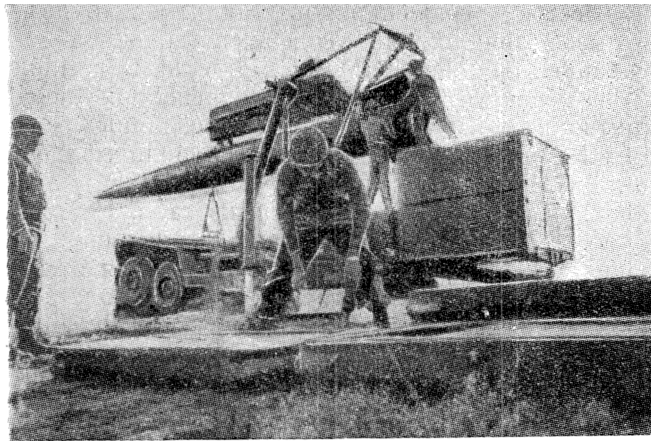
полагается провести запуски снарядов с дальностью 500—3000 км.

«Першинг» — тактический баллистический снаряд, обладающий самой большой дальностью среди снарядов этого типа. В 1964 г. снаряды «Першинг» поступили на вооружение армии ФРГ. Немецкие команды успешно провели запуски снарядов в апреле 1964 г. В настоящее время немецкие и американские подразделения снарядов «Першинг» доводятся до стадии боевой готовности. Главная фирма по системе снаряда Мартин проде-

лала значительную работу по созданию полностью мобильной системы оружия, обеспечивающей селективную дальность стрельбы. Система снаряда «Першинг» без некоторых тяжелых частей может транспортироваться на самолете или вертолете.

«Сержант» — тактический баллистический снаряд армии США (фиг. 3), программа производства которого фактически завершена. Снаряд «Сержант» имеет дальность 120 км и состоит на вооружении армий США и ФРГ.

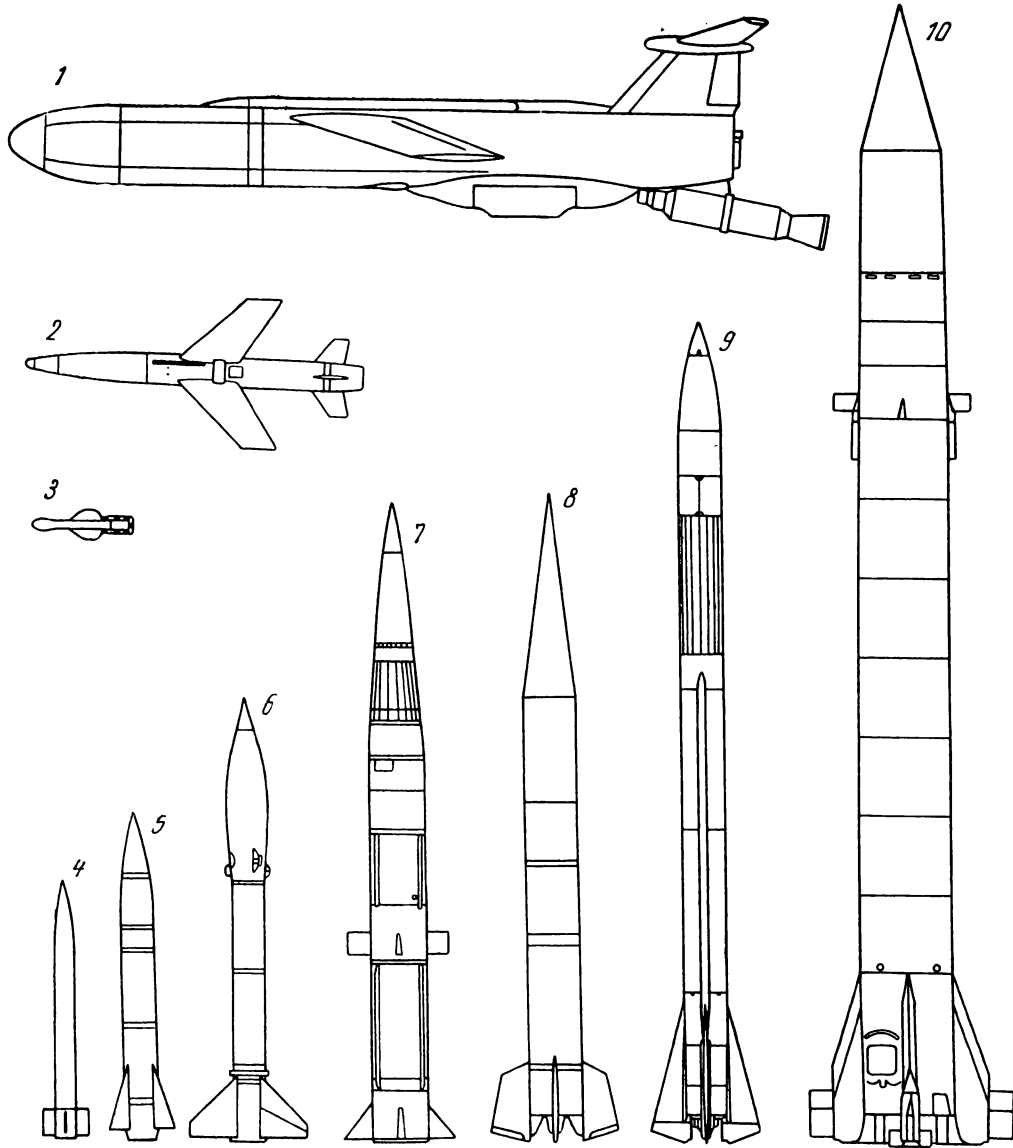
«Лэнс» — тактический баллистический снаряд предназначен для замены крылатого тактического снаряда «Лакросс», на который армия США затратила 300 млн. долларов. Система снаряда «Лакросс» относительно громоздка, но не является дорогой в сравнении с другими управляемыми снарядами. Система снаряда «Лэнс» по сравнению с системой «Лакросс» обладает лучшей мобильностью, имеет автономную систему наведения «Аутомат» и значительно меньший вес. Однако стоимость снаряда «Лэнс» выше стоимости снаряда «Лакросс» и во



Фиг. 3. Сборка тактического баллистического снаряда «Сержант» на стартовой позиции

много раз превышает стоимость таких тактических неуправляемых снарядов, как «Онест Джон» и «Литл Джон».

Силовая установка снаряда «Лэнс» представляет собой заранее снаряжаемый топливом ЖРД Рокетдайн, который может храниться в течение пяти лет. Снаряд размещается на гусеничном транспортере—пусковой установке М-113, схожем с транспортером, используемым в системе снаряда «Першинг». Второй входящий в систему транспортер М-113 несет два снаряда и подъемник для перезарядки пусковой установки. В системе применены простые ручные приводы для подъема и поворота и почти отсутствуют системы с электроприводами. Транспортер—пусковая установка вместе со снарядом может сбрасываться с самолета на парашютах. Для ограниченного использования системы снаряда на передовых позициях разрабатывается вариант системы, перевозимой на вертолетах. В этом варианте системы снаряд и пусковая установка размещаются на легком колесном прицепе, буксируемом тягачом. Общие затраты на исследовательские и опытные работы по системе снаряда «Лэнс» достигнут к лету 1965 г. примерно 175 млн. долларов, когда должно быть принято решение о производстве системы.



1—«Мэйс» MGM-13С; 2—«Лакросс» MGM-18А; 3—Норд SS.12; 4—«Литл Джон» MGR-3А; 5—«Лэнс» XMGM-52А; 6—«Онест Джон» MGR-1В; 7—«Першинг» MGM-31А; 8—«Сержант» MGR-29А; 9—«Кап-рал» MGM-5А; 10—«Редстоун» PGM-11А

Фиг. 2. Схемы тактических баллистических снарядов

Основные характеристики тактических снарядов класса земля—земля

Название и обозначение	Заказчик	Главный контрактант	Геометрические размеры (м)		Стартовый вес (кг)	Максимальная дальность (км)	Силовая установка	Материал корпуса	Система наведения	Система управления	Боевой заряд
			длина	максимальный диаметр							
"Капрал" MGM-5A	Армия США и Англии	Файрстоун	13,8	0,76	5080	137	ЖРД Райан с неподвижной камерой сгорания; тяга 5440 кг; топливо: азотная кислота + анилин	Сталь	Радиокомандная + программное устройство	Газовые рули	Ядерный или ВВ
"Онест Джон" MGR-1B	Армия США и страны НАТО	Эмерсон Электрик	7,57	0,76	2140	33	РДТТ Геркулес Паулер M31A-1 диаметром 0,76 м	То же	Отсутствует	Стабилизировается вращением с помощью специальных двигателей и стабилизаторов	Ядерный или ВВ (вес 680 кг)
"Лакросс" MGM-18A	Армия США и Канада	Мартин	5,84	0,52	1040	35	РДТТ Тиokol M10E-1	Сталь и алюминий	Радиокомандная	Крестообразно расположенные хвостовые рули	Ядерный или кумулятивный
"Лэнс" XMGM-52A	Армия США	Чанс-Вуот	6,1	—	—	55	Долгохранящийся ЖРД Рокетлайн	—	Программированная инерциальная "Аутомат"	Окклонение реактивной струи	Ядерный или ВВ
"Литл Джон" MGR-3A	Армия США	Эмерсон Электрик	4,5	0,32	354	18	РДТТ Геркулес Паулер М. 26	Сталь и алюминий	Отсутствует	Стабилизация вращением	То же
"Мэйс" MGM-13B (ранее "Мэйс" А)	ВВС США, ФРГ	Мартин	13,4	1,37	6350	1100	Стартовый РДТТ Тиokol + маршевый ТРД Аллисон J-33-41 с тягой 2360 кг	Алюминий, слоистая конструкция	"Атлан", основанная на сравнении радиолокационной карты местности и местности, над которой летит снаряд	Самолетного типа	Ядерный
"Мэйс" MGM-13C (ранее "Мэйс" В)	ВВС США	Мартин	13,4	1,37	8160	2220	То же	То же	Инерциальная "Эчивер"	То же	То же
Норд SS. 12	Франция	Норд Авиасьон	1,85	0,18	~75	~7	РДТТ Норд с двумя ступенями тяги	Сталь	По проводам	Отклонение реактивной струи	Кумулятивный
"Першинг" MGM-13A	Армия США, ФРГ	Мартин	10,6	1,0	4540	740	1-я ст.—РДТТ Тиokol ХВ-1; 2-я ст.—РДТТ Тиokol ХВ-2	То же	Инерциальная	Поверхности управления	Ядерный
"Редстоун" PGM-11A	Армия США	Крайслер	21,1	1,78	28100	370	ЖРД Рокетлайн А-7 с тягой 35380 кг; топливо: жидкий кислород + спирт	Алюминиевый сплав	То же	Газовые рули	Ядерный или ВВ
"Регул" PGM-6B	Флот США	Чанс-Вуот	10,4	1,37	6580	930	Стартовый РДТТ Эрджет + маршевый ТРД Аллисон J-33 с тягой 2360 кг	Легкие сплавы	"	Самолетного типа	Ядерный
"Робот" 315	Флот Швеции	Роботбиран	7,3	0,79	1360	18	Стартовый РДТТ + маршевый РДТТ с четырьмя соплами	То же	Радиокомандная	Носовые рули	ВВ
"Сержант" MGM-29A	Армия США, ФРГ	Сперри	1,0	0,79	4540	140	РДТТ Тиokol M-53 с тягой 20400 кг; топливо: подисульфид	Листовая сталь	Инерциальная	Поверхности управления + аэродинамические тормоза	Ядерный, ВВ или другого типа

Тактические баллистические снаряды Англии. Английская армия не имеет тактических баллистических снарядов, не считая устаревшего снаряда «Капрал» и неуправляемого снаряда «Онест Джон» М.31. Снаряд «Блю Уотер», программа разработки которого прекращена в 1962 г., был бы идеальным

для английской армии, однако сочли, что осуществление проекта снаряда будет экономически невыгодным, так как английской армии требуется лишь ограниченное количество снарядов. Кажется, что единственным выходом из создавшегося положения является закупка американских снарядов.

КРЫЛАТЫЕ СНАРЯДЫ КЛАССА ЗЕМЛЯ — ЗЕМЛЯ

Противотанковые снаряды

Общее состояние работ в области противотанковых снарядов (фиг. 4) характеризуется широким производством простых противотанковых снарядов первого поколения, осуществляемым главным образом французской фирмой Норд Авиасьон, и усиленными попытками других стран создать лучшее противотанковое оружие.

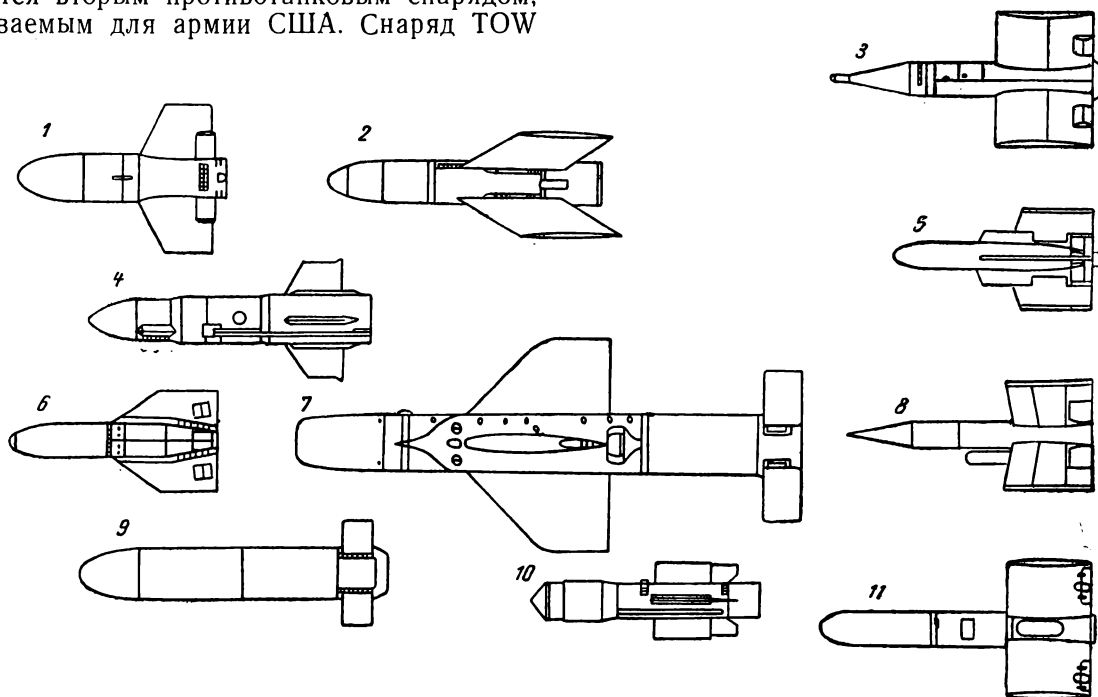
«Шиллейла» — первый снаряд нового поколения, созданный для армии США. При разработке этого снаряда была предпринята попытка при небольших затратах соединить в одном снаряде высокие летные характеристики, простоту наведения, высокую способность проникновения и возможность запуска на небольшие дальности из пусковой трубы.

Снаряд «Шиллейла» с оживальной носовой частью, не имеет крыла, и управление осуществляется путем отклонения вектора тяги двигателя по сигналам от системы наведения, работающей в микроволновом диапазоне. Пусковая труба для запуска снарядов размещается на бронетранспортере «Шеридан»; труба может применяться и для выстреливания реактивных снарядов калибром 152 мм.

TOW (Tube-launched Optically Sighted Wire-guided) — запускаемый из пусковой трубы снаряд и управляемый по проводам при оптическом слежении, является вторым противотанковым снарядом, разрабатываемым для армии США. Снаряд TOW

обладает чрезвычайно высокими для данного класса снарядов характеристиками и предназначен для использования в пехотных подразделениях. Головной фирмой по разработке снаряда является фирма Хьюз, которая в течение примерно двух лет достигла обнадеживающих результатов при летных испытаниях снаряда. Сведений о снаряде опубликовано очень мало, но если этот снаряд будет соответствовать тактико-техническим требованиям, то он станет очень совершенным оружием. Снаряд отвечает требованиям армии США к «тяжелому» оружию с дальностью 1800 м, размещенному на пусковой установке, несущей три снаряда и обслуживаемой двумя операторами.

Снаряды фирмы Норд Авиасьон. В настоящее время французская фирма Норд Авиасьон имеет заказы примерно на 20000 противотанковых снарядов. Снаряды SS.10 с производства сняты, а снаряды SS.11 и «Энтак» продолжают выпускаться серийно для ряда заказчиков. Много снарядов SS.11 поставлено Англии для использования как на земле, так и с вертолетов «Уэссекс», «Уирлуинд» и «Скаут». Снаряд SS.11 зарекомендовал себя как хороший тренировочный снаряд при обучении личного состава методам эксплуатации более дорогих снарядов, таких как AS.20, 25 и 30. Снаряды SS.12 закуплены в небольшом количестве. Вариант снаряда AS.12, несмотря на систему наведения по про-



1—Норд SS.10; 2—Норд SS.11; 3—«Москит» (Швейцария); 4—«Суингфайр»; 5—«Бантам» (Швеция); 6—«Энтак»; 7—«Малкара» Mk.1A (Австралия/Англия); 8—«Кобра» (ФРГ); 9—«Шиллейла» XMGM-51A; 10—«Виджилент»; 11—MAT (Япония)

Фиг. 4. Схемы противотанковых снарядов

Основные характеристики противотанковых снарядов

Название и обозначение	Заказчик	Главный контрактант	Геометрические размеры [м]			Средств Вес [кг]	Скорость [км/час]	Диапазон дальности [м]	Силовая установка	Материал корпуса	Система наведения	Система управления	Боевой заряд (вес/толщина пробиваемой брони)
			длина	размах	максимальный диаметр								
"Бантам"	Швеция	Бофорс	0,84	0,4	0,11	~6	306	305—2000	Старт. и маршевый РДТТ	Стеклотекстолит	По проводам	Спойлеры на задних кромках консолей крыла	Кумулятивный (1,4 кг/482 мм)
"Кобра"	ФРГ, Италия, Дания	Белков	1,07	0,48	0,1	10,6	306	500—1600	РДТТ с двумя ступенями тяги	Армированные фенольные пластики	То же	То же	Кумулятивный (2,5 кг/609 мм)
"Энтак"	Франция, США, страны НАТО и др.	DEFA/Норд Авиасьон	0,82	0,37	0,15	~12	306	305—2000	То же	Сталь	"	"	Кумулятивный (4,5 кг/ >635 мм)
"Малкара" 1А	Армии Англии и Австралии	GAF/БАК	1,96	0,79	0,23	~98	640	305—3960	"	Сталь и легкие сплавы	"	Крестообразное поворотное крыло	Кумулятивный (27 кг/неизвестно)
"Москиг"	Швейцария и др. страны	Контра-вес	1,1	0,6	0,12	12,5	328	365—1630	"	Армированные пластики	"	Спойлеры на задних кромках консолей крыла	Кумулятивный (3,3 кг/609 мм)
Норд SS. 10	Франция и многие др. страны	Норд Авиасьон	0,86	0,75	0,16	~15	290	300—1600	"	Сталь	"	То же	Кумулятивный (5 кг/420 мм)
Норд SS. 11	Франция, США, страны НАТО и др.	Норд Авиасьон	1,16	0,5	0,16	29	~193	500—3500	"	То же	"	Отклонение вектора тяги стартового заряда РДТТ	Кумулятивный (~8 кг/597 мм)
"Шиллейла" XMGM-51A	Армия и, возможно, корпус морской пехоты США	Форд Моторз	—	—	0,152	27 (?)	>800	—	РДТТ	Алюминий и сталь	Работает в микроволновом диапазоне	Отклонение вектора тяги РДТТ	Ядерный или кумулятивный
"Виджилент"	Армия Англии, Финляндия, Кувейт, Саудовская Аравия	Бригити Эзрафт Корп.	0,91	0,28	0,13	14,7	560	180—1370	РДТТ с двумя ступенями тяги	Легкий сплав и пластики	По проводам	Поверхности на задних кромках консолей крыла	Кумулятивный (5,4 кг/584 мм)

водам, может применяться с таких самолетов, как Берег «Ализе».

«Виджилент» — снаряд, разработанный фирмой БАК и состоящий на вооружении бронетанковых войск Англии. В настоящее время снаряды поставляются несколькими странами. Снаряд первоначально проектировался под английскую кумулятивную боевую часть, отличительной чертой которой является наличие выдвигаемого стержневого взрывателя, но снаряды снабжаются и импортными боевыми частями.

«Суингфайр» — английский противотанковый снаряд, немного больший по размерам, чем снаряд «Виджилент». Однако его эффективность намного выше. Снаряд «Суингфайр» будет запус-

каться из контейнера. После выхода снаряда из контейнера раскрываются крестообразно расположенные хвостовые поверхности (когда снаряд находится в контейнере, поверхности сложены). Управление, очевидно, осуществляется путем отклонения вектора тяги двигателя, что является более эффективным по сравнению с применяемыми на снарядах фирмы Норд Авиасьон прерывателями реактивной струи.

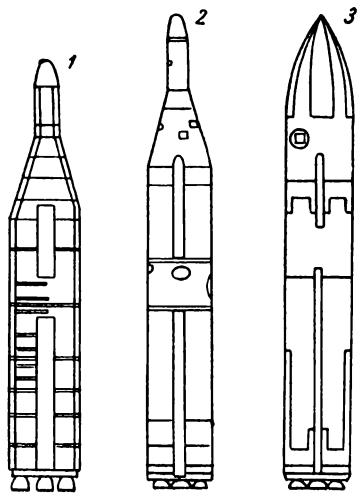
Противотанковые снаряды изготавливаются в Японии, Швеции, Швейцарии, Египте, Индии и, возможно, в других странах. Противотанковые снаряды с системой наведения по проводам, имеющие скорость 270—480 км/час, в настоящее время заменяются более совершенными системами оружия.

СНАРЯДЫ ФЛОТА

Снаряды для поражения наземных и морских целей

«Поларис» — баллистический снаряд средней дальности, запускаемый с подводной лодки (фиг. 5). В течение последнего года программа разработки этого снаряда достигла быстрого прогресса.

Первая модификация снарядов «Поларис» А-1 в течение пяти лет состоит на вооружении пяти подводных лодок класса «Джордж Вашингтон».



1—«Поларис» А-1; 2—«Поларис» А-2;
3—«Поларис» А-3

Фиг. 5. Схемы БССД «Поларис»

В настоящее время эти подводные лодки одна за другой возвращаются в доки для капитального ремонта и переделки под новую систему запуска, которая позволит вооружить подводные лодки снарядами модификации А-3.

Модификация снаряда «Поларис» А-2, имеющая по сравнению со снарядом А-1 большую длину и корпус второй ступени из стеклопластика, состоит на вооружении всех подводных лодок класса «Этан Аллен» и первых шести—семи лодок класса «Лафайэтт». Подводные лодки класса «Лафайэтт» предназначались для снарядов А-3, и одна из этих лодок — «Эндрю Джексон» — в октябре 1963 г. провела из погруженного положения первый запуск снаряда модификации А-3. Усовершенствования, внесенные в снаряд модификации А-3, видны из

данных, приведенных в табл. 1. Эта же модификация предназначается для вооружения пяти строящихся подводных лодок английского флота. Как американские, так и английские подводные лодки несут по 16 снарядов. На лодках снаряды находятся в боевой готовности. Существующая система запуска имеет изолированные пробкой пусковые трубы, из которых снаряды выбрасываются паром. Заключен контракт на производство этой системы для английских подводных лодок.

В течение последних трех лет фирма Локхид ведет исследование возможности создания новой модификации снаряда, проект которого в 1962 г. упоминался под обозначением «Поларис» В-3. В специальном послании конгрессу по вопросам бюджета на 1966 б. г. президент США Джонсон сообщил, что этот снаряд получил обозначение «Посейдон», и по сравнению со снарядами «Поларис» А-3 он будет иметь вдвое большую боевую нагрузку, большую дальность, повышенную точность и средства преодоления противоснарядной обороны. Ориентировочно эффективность боевого заряда снаряда «Посейдон» будет в восемь раз больше, чем у снарядов «Поларис» А-3, и со временем он, по-видимому, заменит по крайней мере часть этих снарядов. В феврале 1965 г. флот США предложил фирме Локхид представить к 1 марта 1965 г. предложения по планам разработки и производства системы снаряда «Посейдон». Система снаряда должна быть полностью разработана и принята на вооружение к 1968 г., иначе она не сможет быть совместимой с существующими подводными лодками или будет иметь серьезные технические недостатки.

Общее количество снарядов «Поларис», заказанных в настоящее время для флота США, составляет 656 (41 подводная лодка) и, вероятно, 80 для флота Англии. На ноябрь 1964 г. 19 подводных лодок поступили на вооружение, по крайней мере две находятся в стадии комплектования личным составом, и еще семь лодок спущено на воду. Эскадра подводных лодок с базой в Холи Лох (Шотландия) и эскадра с базой в Рота (Испания) находятся в строю. Еще одна эскадра подводных лодок будет базироваться на о. Тайвань, и в настоящее время лодки этой эскадры вступают в строй.

«Робот» 315 — шведский тактический снаряд, запускаемый с кораблей, в 1964 г. начал снимать-

ся с вооружения (фиг. 6). Можно предположить, что он будет заменен зенитным снарядом «Сикэт» (фиг. 7), состоящим в настоящее время на вооружении шведских эсминцев. Радиокомандная система наведения снаряда «Сикэт» позволяет использовать его в качестве снаряда класса корабль—поверхность. Могут быть также применены наводимый по лучу корабельный зенитный снаряд «Сислаг» и разрабатываемый корабельный зенитный снаряд «Си Дарт». Эти снаряды описаны в разделе снарядов класса земля—воздух.

Тактический баллистический снаряд флота США. За исключением снимаемого с вооружения снаряда «Регул» 1, флот США не имел снарядов класса корабль—поверхность. В настоящее время рассматриваются планы устранения этого недостатка, и 31 мая 1964 г. фирма Норден получила контракт на разработку системы наведения для будущего снаряда класса корабль—поверхность. Система наведения снаряда «Лэнс» не может быть использована, так как по требованиям флота США будущий снаряд для обеспечения необходимой точности должен иметь наведение на конечном участке траектории. Вероятно, что флот закупит несколько сот будущих тактических снарядов для вооружения кораблей, в настоящее время оснащенных системами зенитных снарядов «Талос» и «Терьер», чтобы использовать уже имеющиеся магазины, системы транспортировки и пусковые установки. Ожидают, что дальность будущего тактического снаряда флота будет 48 км, а точность системы наведения должна обеспечить возможность поражения таких точечных целей, как ДОТ'ы.

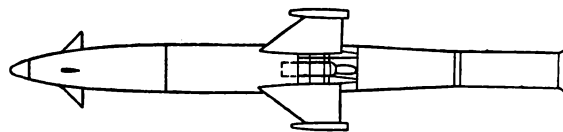
Зенитные снаряды

«Тартар», «Терьер», «Талос» — корабельные системы зенитных снарядов (фиг. 7), подвергшиеся ряду усовершенствований с целью стандартизации и повышения надежности, а также снижения стоимости. Системы этих снарядов закупаются рядом стран и в настоящее время состоят на вооружении флотов Италии, Японии и Австралии. Однако в будущем монополия этих корабельных снарядов может быть нарушена разработкой английского снаряда «Си Дарт». Флот Австралии решил закупить новые эсминцы типа «Чальз Адамс» и оборудовать их системой снаряда «Тартар», закупленной в США.

«Тифон» — корабельная система зенитного снаряда (фиг. 7), разработка которой была прекращена в январе 1964 г. Система планировалась в вариантах средней и большой дальности для замены снарядов «Тартар» и «Терьер», соответственно.

Корабельные зенитные системы неизбежно ограничены даже больше, чем мобильные наземные системы, а система снаряда «Тифон» LR (большой дальности) оказалась настолько громоздкой, что не могла быть размещена на кораблях даже крейсерского класса. Сам снаряд должен был иметь заключенный в корпус маршевый ПВРД и располо-

женный тандем стартовый РДТТ (как у снаряда «Талос»). Дальность снаряда «Тифон» LR планировалась в 320 км. Огромный радиолокатор с фазированной антенной необходимо было устанавливать на корабле как можно выше, а это вызывает ряд серьезных проблем. Сомнительно, что система снаряда «Тифон» могла быть доведена до стадии



Фиг. 6. Схема снаряда «Робот» 315

принятия на вооружение и с точки зрения ее стоимости. Общие затраты на систему, включая и работы по варианту «Тифон» MR (средней дальности), составили 230 млн. долларов. В настоящее время флот США проводит дальнейшие исследования усовершенствованной системы корабельного зенитного снаряда (FADM — Fleet Air Defence Missile).

«Сислаг» — первый английский корабельный снаряд (фиг. 7). Система снаряда «Сислаг» с наведением по лучу состоит на вооружении четырех из шести запланированных кораблей и показала высокую надежность и точность. Все проведенные недавно практические стрельбы снарядами с кораблей класса «Каунти» были полностью успешными. Оставшиеся два корабля класса «Каунти» должны быть вооружены системой снаряда «Сислаг» Mk.2, обладающего лучшими летными и электронными характеристиками.

Одним из немногих недостатков системы снаряда «Сислаг» является ее громоздкость.

«Си Дарт» — система корабельного зенитного снаряда,



1—«Сикэт»; 2—«Тартар» RIM-24A; 3—«Сислаг» Mk.1; 4—«Терьер» RIM-21; 5—«Мазурка» Mk.2; 6—«Талос» RIM-8A; 7—«Тифон» RIM-50A

Фиг. 7. Схемы зенитных снарядов флота

ранее известная под обозначением CF-299, обещает стать исключительно удачной системой оружия. Проект системы возник в ответ на тактико-технические требования английского флота, предусматривающие создание системы эффективной обороны кораблей водоизмещением менее 5600 т, т. е. меньше кораблей класса «Каунти», предназначенных для вооружения снарядами «Сислаг». Для ПВО кораблей на небольшой дальности пригоден снаряд Шорт «Сикэт», однако необходима также система с более высокими характеристиками, способная обеспечить перехват целей на расстоянии многих километров от корабля.

В 1960 г. английское адмиралтейство и министерство авиации запросили у фирм предложения по новой корабельной зенитной системе, которая была бы достаточно компактной для размещения на фрегатах и эсминцах и в то же время имела бы лучшие характеристики, чем система снаряда «Сислаг» Mk.1. В 1961 г. предложения по новой системе были представлены группой фирм, включающей фирмы Хоукер Сиддли, Джeneral Электрик и Сперри, к которой в настоящее время присоединилось много других фирм, таких как Бристоль Сиддли, что указывает на возможность использования в качестве силовой установки как ракетного двигателя, так и ПВРД, и Вилкерс-Армстронг, а также ряд фирм электронной промышленности.

Помимо того, что система снаряда «Си Дарт» будет принята на вооружение флота Англии, она будет закуплена флотом Голландии для вооружения фрегатов класса «Фон Спейек» водоизмещени-

ем 2200 т. Фирмы предлагают наземный вариант системы. Одной из причин, лежащих в основе этого предложения, является то, что снаряд «Си Дарт», как утверждается, будет меньше и легче, чем любой снаряд с эквивалентными характеристиками.

«Сикэт» — зенитный снаряд небольшой дальности (фиг. 7), закупаемый флотами восьми стран: Англии, Австралии, Новой Зеландии, Швеции, Голландии, ФРГ, Бразилии и Перу. Система снаряда разработана и поступила на вооружение. Она является самой дешевой из всех систем управляемых снарядов. Система снаряда «Сикэт» может быть легко установлена на существующих кораблях (имеется даже вариант системы для небольших патрульных кораблей), а операторы системы могут быть быстро обучены при небольших затратах. Снаряд «Сикэт», предназначенный для замены легких зенитных орудий, может наводиться на цель по радиокомандам, посылаемым оператором через блок наведения с бинокулярным прицелом и рукояткой, или по радиокомандам через корабельный радиолокатор. Фирма Шорт предлагает наземный вариант системы, известный под обозначением «Тайгеркэт», и утверждает, что если эта система будет принята на вооружение английской армии, то она тут же будет закуплена по крайней мере еще четырьмя странами.

Наведение снаряда «Тайгеркэт» может осуществляться по радиокомандам, посылаемым вручную или через радиолокатор. Недостатком снаряда «Тайгеркэт» являются его умеренные характеристики, худшие, чем у американских снарядов «Маулер».

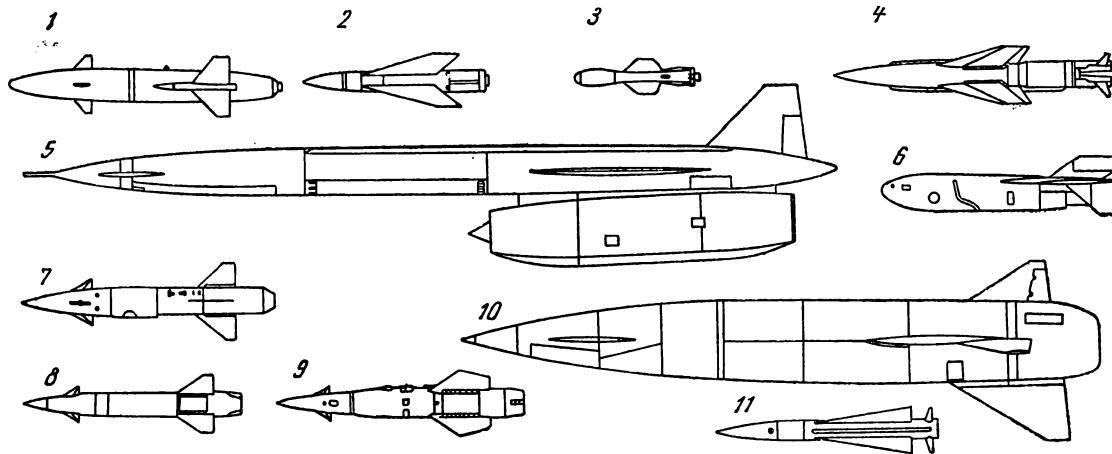
СНАРЯДЫ КЛАССА ВОЗДУХ — ЗЕМЛЯ

Крылатые снаряды

«Булпап» — тактический снаряд (фиг. 8), в больших количествах поставленный флоту и корпусу морской пехоты, а также ВВС США; некоторое количество снарядов поставлено также флоту Англии. Снаряд разработан фирмой Мартин, однако контракт на производство снарядов был дан фирме Мэксон. Консорциум, состоящий из английских, турецких, датских и норвежских фирм, изготавливает снаряды «Булпап» модификации AGM-12B для стран НАТО. Существуют две основные моди-

фикации снаряда: AGM-12C, имеющий более тяжелую боевую часть, и AGM-12D, разработанный для ВВС США и способный нести ядерный боевой заряд. Продолжаются работы по системам наведения, позволяющим наводить снаряд при смещении самолета-носителя от линии визирования цели и в плохую погоду.

Система снаряда «Булпап» настолько хорошо себя зарекомендовала, что ни флот, ни ВВС США не предполагают заменить его или дополнить систему новым оружием.



1—«Робот» 304; 2—Норд AS.20 и AS.25; 3—Норд AS.12; 4—Норд AS.30; 5—«Хаунд Дог» AGM-28A; 6—«Куэйл» ADM-20C; 7—«Булпап» AGM-12D; 8—«Булпап» AGM-12B; 9—«Булпап» AGM-12C; 10—«Блю Стил» Mk.1; 11—«Робот» 305

Фиг. 8. Схемы снарядов класса воздух—земля

«Кондор» АСМ-53 является единственным снарядом класса воздух—земля флота США, работы по которому усиленно продвигаются вперед. Снаряд «Кондор» предназначен для вооружения самолетов Грумман А-6А «Интродер» и Конвэр/Грумман F-111В. На испытательных базах флота в Чайна Лейк и Иниокерн были проведены различные испытания, и в настоящее время ряд фирм готовит свои предложения на конкурс, который позволит фирмам-победителям принять участие в работах над созданием эскизного проекта. Полагают, что снаряд «Кондор» будет иметь дальность около 64 км, ядерный или обычный боевой заряд и всепогодную систему наведения без визуального слежения за целью.

«Блю Стил» — единственный снаряд класса воздух—земля (фиг. 8), разработанный в Англии. В настоящее время снаряд состоит на вооружении бомбардировщиков «Виктор» В.2 и «Вулкан» В.2. Силовая установка снаряда представляет собой двухкамерный ЖРД Бристоль Сиддли «Стентор». Система наведения инерциальная фирмы Эллиот. По неофициальным сообщениям, полученным из Австралии, в 1964 г. на полигоне Вумера были проведены успешные испытания снаряда «Блю Стил» на большую дальность, а работы по усовершенствованию системы снаряда направлены на повышение летных характеристик снаряда, в частности, с точки зрения проникновения самолета-носителя к цели на малых высотах. Возможно, что подобная тенденция усовершенствования характерна и для американского снаряда «Хаунд Дог», состоящего на вооружении последней модификации бомбардировщика В-52. Поставки снарядов «Хаунд Дог» уже завершены.

SRAM (*Short Range Attack Missile*) — новый снаряд с ядерным боевым зарядом и дальностью около 80 км, предназначенный для вооружения бомбардировщиков В-52, В-58 и любого будущего бомбардировщика. Существует несколько концепций системы снаряда SRAM, одна из которых предложена фирмой Боинг и предусматривает размещение снарядов в контейнере наподобие патронов в револьвере. Бомбардировщик В-52 сможет нести внутри два таких контейнера с девятью снарядами в каждом. Для запуска снаряда контейнер должен выдвигаться из бомбардировщика в воздушный поток, после запуска возвращаться в исходное положение и поворачиваться для подготовки к запуску следующего снаряда.

AS.37 — новый снаряд, разрабатываемый совместно Англией и Францией для вооружения бомбардировщиков TSR.2 и «Мираж» IVA. С английской стороны ответственность за систему снаряда несет фирма Хоукер Сиддли, с французской — фирма Матра.

Министр авиации Англии заявил, что снаряд AS.37 будет простым небольшим снарядом с обычным боевым зарядом и его смогут нести существующие истребители. Он указал, что стоимость разработки снаряда едва ли превысит 25 млн. фунтов стерлингов, причем эта сумма будет разделена между Англией и Францией.

Снаряд AS.37, возможно, будет больше известного снаряда AS.30, но не будет таким большим, как «Хаунд Дог» или «Блю Стил». Вес снаряда в 1360 кг может вполне обеспечить доставку необхо-

димой боевой части на дальность в несколько десятков километров. Однако радиокомандная система наведения, очевидно, не удовлетворяет требованиям к снаряду. Указывалось, что одно из назначений снаряда AS.37 будет состоять в поражении радиолокационных станций противника впереди атакующего самолета. В этом варианте снаряд сможет легко наводиться на цель. Вполне возможно, что при разработке снаряда AS.37 фирмы Хоукер Сиддли и Матра стремятся достигнуть реальных успехов в области техники и экономики, и, вероятно, будет спроектировано несколько вариантов снаряда с различными типами систем наведения и боевых зарядов.

По сообщениям из Франции, совместная разработка и производство снарядов займут семь лет при стоимости 380 млн. франков (28 млн. фунтов стерлингов), которая будет поровну разделена между Англией и Францией. Среди систем наведения, исследуемых для снаряда AS.37, имеется телевизионная система. Согласно утверждению представителей фирмы Матра, «разработка снаряда продвинулась, и уже проведены имитационные запуски и сбрасывание моделей снаряда».

Ни о каком другом виде управляемого снаряда для самолета TSR.2 в печати не упоминалось, хотя примерно полтора года назад английское правительство сообщало, что для этого самолета разрабатывается новый снаряд. Затем указывалось, что этот снаряд может быть создан на основе уже имеющегося. Однако высказывались предположения, что предлагаемая система оружия будет далека от оптимальной и все, что делалось по ней, заключалось в снабжении неуправляемой бомбы двигателем. В любом случае самолету TSR.2 необходимо какое-то оружие, с помощью которого можно было бы облегчить трудную проблему точной и надежной доставки боевых зарядов к цели с околозвуковой скоростью и на малой высоте полета. Однако эта проблема едва ли может быть решена путем простых и недорогостоящих переделок имеющихся систем.

AS.30 — самый большой и наиболее скоростной снаряд (фиг. 8) из семейства подобных снарядов французской фирмы Норд Авиасьон. В настоящее время снаряд начинает поступать на вооружение ВВС Англии, которые, по неофициальным сообщениям, заказали 1000 снарядов для вооружения самолетов «Канберра» и, возможно, TSR.2. Вооружение снарядами самолетов «Канберра» поручено фирме Доуги. В течение нескольких месяцев самолет «Канберра», вооруженный снарядом AS.30, испытывается на базе Боскомб Даун. Известно, что снаряд AS.30 имеет простую командную систему наведения с кодированной линией радиосвязи, однако исследовалась и командная система, позволяющая наводить снаряд при смещении самолета-носителя от линии визирования цели и, возможно, другие типы систем наведения.

SAAB 305 — новый снаряд, над которым шведская фирма SAAB работает в течение нескольких лет по заданию ВВС Швеции. Сведений о снаряде было опубликовано очень мало, за исключением сообщения совета министров Швеции от 2 октября 1964 г., согласно которому шведские ВВС получили разрешение на продолжение работ по снаряду класса воздух—земля, проводимых фирмой SAAB.

Основные характеристики снарядов класса воздух—земля

Название и обозначение	Заказчик	Главный контрактант	Геометрические размеры [м]			Стартовый вес [кг]	Максимальная дальность [км]	Силовая установка	Материал корпуса	Система наведения	Система управления	Боевой заряд (вес)
			длина	размах	максимальный диаметр							
„Блю Стил“ Mk. 1	ВВС Англии	Хоукер Сиддли	10,7	3,96	1,27	—	—	ЖРД Бристоль Сиддли „Стенгор“, топливо: концентрированная перекись водорода + керосин	Различные материалы	Инерциальная	Носовые рули, элевоны	Термоядерный
„Булпап“ AGM-12B	Флот и ВВС США, флот Англии, страны НАТО	Мэксон	3,2	0,97	0,3	259	11	Заранее снаряжаемый топливом ЖРД Тиокол LR-58-2 с тягой 5440 кг; топливо: кислота + глицерин; аминной группы	Легкий сплав	Радиокомандная	Носовые рули	ВВ (113 кг)
„Булпап“ AGM-12C	Флот США	Маргин	4,1	1,2	0,46	~810	16,7	Заранее снаряжаемый топливом ЖРД Тиокол LR-62; топливо: кислота + анилин	То же	Всепогодная радиокомандная	То же	ВВ (454 кг)
„Булпап“ AGM-12D	ВВС США	Маргин	—	0,97	—	—	—	Усовершенствованная модификация ЖРД Тиокол LR-58	„	Радиокомандная	„	Ядерный или ВВ
„Хаунд Дог“ AGM-28A	ВВС США	Норт Америкен	12,95	3,2	0,71	4350	1110	ТРД Пратт-Уитни J52-3 с тягой 3400 кг	Легкие сплавы	Инерциальная	Носовые рули, элевоны	Термоядерный
Норд AS.20	НАТО, Южная Африка	Норд Авиасьон	2,59	0,79	0,25	140	5,5	Стартовый и маршевый РДТТ в одном корпусе; топливо типа кордит	Алюминий	Радиокомандная (визуальная)	Отклонение реактивной струи	ВВ (35 кг)
Норд AS.30	Франция, ВВС Англии	Норд Авиасьон	3,86	~1,0	0,34	510	11	Стартовый и маршевый РДТТ в одном корпусе	Алюминиевый сплав	То же	Отклонение реактивной струи + хвостовые рули	ВВ (249 кг)
„Куэйл“ ADM-20B	ВВС США	Мак Доннелл	3,96	1,95	0,63	~500	370	ТРД Дженерал Электрик J85-3 с тягой 1110 кг	Стеклотекстолит	Программируемый автопилот	Самолетного типа	Отсутствует; вместо боевого заряда установлено оборудование создания помех
„Робот“ 304	ВВС Швеция	Роботбиран	4,5	2,0	~0,5	540	>5,5	РДТТ	Легкий сплав	Радиокомандная с автопилотом	Носовые рули	ВВ
„Шрайк“ AGM-45A	Флот США	Не назначен	—	—	—	227	18,5	РДТТ NOTS	—	Пассивное самонаведение в диапазоне S	Крестообразное поворотное крыло	ВВ

Снаряд предназначен для поражения наземных или надводных целей. Снарядом будут вооружены самолеты AJ37 «Вигген» и штурмовой вариант самолета SAAB 105.

Обычная тактика предусматривает сближение самолета-носителя с целью на очень малой высоте. После запуска снаряда летчик наводит его, используя данные об относительном положении снаряда и цели. Новый снаряд обладает большой дальностью и высокой точностью, и нет необходимости вести самолет на цель. Снаряд SAAB 305 имеет крестообразное крыло и четыре руля. Силовая установка снаряда представляет собой ракет-

ный двигатель, обеспечивающий достижение сверхзвуковой скорости. Снаряд несет очень эффективный боевой заряд, разработанный в Швеции. Команды наведения передаются на снаряд по линии радиосвязи, обладающей очень высокой помехоустойчивостью. В процессе разработки проводились обширные исследования по взаимодействию между оператором и снарядом.

ВВС Швеции ведут работы по снаряду с 1960 г., когда фирма SAAB получила заказ на разработку снаряда. В этих работах принимают участие предприятия, которые среди прочих элементов системы поставляют и боевые заряды.

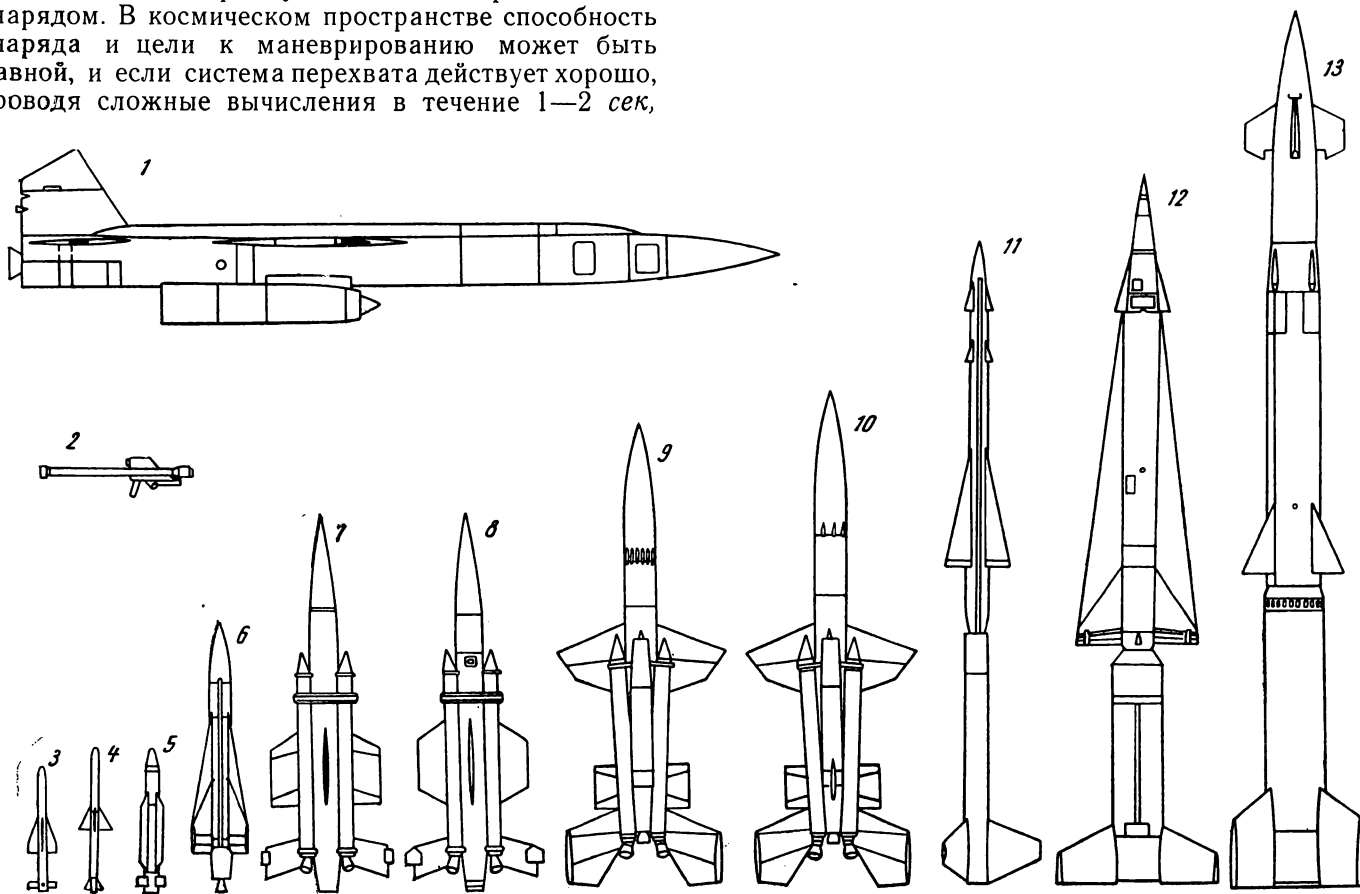
СНАРЯДЫ КЛАССА ЗЕМЛЯ — ВОЗДУХ

В раздел снарядов класса земля—воздух (фиг. 9) включены новые системы оружия, которые более точно могут быть определены как системы класса земля—космос. В настоящее время проблемы перехвата летательных аппаратов за пределами атмосферы, не в пример проблемам перехвата низколетящих аппаратов, перестали быть неразрешимыми. Поражение спутника на орбите является относительно простой задачей, требующей, однако, больших затрат. Управляемые снаряды довольно легко могут перехватывать любой самолет, летящий на высотах 150—15000 м. На высотах более 15000 м характеристики снаряда должны изменяться, и в ряде случаев маневренный самолет, снабженный системой создания электронных помех, может обладать преимуществами по сравнению со снарядом. В космическом пространстве способность снаряда и цели к маневрированию может быть равной, и если система перехвата действует хорошо, проводя сложные вычисления в течение 1—2 сек,

то поражение цели должно быть обеспечено. Перехват же целей, летящих на высотах менее 150 м (не в пустыне и не над морем), все еще остается трудноразрешимой проблемой.

В течение прошедшего года новых сведений об американских системах снарядов класса земля—воздух было опубликовано мало, за исключением сообщения о прекращении разработки корабельной системы «Тифон».

Системы снарядов-антиспутников. В конце 1964 г. президент США Джонсон сообщил о том, что в США уже существуют две системы перехвата спутников, основанные на применении ракеты-носителя «ТАТ» («Тор» с увеличенной тягой) и антиснаряда «Ника-Зевс». Кроме того, в иностран-



1—«Бомарк» МІМ-10В; 2—«Редай» ХМІМ-43А (масштаб увеличен вдвое против остальных схем); 3—Р.250; 4—«Арамис»; 5—«Маулер» ХМІМ-46А; 6—«Хоук» МІМ-23А; 7—«Тандерберд» Мк.1; 8—«Тандерберд» Мк.2; 9—«Бладхаунд» Мк.1; 10—«Бладхаунд» Мк.2; 11—«Ника-Аякс» МІМ-3А; 12—«Ника-Геркулес» МІМ-14А; 13—«Ника-Зевс» ХЛІМ-49А

Фиг. 9. Схемы снарядов класса земля—воздух

ной печати сообщалось, что флот США ведет разработку системы снаряда-антиспутника на базе запускаемого с подводной лодки БССД «Поларис». Как утверждают, эти системы снарядов-антиспутников, являясь оружием непосредственного перехвата, не способны выходить на орбиты, а должны запускаться на встречно-пересекающийся курс с предназначенным для перехвата спутником. Данные о параметрах орбиты спутника и его скорости поступают от системы слежения за космосом SPADATS. Считают, что эти системы снарядов-антиспутников в какой-то мере эффективны против спутников, находящихся на постоянных орбитах, однако перехват маневрирующих спутников, способных менять плоскость орбиты, а также перехват входящих в атмосферу аппаратов, запускаемых со спутников, представляет еще значительную проблему, которую предстоит решить.

Разработка первой системы снаряда-антиспутника на базе антиснаряда «Ника-Зевс» была поручена армии США в мае 1962 г. Эта система предназначена для перехвата спутников на небольших высотах. Утверждают, что снаряд-антиспутник на базе «Ника-Зевс» способен обеспечить доставку ядерного боевого заряда мощностью 1 Мт ТНТ на высоту 160—240 км. Первое успешное испытание по перехвату спутника было проведено в мае 1963 г., а в августе того же года система была принята на вооружение.

Со середины 1963 г. ВВС США разрабатывали вторую систему снаряда-антиспутника на базе ракеты-носителя «ТАТ». Эта система предназначена для перехвата спутников на относительно больших высотах при всех углах наклона орбит к экватору, что достигается в результате размещения стартового комплекса системы на о. Джонстон, расположенном вблизи экватора. Указывается, что система снаряда-антиспутника на базе ракеты-носителя «ТАТ» может обеспечить доставку ядерного боевого заряда мощностью 1 Мт ТНТ на высоту около 640 км. Первый успешный перехват с помощью этой системы был осуществлен в мае 1964 г. и система была принята на вооружение.

Обосновывая необходимость создания указанных выше двух систем снарядов-антиспутников, министр обороны США Макнамара указал, что «характеристики этих систем отличаются настолько, что имеется достаточно оснований для разработки обеих систем». Кроме того, полагают, что в будущем возможности системы ВВС США могут быть значительно расширены без больших затрат.

Несмотря на заявление министра обороны США о принятии обеих систем снарядов-антиспутников на вооружение, в печати высказываются сомнения относительно боевой готовности этих систем. Система на базе антиснаряда «Ника-Зевс» может считаться боевой лишь в том смысле, что ее можно применить в случае необходимости. Что касается системы на базе ракеты-носителя «ТАТ», то в этой системе предстоит еще многое сделать, в частности, считается необходимым создать неядерный механизм уничтожения, что вызывает ряд проблем, расширить стартовый комплекс системы на о. Джонстон, искусственно увеличив его площадь, и т. д. Кроме того, в печати указывается, что в конце 1965 — начале 1966 гг. намечается провести испытания систем снарядов-антиспутников против спут-

ников-мишеней, которые будут выводиться на орбиты с различными углами наклона к экватору. Во время испытаний предполагается отработать методику обнаружения, сопровождения и опознавания спутников, а также расчет их орбит до запуска снаряда-антиспутника. Особый интерес будет проявляться к испытаниям по перехвату спутников на сравнительно невысоких орбитах.

Согласно заявлению министра обороны США, общая стоимость разработки двух программ снарядов-антиспутников до сентября 1964 г. составила около 80 млн. долларов, не считая затрат на антиснаряд «Ника-Зевс» и ракету-носитель «ТАТ», а также ассигнований, выделявшихся на систему слежения за космосом SPADATS.

Проект третьего снаряда-антиспутника, разрабатываемого флотом США, носит название «Ели Спринг» и предусматривает использование запускаемого с подводных лодок БССД «Поларис» для перехвата спутников на орбитах средней высоты. Эта система разрабатывается в дополнение к системам, созданным и испытанным ВВС и армией США. Проект снаряда-антиспутника системы «Ели Спринг» предусматривает перехват спутника с помощью завесы из металлических шариков, выбрасываемых в непосредственной близости от перехватываемого объекта. Металлические шарики должны повреждать или разрушать цель. Возможно, что в условиях действующей системы для увеличения общей разрушающей эффективности против одной цели будет запускаться несколько снарядов «Поларис». В настоящее время система не предусматривает обеспечение возможности получения орбитальных данных, необходимых для перехвата или опознавания спутника. Эти данные должны поступать в систему из внешних источников.

Не связанные со стационарными стартовыми базами и запускаемые с подводных лодок снаряды «Поларис» смогут обеспечить перехват спутников в тех зонах, которые выходят за пределы районов, охватываемых системами снарядов-антиспутников, стартовые комплексы которых размещены на атолле Квайалеин («Ника-Зевс») и на о. Джонстон («ТАТ»).

Продолжая работы по системам снарядов-антиспутников, ВВС США предлагают еще два проекта. Один из проектов предусматривает применение на ракете-носителе «ТАТ» верхней ступени с конечным наведением, что обеспечит более близкий подход снаряда-антиспутника к цели и позволит применять простые неядерные механизмы уничтожения спутников. Второй проект, изучаемый в настоящее время министерством обороны США, предусматривает запуск с помощью ракеты «ТАТ» спутника-инспектора, который смог бы электронными методами определять назначение объектов в космосе.

Помимо указанных выше проектов, ВВС США ведут подготовку к конкурсу на исследования возможности создания двух совершенно новых систем противокосмической обороны. В новых системах должны использоваться орбитальные маневрирующие беспилотные аппараты, способные как опознавать, так и уничтожать спутники военного назначения. В ходе работ должны исследоваться возможности использования на этих аппаратах радиолока-

ционных или телевизионных систем наведения и опознавания, а также использование лазеров для обнаружения и уничтожения спутников. Результаты опознавания должны передаваться на Землю или пилотируемую космическую станцию для принятия решения об уничтожении опознанного объекта.

«Ника-Х» — система противоснарядной обороны, которая стала разрабатываться для армии США после проведения некоторых работ, связанных с проблемами выделения носового конуса МБС среди ложных целей. Обширные испытания показали, что «фильтрация» в атмосфере является наиболее надежным методом выделения носового конуса из ложных целей. Однако это приводит к тому, что носовой конус с термоядерным боевым зарядом допускается близко к цели, т. е. его выделение из ложных целей осуществляется примерно за 20 сек до падения на цель. В связи с этим в систему «Ника-Х», помимо антиснаряда «Ника-Зевс», предназначенного для перехвата носовых конусов на больших высотах, включен антиснаряд «Спринт», предназначенный для перехвата конусов на небольших высотах.

В течение 1964 г. работы по системе «Ника-Х» находились в стадии испытания отдельных компонентов системы. Удовлетворительно продолжается разработка многоцелевого радиолокатора с фазированной антенной. Стоимость разработки превысит 1,5 млрд. долларов.

«Ника-Зевс» — антиснаряд (фиг. 10), который по последним сообщениям может перехватывать также и спутники. В сентябре 1964 г. президент США заявил, что антиснаряды «Ника-Зевс» запускались против целей, находящихся над атмосферой, и успешно перехватывали их.

Система антиснаряда «Ника-Зевс» развилась из созданных ранее систем зенитных снарядов «Ника-Аякс» и «Ника-Геркулес» и включает радиолокаторы огромной мощности для обнаружения и слежения за целью, а также ее выделения из ложных целей. Описание системы «Ника-Зевс» было опубликовано в бюллетене «Техническая информация» № 931. Сообщалось о многочисленных запусках антиснарядов с полигонов Уайт Сэндз и Пойнт Мугу, а также с атолла Квайалейн. При запусках антиснаряды перехватывали все более трудные цели, запускавшиеся с помощью МБС «Атлас» и «Титан» с базы Ванденберг. В течение 1964 г. не было сообщений об испытательных запусках анти-

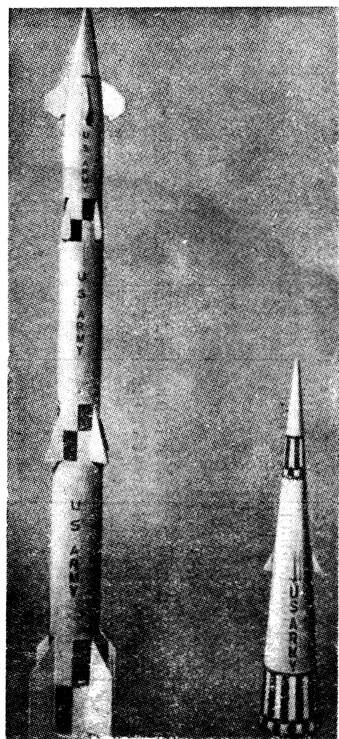
снарядов «Ника-Зевс», однако при затратах на систему около 1 млн. долларов в сутки, что-то, очевидно, должно делаться. В настоящее время утверждают, что недавно проведенные запуски антиснарядов были направлены на перехват космических целей, вероятно, выведенных ВВС США на земные орбиты по программе «Дискаверер» или при осуществлении других засекреченных запусков.

Перехватить спутники на орбитах легче, чем перехватить входящий в атмосферу носовой конус МБС, для чего собственно первоначально и предназначалась система «Ника-Зевс». Современные носовые конусы американских МБС, разработанные по программам ABRES и DAMP, имеют очень слабый и трудно различимый электромагнитный «почерк» входа в атмосферу, и даже без средств создания электронных помех и ложных целей они являются целями, перехват которых почти невозможен. С другой стороны, спутники обычно имеют большую отражающую площадь и поддающиеся определению характеристики; более того, за ними можно вести радиолокационное или даже оптическое слежение в течение значительно более длительного времени. Проблема маневрирования последней ступени антиснаряда «Ника-Зевс» с боевым зарядом в космосе решена путем использования на этой ступени сферического РДТТ, газы из которого вытекают через несколько сопел, обеспечивая коррекцию траектории.

«Спринт» — антиснаряд, входящий в новую систему противоснарядной обороны «Ника-Х» (фиг. 10), которая включает также антиснаряд «Ника-Зевс». Антиснаряд «Спринт» предназначен для перехвата носовых конусов МБС после их входа в атмосферу, когда система обороны сможет выделить носовые конусы из ложных целей. Ускорение антиснаряда «Спринт» при запуске должно достигать 20 g. Силовая установка антиснаряда представляет собой мощный РДТТ. Антиснаряд «Спринт» должен перехватывать цели на такой высоте, которая позволила бы предотвратить разрушающее действие термоядерного взрыва на территорию.

AADS-70 (Army Air Defence System — 1970) — система зенитного снаряда армии США, исследовательские работы по которой проводятся фирмами Хьюз, Дуглас, RCA, Форд Мэшинери и Бич Экрафт. Система AADS-70 предназначена для обороны войск на поле боя и стартовых комплексов системы «Ника-Х» от летательных аппаратов с воздушно-реактивными двигателями. Возможно, это означает, что система может обеспечить перехват снарядов, запускаемых с самолетов противника. Такая возможность является очень важной. Если система AADS-70 будет принята на вооружение, то она заменит некоторые подразделения зенитных снарядов «Ника-Геркулес» и «Хоук».

«Маулер» — система зенитного снаряда, разрабатываемая для армии и корпуса морской пехоты США. Разработка снаряда стоила значительных средств и, несмотря на это, возникли значительные трудности. Некоторые трудности вытекают из стремления разместить всю систему на одном небольшом транспортере-амфибии. Тем не менее высокие характеристики, большая скорость перехвата целей и поражающая способность снаряда, возможно, сделают систему экономичной. Англий-



Фиг. 10. Макеты антиснарядов «Ника-Зевс» (слева) и «Спринт» (справа)

Основные характеристики снарядов класса земля—воздух

Название и обозначение	Заказчик	Главный контрактант	Геометрические размеры [м]				Стартовый вес [кг]	Максимальная дальность [км]	Диапазон высот [м]	Скорость (число М)	Силовая установка	Система наведения	Система управления	Боевой заряд
			длина общая	длина без стартового РДТТ	размах	максимальный диаметр								
„Бладхаунд“ Mk. 1	ВВС Англии и Австралии	Бритиш Эркафт Корп.	7,7	6,76	2,8	0,54	>111	—	—	4 стартовых РДТТ+2 маршевых ПВРД Бри-столь „Тор“	Полуактивная с импульсным радиолокатором	Поворотное крыло-моноплан	ВВ	
„Бладхаунд“ Mk. 2	ВВС Англии, Швеции и Швейцарии	Бритиш Эркафт Корп.	8,5	7,67	2,8	0,54	185	—	—	4 стартовых РДТТ+2 маршевых ПВРД	Полуактивная с радиолокатором непрерывного излучения	То же	Ядерный или ВВ	
„Бомарк“ ММ-10А	ВВС США (снимается с вооружения)	Боинг	—	14,3	5,54	0,88	426	1500—20700	2,5	Стартовый ЖРД Эрджет+2 маршевых ПВРД Марквард RJ43-3	Радиокомандная от системы „Сейдж“ + активное наведение	Самолетного типа	Ядерный	
„Бомарк“ ММ-10В	ВВС США и Канады	Боинг	—	13,7	5,54	0,88	815	0—30480	2,7	Стартовый РДТТ Тиокол+2 маршевых ПВРД Марквард RJ43-11	То же	То же	Ядерный	
„Хоук“ ММ-23А	Армия и корпус морской пехоты США, страны НАТО, Швеция, Швейцария	Рейтеон (в странах НАТО корпорация SETEL)	—	5,1	1,2	0,36	~41	30—12190	2,5	РДТТ Эрджет с двумя ступенями тяги	Полуактивная с радиолокатором непрерывного излучения	Поверхности управления на консолях крестообразного крыла	ВВ	
„Мазурка“ Mk. 1	Флот Франции	Арсенал Рюэль	8,5	5,84	1,4	0,41	~41	—	2,7	Стартовый РДТТ SEPR+маршевый РДТТ с топливным зарядом, горящим с торца	По лучу (модель 3—по лучу+полуактивное наведение)	Носовые рули + элевоны	ВВ	
„Маулер“ ХММ-46А	Армия и корпус морской пехоты США	Конвэр	—	1,83	0,33	0,127	~15	0—12190	3,0	РДТТ Локхид Пропалшн; топливо имеет высокий удельный импульс	Полуактивная с радиолокатором непрерывного излучения+инфракрасное наведение	Хвостовые рули	ВВ	
„Ника-Аякс“ ММ-3А	Армия и национальная гвардия США, страны НАТО и СЕАТО, Япония	Уэстерн Электрик	10,6	6,4	1,35	0,304	48	1520—18290	2,5	Стартовый РДТТ + маршевый ЖРД Райн, работающий на азотной кислоте и анилине	Радиокомандная	Носовые рули	ВВ, разделенное на три части	
„Ника-Геркулес“ ММ-14А	Армия и национальная гвардия США, страны НАТО и СЕАТО	Уэстерн Электрик	12,1	8,2	2,29	0,8	~140	3050—45700	3,35	Стартовый РДТТ Тиокол + маршевый РДТТ Тиокол М.30	Радиокомандная	Поверхности управления на консолях крестообразного крыла	Ядерный или ВВ	

Название и обозначение	Заказчик	Главный контрактант	Геометрические размеры [м]				Стартовый вес [кг]	Максимальная дальность [км]	Диапазон высот [м]	Скорость (число М)	Силовая установка	Система наведения	Система управления	Боевой заряд
			длина общая	длина без стартового РДТТ	размах	максимальный диаметр								
"Ника-Зевс" XLIM-49A	Армия США	Уэстерн Электрик	14,7	9,9	2,1	1,17	10340	370	150000	>4,0	1-я ст.—РДТТ Тиокол с тягой 204000 кг; 2-я ст.—РДТТ Тиокол; 3-й ст.—сферический РДТТ Локхид Пропалшн	Радиокомандная	Носовые рули и сопла РДТТ третьей ступени	Ядерный
"Редэй" XMM-43A	Армия и корпус морской пехоты США	Конвэр	—	1,12	—	0,07	~10	—	1500	>1,0	РДТТ Атлантик Рисеч	Инфракрасная	Отклонение струи двигателя	ВВ
"Сикэт"	Флот Англии и Австралии, Новая Зеландия, Швеция, ФРГ, Голландия, Бразилия, Перу	Шорт	—	1,47	0,65	0,19	—	—	—	—	РДТТ Империял Метал Индастриз с двумя ступенями тяги	Визуальная или радиолокационная командная	Поворотные консоли крестообразного крыла	ВВ
"Сислаг" Мк. 1	Флот Англии	Хоувер Сиддли	~6,0	~6,0	1,43	0,41	—	—	—	—	4 стартовых РДТТ + маршевый РДТТ	По лучу (кодированная)	Хвостовые рули	ВВ
"Талос" RIM-8	Флот США	Бендикс	9,3	6,2	2,85	0,76	3175	~130	3050—27400	>2,5	Стартовый РДТТ Эллегани Баллистик + маршевый ПВРД Бендикс/Мак Доннелл	По лучу + пассивное наведение	Поворотные консоли крестообразного крыла	Ядерный или ВВ
"Таргар" RIM-24A	Флот США, Австралии, Италии и Японии	Конвэр	—	4,57	0,51	0,33	680	22	305—12190	2,0	РДТТ Эрджет с двумя ступенями тяги	Полуактивная с радиолокатором непрерывного излучения	Складывающиеся хвостовые рули	ВВ
"Терьер" RIM-2D	Флот США и Японии	Конвэр	~9,0	4,52	0,51	0,33	1590	37	610—19800	2,5	Стартовый и маршевый РДТТ Эллегани Баллистик	По лучу + пассивное наведение	Хвостовые рули	ВВ
"Тандерберд" Мк. 1	Армия Англии	Бритиш Эркафт Корп.	6,3	6,3	1,62	0,53	—	—	—	—	4 стартовых РДТТ + маршевый РДТТ	Полуактивная с импульсным радиолокатором	То же	ВВ
"Тандерберд" Мк. 2	Армия Англии	Бритиш Эркафт Корп.	6,3	6,3	1,62	0,53	—	—	—	—	То же	Полуактивная с радиолокатором непрерывного излучения	"	ВВ

ская армия проявила большой интерес к системе «Маулер», однако в сентябре 1964 г. она заключила контракт на разработку новой английской системы под обозначением ET.316.

ET.316 — система зенитного снаряда для обороны войск, контракт на разработку которой заключен с фирмой БАК. Эта фирма накопила большой опыт в области систем снарядов класса земля—воздух, создав систему снаряда «Тандерберд» и в ходе разработки системы РТ.428, которая, однако, была прекращена в феврале 1962 г. Система РТ.428 была бы очень гибкой в тактическом отношении системой оружия, но она была закрыта по «экономическим» соображениям. Основным доводом против разработки такой сложной системы, как РТ.428 (или системы «Маулер»), является то, что в большинстве условий применения системы на поле боя для обороны большой площади требуется большое количество пусковых установок (до нескольких десятков, если не сотен), что сделает стоимость обороны астрономической. Есть возможность значительно снизить стоимость путем ограничения целей проекта. Кажется, что система ET.316 является ответом на возникшую проблему. Система ET.316, ранее известная под обозначением «Сайтлайн», по неофициальным заявлениям планируется как «исключительно мобильная система, которая будет весить всего несколько сот килограммов; система не будет всепогодной и не будет применяться в ночное время».

Система ET.316 предложена странам НАТО.

«Арамис» — система зенитного снаряда, являющаяся конкурентом системы ET.316. Система «Арамис» разрабатывается совместно английской фирмой Шорт и французскими фирмами Матра и Дасо. Макет снаряда был показан на выставке в Фарнборо в 1964 г. Снаряд имеет корпус небольшого диаметра и крестообразное крыло. На хвостовых стабилизаторах видны штыревые антенны. Снаряды, возможно, запускаются с пусковой установки, несущей три или четыре снаряда. На отдельном транспортёре находится второй элемент системы, вероятно, представляющий собой микро-

волновый радиолокатор непрерывного излучения. Третьим элементом системы снаряда, вероятно, является вычислитель, транспортируемый на автомашине типа «Лэнд-Ровер».

P.250 — система зенитного снаряда, предназначенного для обороны от низколетящих самолетов. Система предложена фирмой Белков и в начале 1964 г. была представлена на выставке в Ганновере. Сомнительно, чтобы эта система была предложена для замены системы снарядов «Хоук», широко используемых в странах НАТО, Израиле и Швеции.

Система зенитного снаряда, совместно разрабатываемая Францией и ФРГ, предназначается для обороны войск на поле боя от низколетящих самолетов. Указывается, что система будет «простой в эксплуатации и обслуживании, а также иметь умеренную стоимость». Головными фирмами являются Норд Авиасьон (Франция) и Белков (ФРГ). Обе фирмы имеют огромный опыт в области управляемых по проводам противотанковых снарядов и проводили исследовательские работы по системам снарядов класса земля—воздух. Разработка этой системы означает создание еще одной системы оружия в области, которая уже тщательно исследована. Кроме того, разработка французского снаряда «Арамис» уже значительно продвинулась.

Из других систем зенитных снарядов можно назвать французский зенитный снаряд «Мазурка» Mk.2, состоящий на вооружении корабля «Ла Галиссионер»; в Швеции продолжается разработка снаряда класса земля—воздух (вероятно, с ПВРД); небольшой зенитный снаряд «Редай», наконец, поступил в производство для армии и корпуса морской пехоты США, и на подготовительные работы заключен контракт стоимостью 13 млн. долларов; ВВС США заявили, что до конца 1964 г. будут сняты с вооружения все зенитные снаряды «Бомарк» MIM-10A, снаряды модификации MIM-10B останутся на вооружении, в том числе и на канадских базах; в английских ВВС зенитные снаряды «Бладхаунд» Mk.1 быстро заменяются модификацией снаряда Mk.2.

СНАРЯДЫ КЛАССА ВОЗДУХ — ВОЗДУХ

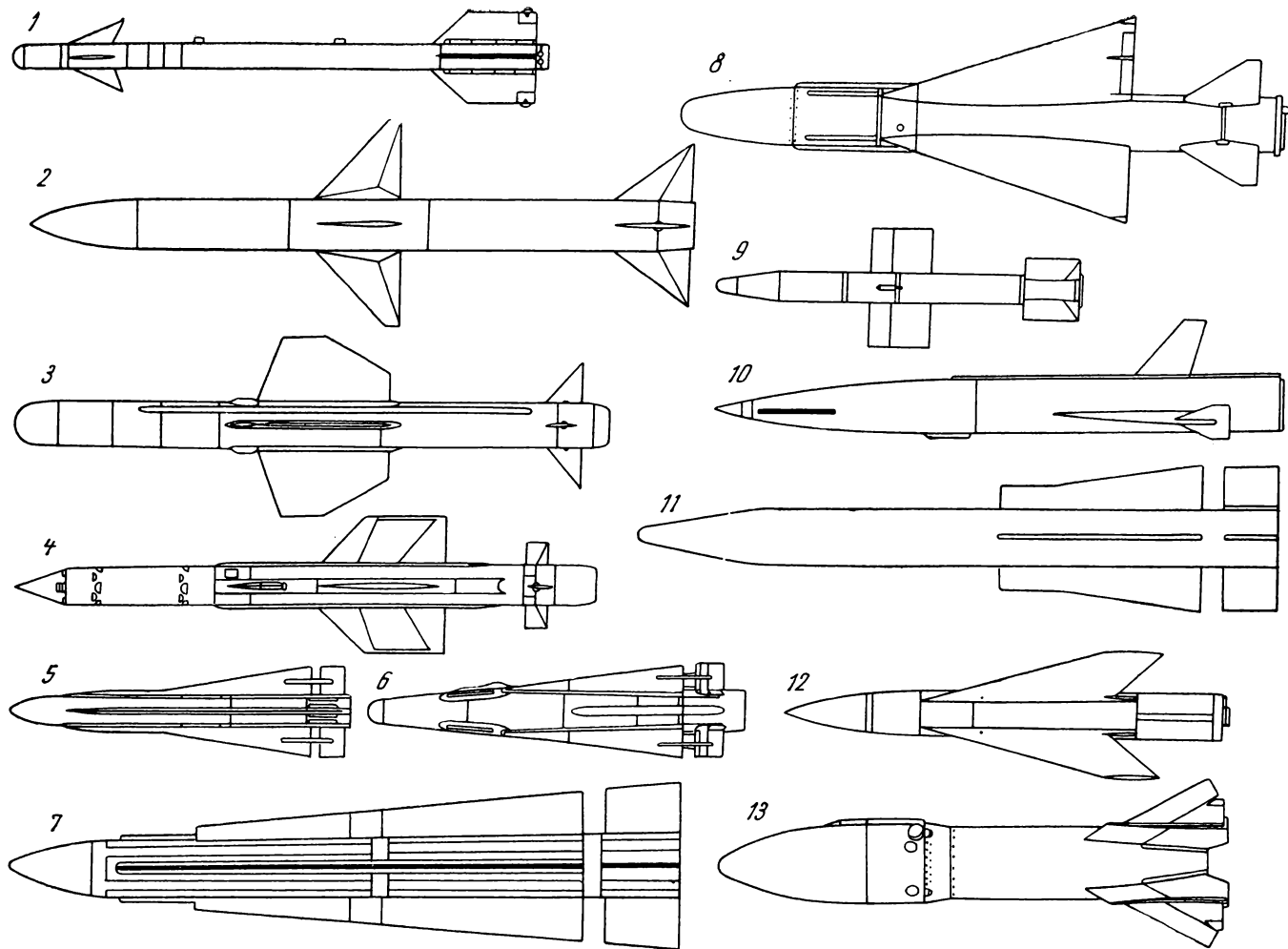
«Феникс» AIM-54A — снаряд (фиг. 11), разрабатываемый фирмой Хьюз для вооружения истребителей флота США F-111B. Истребитель сможет нести шесть снарядов «Феникс» под неподвижной частью крыла. Возможно, что происхождение снаряда «Феникс» связано с проектом снаряда «Игл», предназначавшемся для самолета «Миссайлер», разработка которого была прекращена в 1961 г. Проект снаряда «Игл» создавался на основе идеи, что лучше обеспечивать высокие характеристики снаряда, чем самолета-носителя.

Для вооружения истребителя ВВС США F-111A (TFX) не названо снаряда.

AIM-47A (фиг. 11 и 12) — снаряд первоначально разрабатывался под обозначением «Фолкон» GAR-9 и предназначался для вооружения истребителя F-108 «Рапира», разработка которого была прекращена. Появление самолета Локхид А-11, имеющего скорость 3200 км/час, и его модификации в виде истребителя-перехватчика YF-12A под-

твердило необходимость в управляемом снаряде класса воздух—воздух для применения с самолета, обладающего большой сверхзвуковой скоростью. Таким снарядом явился AIM-47A, конструкция которого полностью отличается от конструкции его предшественников. Система наведения снаряда AIM-47A комбинированная: радиолокационная с использованием доплеровского импульсного радиолокатора и инфракрасная. Боевой заряд может быть ядерным или обычным. Силовая установка, представляющая собой заранее снаряжаемый ЖРД фирмы Локхид, обеспечивает снаряду достижение максимальной скорости, соответствующей числу $M=6$. Несколько снарядов AIM-47A устанавливается на наружных подвесках самолета Локхид YF-12A, который оборудован системой управления огнем Хьюз ASG-18. В настоящее время проводятся испытания с целью оценки возможного будущего применения снаряда.

Другие американские снаряды класса воздух—

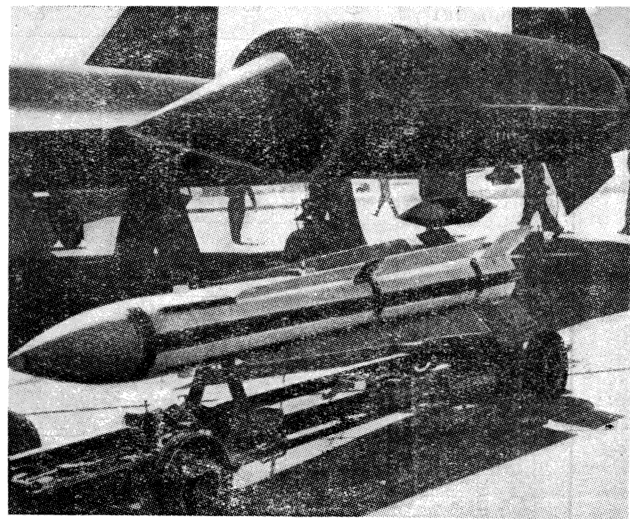


1 — «Сайдуиндер» AIM-9B; 2 — «Спэрроу» AIM-7D; 3 — «Ред Топ» Mk.1; 4 — «Файрстрик» Mk.1; 5 — «Фолкон» AIM-4F; 6 — «Ядерный Фолкон» AIM-26A; 7 — «Супер Фолкон» AIM-47A; 8 — Матра R.530; 9 — SISPRE C-7; 10 — Матра R.511; 11 — «Феникс» AIM-54A; 12 — Норд AA 20; 13 — «Джини» AIR-2A.

Фиг. 11. Схемы снарядов класса воздух—воздух

воздух (фиг. 11) производится серийно. Снаряд «Спэрроу» успешно модифицировался и его модификация AIM-7D или 7E будет, возможно, закупаться английским флотом для вооружения самолетов «Фантом». Снаряды «Фолкон» продолжают поставляться ВВС США, производятся в Швеции и будут поставляться в Швейцарию для самолетов «Мираж» IID, оборудованных системой управления огнем «Таран». Снаряд «Сайдуиндер» AIM-9B производится по лицензии в Европе, и его производство должно начаться в Японии. На вооружение самолетов флота США (а также, возможно, корпуса морской пехоты и ВВС) поступают увеличенные и более мощные модификации снаряда AIM-9C и 9D с инфракрасной и полуактивной радиолокационной системой наведения. Неуправляемый снаряд «Джини» с атомным зарядом, вопреки ожиданиям, не был принят на вооружение ВВС Англии, однако эти снаряды состоят на вооружении эскадрилий истребителей Мак Доннелл CF-101В ВВС Канады.

Английские снаряды класса воздух—воздух (фиг. 11). Снаряд Хоукер Сиддли «Файрстрик» в течение длительного времени состоит на вооружении истребителей «Лайтнинг», «Джевлин» и «Си Виксн». Обширные испытания, проведенные ВВС Англии и Австралии, показали, что процент успеш-



Фиг. 12. Снаряд AIM-47A на транспортировочной тележке

ных запусков превышал 85%. Снаряд «Ред Топ», являющийся развитием снаряда «Файрстрик», имеет пересмотренную компоновку и более мощный двигатель, а также более высокие летные характеристики. Система наведения снаряда «Ред Топ»

Основные характеристики снарядов класса воздух—воздух

Название и обозначение	Заказчик	Главный контрактант	Геометрические размеры [м]			Стартовый вес [кг]	Дальность [км]	Максимальная высота [м]	Скорость (число М)	Силовая установка	Система наведения	Система управления	Боевой заряд (вес)
			длина	размах	максимальный диаметр								
"Фолкон" AIM-4E	ВВС США, Канады, Швеции и Швейцарии	Хьюз	2,18	0,6	0,167	68	>9	21300	2,5	РДТТ Тиокол М. 46 с тягой 2720 кг	Полуактивная с радиолокатором непрерывного излучения	Поверхности управления на консолях крестообразного крыла	ВВ
"Фолкон" AIM-4F	ВВС США, Канады и Швеции	Хьюз	2,06	0,6	0,167	65,8	>9	>15240	2,5	То же	Инфракрасная	То же	ВВ (18 кг)
"Фолкон" AIM-26A	ВВС США и Канады	Хьюз	2,13	0,5	0,28	92	9	>15240	2,0	РДТТ Тиокол М. 60	Полуактивная радиолокационная	.	Ядерный
"Файрстрик"	ВВС и флот Англии	Хоукер Сиддли	3,18	0,75	0,22	136	—	—	>2,0	РДТТ	Инфракрасная	Крестообразно расположенные хвостовые рули	ВВ
"Джини" AIR-2A	ВВС США и Канады	Дуглас	2,92	—	0,44	372	>11	>18290	3,0	РДТТ Эрджет	Отсутствует	Стабилизировается гироскопом и выдвинутыми хвостовыми стабилизаторами	Ядерный (мощность 1,5 кгт ТНТ?)
R. 511	Франция	Матра	3,1	0,98	0,26	179,6	9	~18000	1,8	РДТТ Гочкис Брандт	Полуактивная радиолокационная	Элевоны для разворота с креном и носовые рули	ВВ (~25 кг)
R. 530	Франция, ВВС Австралии	Матра	3,28	1,1	0,26	194,6	18,5	21000	2,7	РДТТ Гочкис Брандт с тягой 8500 кг	Инфракрасная или радиолокационная полуактивная (на встречно-пересекающихся курсах)	Хвостовые рули + элерон для управления по крену	ВВ (27 кг)
Норд АА. 20	Франция	Норд Авиасьон	2,6	0,8	0,25	133,8	4,6	15240	1,7	Стартовый и маршевый РДТТ в одном корпусе	Визуальная кодированная радиолокационная мандная	Отклонение реактивной струи маршевого двигателя	ВВ (23 кг)
"Феникс" AIM-54A	Флот США	Хьюз	—	—	—	>227	>74	—	—	РДТТ с двумя ступенями тяги	Возможно, радиолокационная и инфракрасная	Крестообразно расположенные хвостовые рули	ВВ
"Ред Топ"	ВВС и флот Англии	Хоукер Сиддли	3,5	0,91	0,22	—	—	—	>2,5	—	Усовершенствованная инфракрасная	То же	ВВ
"Сайдуиндер" AIM-9B	ВВС и флот США, ВВС Англии, Австралии и Канады, страны НАТО и др.	Филко/Дженерал Электрик	2,87	0,51	0,12	70,3	>2,7	>15240	2,5	РДТТ	Инфракрасная	Крестообразно расположенные хвостовые рули	ВВ (4,5 кг)
"Спэрроу" AIM-7D	Флот и ВВС США, Франция, Англия	Рейтеон	3,66	1,0	0,21	181	~15	>18290	>2,5	Заранее запрограммированный топливом ЖРД Эрджет	Полуактивная с радиолокатором непрерывного излучения	Крестообразно расположенные поворотные консоли крыла	ВВ (27 кг)

обеспечивает перехват цели на встречно-пересекающихся курсах, а не только по кривой погони, как у снаряда «Файрстрик». Снаряды «Ред Топ» в настоящее время проходят испытания перед поступлением на вооружение истребителей «Лайтнинг» 3 и 5 и «Си Виксн» 2.

R.530 — снаряд французской фирмы Матра (фиг. 11), которая уже в течение трех с половиной лет имеет соглашение с английской фирмой Хоукер Сиддли о техническом сотрудничестве. Снаряд применяется для вооружения эскадрилий самолетов «Мираж» III. Летом 1964 г. снаряд R.530 был вы-

бран для вооружения истребителей «Мираж» IIID ВВС Австралии. Значительное количество снарядов уже закуплено, и можно ожидать поступления последующих заказов. В настоящее время снаряд проходит испытания на совместимость с истребителями F-8E «Крусейдер», построенными в США для ВВС французского флота. Каждый самолет несет два снаряда R.530, расположенные по бортам фюзеляжа.

Flight № 2904;
Interavia № 5521, 5585, 5665, 5667, 5671, 5683;
Missiles and Rockets, 9/V, 28/IX, 23/XI 1964;
Aviation Week, 21/IX, 28/IX 1964.

СРЕДСТВА ПРЕОДОЛЕНИЯ ПРОТИВОСНАРЯДНОЙ ОБОРОНЫ

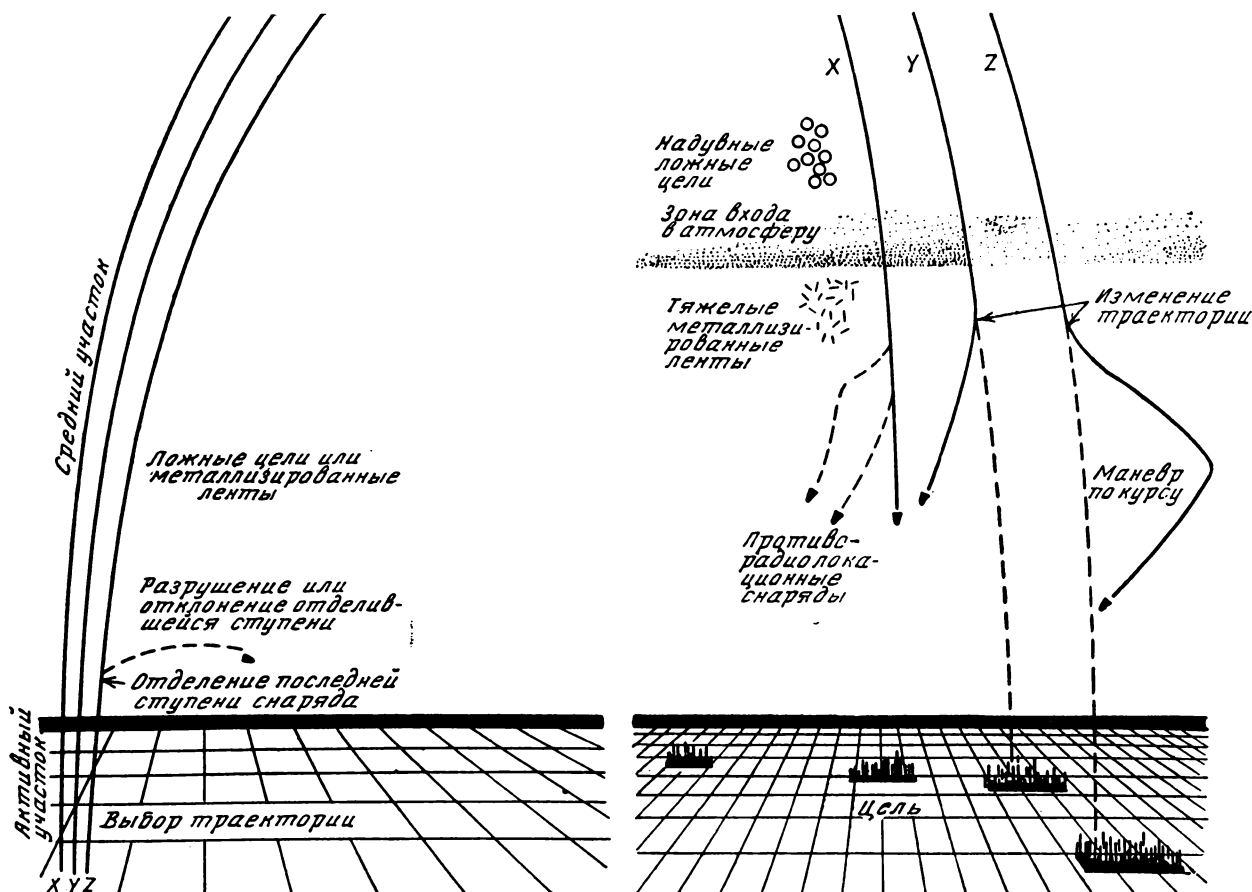
Программа разработки средств преодоления противоснарядной обороны противника направлена на то, чтобы снабдить баллистические снаряды межконтинентальной и средней дальности устройствами и оборудованием, позволяющим преодолевать самые совершенные системы противоснарядной обороны. Результаты работ по этой программе должны учитываться при разработке как наступательных, так и оборонительных систем оружия. Работы в области создания таких средств ведутся как министерством обороны США, так и многочисленными государственными исследовательскими организациями и промышленными фирмами.

Согласно утверждениям военных и промышленных кругов, при поисках различных средств проры-

ва через оборону противника ни одна идея, как бы она ни была далека от реальности, не остается без внимания и всесторонне исследуется. Однако те области, где удастся получить некоторые результаты, содержатся в строгой секретности.

Средства преодоления обороны противника делятся на две основные категории: средства, предотвращающие обнаружение носового конуса снаряда, и средства, предотвращающие поражение носового конуса после его обнаружения противником. Тактика применения средств преодоления обороны противника и проблемы обороны различны на отдельных участках траектории полета снаряда (фиг. 1).

На активном участке полета обнаружение сна-



Фиг. 1. Схема траектории баллистических снарядов и различные средства преодоления обороны противника

Некоторые средства преодоления обороны противника

Тип	Назначение	Проблемы разработки*
Предварительный подрыв ядерного заряда	Взрыв ядерного заряда над территорией противника с целью подавления радиолокаторов и средств связи	Обеспечение сохранности собственных средств связи и характеристик атакующего носового конуса
Уменьшение радиолокационного сечения носовых конусов	Сделать носовой конус „невидимым“ путем применения заостренной удлиненной формы, противорадиолокационных покрытий и правильной ориентации в полете. Наиболее совершенные концепции: 1) покрытие поверхности носового конуса слоем материала, не отражающего радиолокационное излучение; 2) снабжение носового конуса надувным баллоном для обеспечения хорошей „видимости“ на среднем участке траектории; при входе в атмосферу баллон сгорает, резко сокращая радиолокационную „видимость“ носового конуса	Создание форм и покрытий, выдерживающих условия входа в атмосферу
Металлизированные ленты	Создание завесы для радиолокаторов путем выбрасывания легких металлизированных лент на среднем участке траектории и тяжелых металлических пластин при входе в атмосферу	Разработка материала, способного отражать радиолокационные сигналы в широком диапазоне частот и противостоять условиям входа в атмосферу
Пассивные ложные цели	Отвлечение внимания или огня противника от носового конуса путем применения надувных баллонов или других объектов, напоминающих носовые конусы, для чего могут использоваться остатки подорванной последней ступени снаряда, ложные цели, несущие угольковые отражатели, или объекты, покрытые материалом, выделяющим большое количество тепла при сгорании, для привлечения внимания инфракрасного оборудования обнаружения	Имитация радиолокационных, аэродинамических и других характеристик носовых конусов с помощью простых и легких аппаратов
Активные помехи	Подавление или уничтожение радиолокационных установок противника путем предварительных ядерных взрывов или запуска противорадиолокационных снарядов; имитация более тяжелого летательного аппарата при входе в атмосферу путем применения двигателя; создание ионизированной спутной струи путем насыщения	Разработка небольших ракетных двигателей, способных противостоять условиям входа в атмосферу и, возможно, несущих небольшие ядерные заряды

ряда является очень трудным, но сам он наиболее уязвим. На этом участке обычная пуля может сыграть роль лучшего антиснаряда.

На среднем участке траектории, когда носовой конус с боевым зарядом, средствами преодоления обороны противника и системой стабилизации (если она применена) летит по инерции над атмосферой, должны приниматься все меры к тому, чтобы затруднить его обнаружение и тем самым сократить до минимума время подготовки противника к обороне. В случае обнаружения носового конуса необходимо применение различных средств, таких как ложные цели и металлизированные ленты, для дезориентации или «насыщения» оборудования обнаружения и слежения противника.

На конечном участке траектории при входе в атмосферу легкие ложные цели и металлизированные ленты замедляются настолько, что становится возможным выделить среди них боевую головку. На этом участке для облегчения прорыва через оборону противника необходимо применять тяжелые ложные цели, электронное оборудование создания помех и специальные устройства для дезориентации оптического, инфракрасного и ультрафиолетового оборудования обнаружения противника. Усовершенствованные носовые конусы для усложнения проблем слежения за ними и перехвата могут маневрировать, кроме того, конструкция носового конуса может быть усилена, чтобы противостоять действию ядерных взрывов оружия обороны, происходящих на сравнительном удалении от носового конуса.

МБС могут быть снабжены различными средствами преодоления обороны противника (табл. 1). Выбор необходимых средств определяется типом цели и системами обороны, которые защищают эту цель, причем выбор должен делаться с учетом зависимости основных характеристик от веса, объема и распределения средств преодоления обороны в конструкции снаряда.

Разрабатываемая серия новых носовых конусов, предназначенных для прорыва обороны противника с помощью ядерного заряда, вытесняет носовые конусы, созданные для первых МБС. Кроме ядерного заряда и средств преодоления обороны противника, носовой конус этой серии включает механизмы предохранения и взведения, а также взрыватель и в некоторых случаях систему управления относительным положением.

Методы обнаружения МБС на активном участке их полета исследуются уже в течение более шести лет. Сведений о результатах этих исследований опубликовано очень мало. В отчете конгрессу за 1963 г. президент США отметил, что экспериментальные спутники системы раннего обнаружения «Мидас» успешно фиксировали запуски снарядов с ЖРД и РДТТ, проводившиеся с восточного и западного полигонов управляемых снарядов.

После прекращения разработки проекта ВАМВІ (Ballistic Missile Boost Intercept) не сообщалось о каких-либо системах, предназначенных для уничтожения МБС на активном участке траектории. Проект ВАМВІ предусматривал создание системы примерно из 1200 спутников, несущих антиснаряды с инфракрасной системой наведения, предназначенные для перехвата МБС на активном участке траектории. Работы над проектом были прекраще-

Тип	Назначение	Проблемы разработки*
Электронные помехи	Подавление или дезориентация радиолокаторов противника; эти средства обычно размещаются на ложных целях, но могут быть и в носовом конусе	Разработка электронного оборудования, способного нейтрализовать широкий диапазон средств, применяемых радиолокационными системами обороны
Маневрирующие носовые конусы	Обеспечение полета по небаллистической траектории с целью уклонения от средств системы обороны. На простом варианте такого конуса применяются элероны или выступы, обеспечивающие ограниченную маневренность. Более совершенные варианты, возможно, смогут лететь по орбите и рикошетировать при входе в атмосферу, а также следовать по ломаной траектории. Кроме того, они смогут обладать высоким аэродинамическим качеством и силовой установкой для полета на высотах ниже зоны действия радиолокаторов	Разработка: 1) поверхностей управления и методов, способных противостоять условиям входа в атмосферу; 2) сложной системы наведения на конечном участке
Носовые конусы, снабженные силовой установкой	Сокращение времени с момента входа в атмосферу до поражения цели путем сообщения носовому конусу дополнительного ускорения (фиг. 2)	Разработка простой и эффективной силовой установки
Применение нескольких боевых головок	Установка в одном носовом конусе двух или более боевых головок, которые в случае неминуемого перехвата носового конуса должны из него выбрасываться и лететь по разным траекториям	Обеспечение необходимого выбрасывания и рассеивания; избежание чрезмерного снижения общей взрывной силы заряда
Защищенные носовые конусы	Упрочнение носового конуса стем, чтобы он мог противостоять ядерному взрыву и радиации	Создание прочной, но легкой конструкции

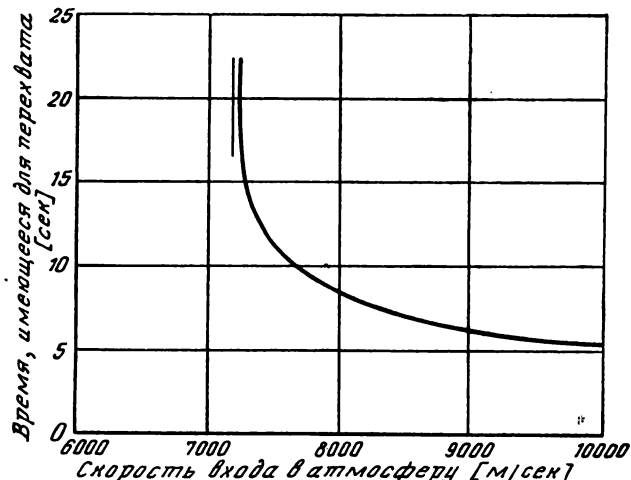
* Разработка всех средств преодоления обороны противника связана с проблемой обеспечения их минимального веса.

ны после того, как исследования показали, что при существующем уровне техники стоимость системы будет очень высокой, а надежность низкой.

Утверждают, что существуют радиолокационные системы, способные обнаруживать объекты за линией горизонта. Полагают, что эти системы могут обнаруживать МБС в начале среднего участка траектории. Более обычные, но все же очень сложные радиолокационные системы могут обнаруживать носовые конусы старого образца после прохождения ими апогея, что обеспечивает обороняющейся стороне достаточное время для приведения в боевую готовность всех средств противоснарядной обороны.

Первым средством облегчения прорыва носовым конусом обороны противника является уменьшение эффективного радиолокационного сечения носового

конуса, что снижает возможность его обнаружения. В США первые работы в этой области проводились в 1950—1952 гг., когда в результате экспериментов была определена величина номинального радиолокационного сечения носового конуса МБС, равная $0,2 \text{ м}^2$. Однако применяемые в настоящее время методы способны снизить эту величину примерно в 1000 раз.



Фиг. 2. Зависимость времени, имеющегося у противника для перехвата носового конуса, от скорости входа конуса в атмосферу. Кривая рассчитана для МБС с дальностью 11100 км и высотой выгорания топлива двигателя 370 км. Предполагается, что перехват должен начинаться на высоте около 60 км и заканчиваться на высоте 15 км. Асимптота показывает траекторию при минимальной затрате энергии

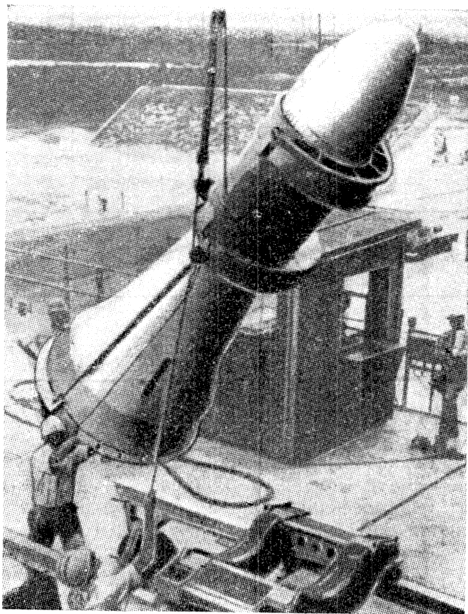
Проведенные недавно работы показали, что некоторые методы, применяемые для снижения радиолокационного сечения носовых конусов на среднем участке траектории, оказываются полезными и на конечном участке. Геометрическая форма, теоретически обеспечивающая наименьшее радиолокационное сечение при рассмотрении только ко направлению, представляет собой бесконечный конус, видимый со стороны вершины. При радиолокационных частотах эффективное радиолокационное сечение такого конуса будет около $0,000001 \text{ см}^2$, поскольку энергия будет отражаться только от вершины конуса.

В разрабатываемых в настоящее время носовых конусах минимальное радиолокационное сечение достигается путем максимального возможной имитации характеристик бесконечного конуса. Такое копирование обеспечивается в результате применения абляционного защитного покрытия и изменения контуров обтекателя основания конуса для уменьшения отраженного рассеивания и дифракции.

Носовые конусы первых баллистических снарядов имели защитные покрытия из материалов, обладающих достаточной способностью поглощать тепло, не расплавляясь при входе в атмосферу. Единственным носовым конусом этого типа, достигшим боевого применения, был носовой конус Джералд Электрик Mk.2, применявшийся на первых МБС «Атлас» и БССД «Тор». Этот носовой конус с затупленной и покрытой медным защитным экраном носовой частью был большим и тяжелым, его диаметр около 1,5 м, а вес более 1 т. Первым носовым конусом с абляционным покрытием является

носовой конус Джeneral Электрик Mk.3 (фиг. 3), примененный на МБС «Атлас».

Среди преимуществ, вытекающих из перехода к абляционным защитным покрытиям, следует отметить возможность обеспечения необходимой конфигурации и использования таких материалов, как тефлон и стекловолокно, которые, кроме способности к абляции, обладают и другими необходимыми электрическими и механическими свойствами.



Фиг. 2. Носовой конус Джeneral Электрик Mk.3

Критическими факторами в снижении радиолокационного сечения носовых конусов являются отражение и дифракция радиолокационных волн у основания конуса. Плоское основание конуса с острыми кромками будет отражать большое количество радиолокационной энергии, в то время как полусферическое основание с поверхностью вращения будет вызывать дифракцию энергии в направлении источника.

Одно из возможных теоретических решений этой проблемы состоит в использовании основания с такой кривизной поверхности, которая отражала бы энергию под углом к ее источнику, или применение основания со стержнями и кромками, обеспечивающими отражение энергии в сторону, противоположную направлению полета конуса; кроме того, возможно использование поглощающих материалов, преобразующих радиолокационную энергию в тепловую.

Отражение и дифракция от носового конуса в большой степени зависят от частоты. Максимальное количество энергии отражается в направлении ее источника тогда, когда длина волны приближается к порядку геометрических размеров носового конуса, при этом с обеих сторон от максимума уровень энергии падает до нуля, а около максимума наблюдается сильное колебание уровня энергии. С другой стороны, отраженное рассеяние от носка конуса и любых кромок изменяется прямо пропорционально длине волны: чем больше длина волны, тем большее количество энергии подвергается рас-

сеянию, и чем меньше угол раствора конуса, тем меньше отражение.

Для поддержания входящего в атмосферу носового конуса в положении, когда носок направлен на источник энергии (т. е. на радиолокатор обнаружения), что снижает радиолокационное сечение, необходимо наличие системы управления относительно небольшим. И тем не менее при приближении носового конуса к конечной фазе полета его обнаружение будет упрощено, так как угол падения радиолокационного луча увеличивается (когда облучение исходит более чем от одного источника радиолокационных волокон).

Затруднить обнаружение носового конуса можно и таким методом. Носовой конус приближается к цели под углом $22-30^\circ$, поэтому можно предположить, что большинство радиолокаторов обнаружения сосредоточивает свое действие в зоне относительно небольших углов входа тел в атмосферу. Когда же силовая установка снаряда мощная и стартовая база снаряда находится на достаточном расстоянии от ближайшей радиолокационной станции обнаружения, носовой конус может быть выведен на траекторию с высоким апогеем над зоной действия радиолокаторов, откуда он сможет идти на цель почти под прямым углом. Обнаружение носового конуса, летящего по такой траектории, будет сильно затруднено при существующем оборудовании обнаружения, что значительно сократит время, имеющееся у противника для приведения в готовность средств обороны.

Другие методы обнаружения носового конуса на среднем участке траектории (хотя они не являются сейчас основными) включают применение ультрафиолетового, инфракрасного и оптического оборудования, но в настоящее время датчики, работающие в этих диапазонах, находят наилучшее применение не при обнаружении, а при выделении боевой головки из ложных целей на конечном участке траектории полета носового конуса.

Для экспериментального подтверждения расчетов, относящихся к обнаружению носового конуса на среднем участке траектории, отдел систем баллистических снарядов ВВС США в 1963 г. осуществил экспериментальную программу REX (Reduced Exothermic Cross-Section). По этой программе было проведено три запуска МБС «Атлас», несших длинные носовые конусы, снабженные системой стабилизации и покрытые материалом, поглощающим радиолокационную энергию. Утверждают, что результаты экспериментов по программе REX подтвердили расчеты, которые до проведения программы основывались на экстраполяции.

Почти все применяемые в настоящее время средства преодоления обороны противника рассчитаны на то, что носовой конус будет обнаружен в какой-то точке среднего участка траектории. В заранее определенной точке участка или по сигналу бортовой системы, устанавливающей, что за носовым конусом ведется слежение, из конуса будут выбрасываться ложные цели или металлизированные ленты.

Металлизированные ленты, предназначенные для затруднения слежения за носовым конусом, в принципе не отличаются от металлизированных лент, применявшихся на бомбардировщиках в годы второй мировой войны. Эти ленты «работают»

как четвертьволновые отражатели в диапазоне сравнительно узкой полосы частот и поэтому их применение является эффективным в том случае, когда частота или частоты радиолокационных систем противника известны заранее.

Металлизированные ленты, создавая очень много сильных эхо-сигналов, могут быть эффективными для маскировки носового конуса на среднем участке траектории, дезориентируя и «насыщая» радиолокаторы и связанное с ними оборудование обработки данных. Однако в пределах атмосферы обычные металлизированные ленты становятся неэффективными, и для более глубокого проникновения в атмосферу испытывались так называемые тяжелые металлизированные ленты (полосы металла), но это приводит к увеличению веса конуса.

Простейшим методом дезориентации системы обороны противника является применение ложных целей. На ранней стадии разработки средств преодоления обороны противника изучалась идея подрыва последней ступени снаряда после отделения носового конуса, в результате чего около носового конуса двигались обломки подорванной ступени, которые, как предполагается, воспринимались радиолокаторами как боевые головки. Однако вскоре было установлено, что боевая головка может быть легко выделена среди этих обломков. В настоящее время последняя ступень снаряда с помощью вспомогательного двигателя выводится после отделения носового конуса на другую траекторию, чтобы на основе данных слежения за этой ступенью нельзя было определить траекторию полета носового конуса.

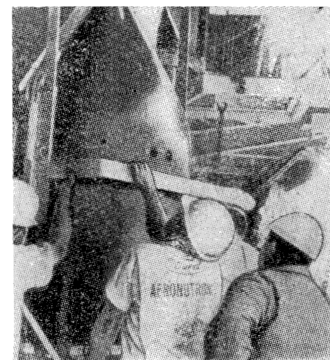
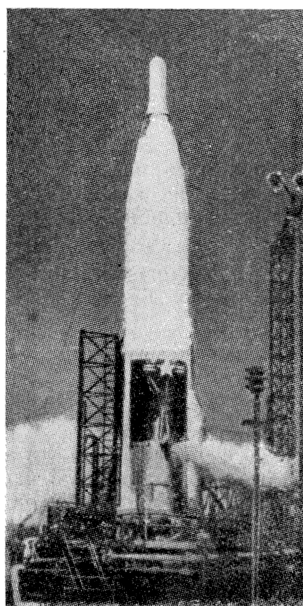
Уголковые отражатели являются простыми, но эффективными ложными целями. Такие отражатели рассчитаны на отражение всей поступающей энергии (достаточно высокой частоты) в направлении ее источника, что создает на экране радиолокатора изображение предметов с большим радиолокационным сечением. Однако конструкторы ложных целей сталкиваются с постоянным совершенствованием радиолокаторов обороны и методов анализа данных, что позволяет получать все более полные сведения об обнаруживаемых объектах: примерный размер, сцинтилляция, кувыркание и т. п. Совершенствование методов обнаружения приводит к постоянному улучшению конструкций ложных целей. В качестве ложных целей испытывались надувные баллоны и небольшие связи ракет.

Ложные цели по крайней мере при испытательных запусках устанавливаются на корпусе снаряда в специальном контейнере (фиг. 4). Поскольку ложные цели должны сопровождать носовой конус в полете, важно, чтобы они отделялись одновременно с отделением носового конуса. Это условие не обязательно для других средств преодоления обороны противника, некоторые из которых могут размещаться в носовом конусе.

Наиболее критической фазой полета носового конуса является конечный участок траектории, и этот участок с точки зрения средств преодоления обороны противника считается наиболее сложным. В настоящее время существует мнение, что перехват носового конуса наиболее вероятен на очень малых высотах (возможно, при наклонной дальности

16—32 км), где возможно отличать почти все ложные цели, за исключением очень сложных.

Поскольку методы обороны от баллистических снарядов, снабженных средствами преодоления обороны, совершенствуются, конструкторы этих средств должны стремиться к тому, чтобы идти на один—два шага впереди развития антиснарядов. Их должно стимулировать то, что теоретически средства нападения всегда имеют преимущество



Фиг. 4. Слева — МБС «Атлас» с контейнером ложных целей, расположенным ниже опознавательного знака; справа — установка контейнера на МБС «Атлас»

перед средствами обороны. Проще и дешевле разработать новое средство преодоления обороны противника, чем перестроить систему обороны.

Как указывалось выше, разработка абляционных защитных покрытий значительно улучшила возможности средств преодоления обороны противника, так как старые теплопоглощающие тупые носовые конусы при входе в атмосферу создавали перед собой очень сильную ударную волну и оставляли ионизированный след высокой интенсивности. Разработка длинных заостренных носовых конусов позволила снизить радиолокационное сечение и привела к тому, что носовые конусы стали создавать значительно более слабую ударную волну и менее интенсивный ионизированный след, а это, в свою очередь, обеспечило возможность увеличения скорости при входе в атмосферу и проникновение на значительно меньшие высоты до того, как произойдет характерное резкое замедление носового конуса. Все это значительно усложняет проблемы слежения за носовым конусом и его перехват.

Теоретически наиболее совершенной формой носовых конусов баллистических снарядов является сильно заостренный конус, практически же оказалось, что заостренный носок конуса должен быть несколько скруглен (фиг. 5), чтобы предотвратить его сгорание. В настоящее время ведется испытание с целью получения данных по оптимальному радиусу скругления носка.

Рассматривается также несколько новых подходов к решению проблем разработки материалов для носовых конусов (табл. 2). Одним из новых типов носовых конусов является прочный, но легкий носовой конус, выполненный из циркониевого

Материалы для носовых конусов

Обозначение	Назначение	Характеристики	Фирма-экспериментатор
Авкойт	Абляционный материал	Слоистая конструкция из инконеля и стали с сотовым наполнителем, заполненным кварцем; металлические соты ограничивают нагрузки растяжения в кварце, предотвращая образование трещин в условиях наличия тепловых волн	Авко
Слоистое стекловолокно	То же	Обладает удельной прочностью, в три раза превышающей эту прочность у стали или алюминия; формуется при нагреве, хорошо сохраняя прочность при высоких температурах	Дуглас
Армированный кварцем инфразил	Абляционный материал для аппаратов, входящих в атмосферу с очень большой скоростью	Армирован для повышения термической стойкости	Рипаблик
Магниевоториевый сплав	Поверхности управления зенитных снарядов „Бомарк“	Прочный легкий сплав, обладающий наибольшим сопротивлением нагреву по сравнению с алюминиевыми и магниевыми сплавами	Боинг
Мин-К	Изоляционный материал для защиты оснований	Гибкий силикатный асбест в форме лент; обладает очень высоким сопротивлением нагреву и формуется	Рипаблик
Пиролитический графит	Абляционный материал и материал для средств преодоления обороны противника	Анизотропный материал, не передает тепло в поперечном направлении; поглощает радиочастотные колебания, способен уменьшать радиолокационное сечение объекта в 1000 раз	Рейтеон
Рефразил	Абляционный материал (впервые применен на аппарате „Меркурий“)	Лента из кварцевой ткани, наматываемая на носовой конус и пропитываемая фенольной смолой	Авко
Тефлон	Абляционный материал для средств преодоления обороны противника	Материал, обеспечивающий охлаждение; для сохранения покрытия оно должно иметь толщину в несколько сантиметров; может снизить возможность обнаружения объекта по инфракрасному излучению; обладает хорошей проводимостью микроволн	Общее применение
Фенольноциркониевый пенопласт	Абляционный материал	Сочетает почти оптимальные механические и термические свойства; является лучшим изолятором, чем графитофенольный пенопласт	Мартин

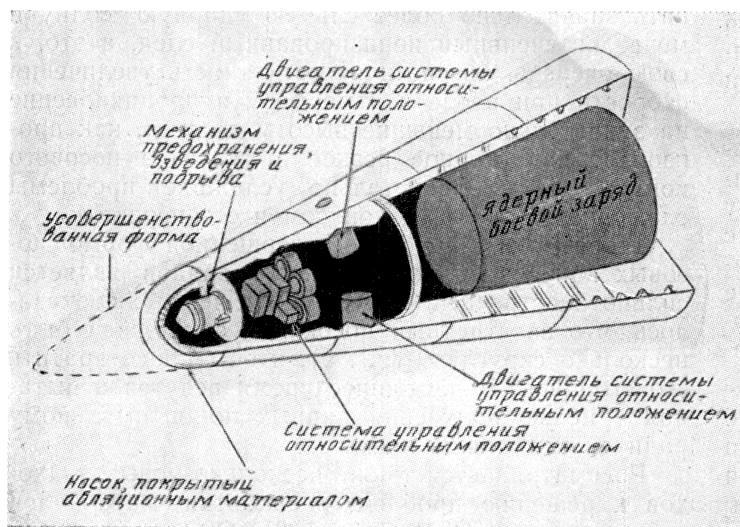
пенопласта, пропитанного фенольной смолой, охлаждаемый методом уноса массы. Согласно утверждению представителей фирмы Мартин, испытания этого носового конуса в горячих газах

в течение 15 мин и в плазме с тепловым потоком до $540 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{сек}$ не привели к значительным изменениям геометрии конуса.

Более «экзотический» подход состоит в ограничении радиуса скругления вершины конуса и ограничении притока тепла с помощью стержня из графита.

Исследуются также конструкции защитных покрытий из последовательно сбрасываемых слоев. Многие конструкторы считают, что будущие достижения в области материалов для носовых конусов, возможно, лежат в применении слоистого стекловолокна. Предел прочности при растяжении у такого материала приближается к 17600 кг/см^2 , а предел прочности при сжатии близок к 10500 кг/см^2 , в то время как отношение прочности к весу примерно в четыре раза больше, чем у алюминия и стали.

Модифицированные конструкции носовых конусов — Mk.11 и Mk.11A (фиг. 6) — применяются на МБС «Минитмэн» В, предназначенных для комплектования второго — пятого крыльев. Модификация носовых конусов МБС «Атлас» и «Титан» потребует значительных изменений снаряда и будет усложнена ввиду уже установленных размеров существ-



Фиг. 5. Предположительная схема современного носового конуса МБС

вующих стартовых позиций. Схемы носовых конусов, состоящих на вооружении, приведены на фиг. 7.

Все поступающие в настоящее время на вооружение носовые конусы имеют систему управления относительным положением, стабилизируются вращением и рассчитаны таким образом, что центр давления находится позади центра массы, что обеспечивает устойчивость при входе в атмосферу. Стабилизация вращением способствует достижению большей точности и распределению возникающего при входе в атмосферу тепла на большую часть поверхности носового конуса, а также предотвращает колебания, которые в результате увеличивающегося сопротивления вызывают необычно высокие температуры.

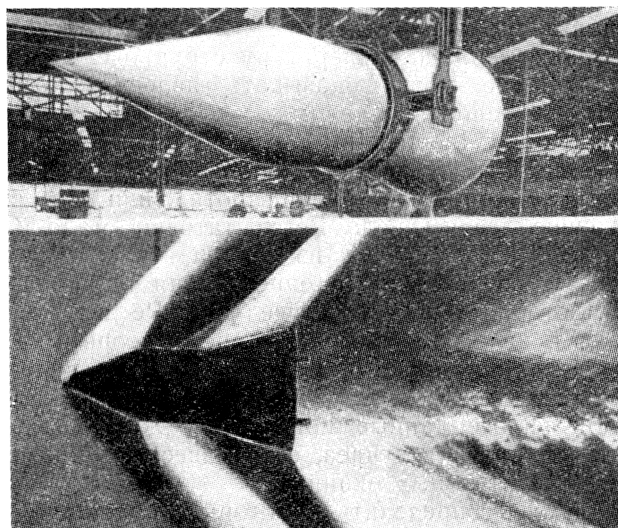
Проблемы нападения и обороны на конечном участке полета носового конуса настолько взаимосвязаны, что временами они выливаются в одну проблему — проблему сбора данных и исследования явлений, связанных с входом в атмосферу, для использования их при разработке баллистических снарядов и антиснарядов. Около половины ассигнований, выделенных ARPA на программу «Дефендер» (программа исследования проблем обороны от баллистических снарядов и средств преодоления обороны противника) в 1964 г., должно быть затрачено на исследование условий входа в атмосферу. В программу ВВС США ABRES (Advanced Ballistic Re-Entry Systems) входит ряд проектов, связанных с изучением явлений входа в атмосферу и созданием средств преодоления обороны противника.

Путем определения характеристик входа различных носовых конусов в атмосферу (радиолокационных и аэродинамических характеристик, излучения в инфракрасном, ультрафиолетовом и оптическом диапазонах) для каждого носового конуса выявляется характерный для него «почерк» входа в атмосферу.

Характеристики входа носовых конусов в атмосферу помогают конструкторам средств преодоления обороны противника определять те характеристики, которые по возможности необходимо маскировать для затруднения обнаружения конуса, а также методы разработки ложных целей, способных дезориентировать наиболее совершенные системы выделения целей путем имитации одной или нескольких характерных особенностей входящего в атмосферу носового конуса.

«Почерк» входа носового конуса в атмосферу

может быть определен как по характеристикам самого конуса, так и по его спутной струе. Так, например, острый носовой конус небольшого диаметра создает тонкую труднообнаруживаемую плазменную оболочку, а овальное основание конуса



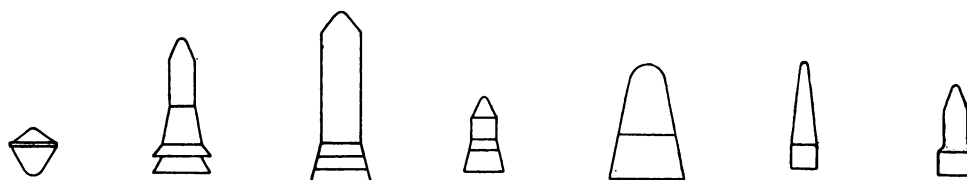
Фиг. 6. Вверху—носовой конус Джeneral Электрик Mk.11; внизу—конус при испытании в ударной трубе

способствует гашению высокоионизированной турбулентной струи, которую создает конус при входе в атмосферу. Исходя из этого, для постоянного совершенствования ложных целей исследуются методы усиления интенсивности спутной струи плазменной оболочки и методы имитации других характеристик входа носовых конусов в атмосферу.

Поскольку радиолокационные, радиометрические и различные оптические средства слежения за входящим в атмосферу носовым конусом совершенствуются достаточно высокими темпами, многие инженеры, работающие в области гиперзвуковой динамики средств преодоления обороны противника, исследуют и эту проблему.

Эксперты из Калифорнийского технологического института отмечают, что существующие знания в области гиперзвуковых спутных струй и механизма течения у основания тела оставляют желать много лучшего.

Течение у основания тела представляет собой один из потоков, связанных с отделением пограничного слоя при входе тела в атмосферу. Одной из



Обозначение	Мк. 2	Мк. 3	Мк. 4	Мк. 5	Мк. 6	Мк. 7	Мк. 11 и 11А
Название снаряда, несущего данный носовой конус	«Атлас», «Тор»	«Атлас»	«Титан», 1	«Минитмэн», А	«Титан», 2	«Скайболт»	«Минитмэн», В
Фирма-изготовитель носового конуса	Дженерал Электрик	Дженерал Электрик	Авко	Авко	Дженерал Электрик	Дженерал Электрик	Авко

Фиг. 7. Схемы носовых конусов, состоящих на вооружении (носовые конусы Мк.8, 9 и 10 не отнесены к определенным управляемым снарядам)

проблем, вставших перед инженерами, стремящимися уменьшить до минимума или замаскировать спутные струи, создаваемые входящими в атмосферу носовыми конусами, является определение тех факторов, которые характеризуют поле потока после его отделения. Детали потока у основания тела (непосредственно за основанием) определяют природу зоны по потоку, т. е. зону спутной струи. Так, например, на температуру струи очень большое влияние могут оказывать явления, возникающие у основания тела.

Согласно утверждениям одного из ученых Калифорнийского технологического института, поток будет ламинарным на всем протяжении по его движению, если число Re достаточно мало. Он предполагает, что одна из проблем заключается в том, чтобы найти пути определения точки перехода, которая зависит от чисел M и Re для полей потока в целом. В настоящее время теоретически эта переходная точка не может быть определена, но относящиеся к этой области и экспериментально полученные данные могут быть экстраполированы для других случаев, если известны параметры в относительных единицах.

Стремясь определить факторы, влияющие на температуру гиперзвуковой спутной струи, тот же ученый Калифорнийского технологического института указывает, что если известны методы решения таких проблем механики жидкости, как диссоциации, ионизации и т. п., то распространение этих методов для объяснения температурных факторов является относительно небольшим шагом вперед. Основной проблемой является недостаток данных о важных типах реакций и о том, как быстро они наступают.

Говоря вообще, характеристики входа данного носового конуса в атмосферу зависят от размеров и формы конуса, а также от скорости и лобового сопротивления. Исследователи хотели бы подойти к решению проблем, имея минимальное количество таких параметров, которые позволили бы сделать выводы о природе входящего в атмосферу тела. Зная «почерки» различных известных носовых конусов, можно было бы усовершенствовать системы обороны и повысить потенциальные возможности оружия нападения.

Исследование спутных струй, создающихся при входе тел в атмосферу, ведется с применением различных методов, в том числе микроволнового метода (с использованием радиолокаторов, микроволновых интерферометров и объемных резонаторов), такого простого оптического метода, как метод Шлирена, инфракрасного метода, метода Лангмюра и др. Большинство исследовательских данных, полученных по спутным струям, возникающим от цилиндрического тела (хотя и не относящихся непосредственно к конусам), применимо и в области выявления характерных «почерков» носовых конусов, и в области разработки средств преодоления обороны противника. Наблюдается сходство между течением от основания цилиндрического тела и от конусов.

ВВС США поддерживают исследования, ведущиеся фирмами Авко и Джeneral Электрик и связанные с течениями, образующимися при входе тел в атмосферу. Проект фирмы Авко имеет обозначение REST (Re-Entry Systems Test), а проект фир-

мы Джeneral Электрик — ARP (Advanced Reentry Program). Кроме того, фирма Джeneral Электрик готова возобновить работы по проекту WAC (Wake Analysis and Control) после первого неудачного летного эксперимента, проведенного осенью 1963 г.

Фирма Бендикс также проводит исследования излучения от входящих в атмосферу тел. Особый интерес при этом представляет анализ влияния обгоревших частиц защитного покрытия на характеристики обнаружения или увеличения размеров цели.

Фирма Хьюз по программе OPADEC (Optical Particle DECo) исследует методы применения ложных целей на конечном участке входа в атмосферу. Предполагаемые ложные цели будут имитировать излучение, исходящее от носового конуса в инфракрасном, оптическом и ультрафиолетовом диапазонах.

Две программы, предназначенные для получения данных, связанных с указанными выше исследованиями фирмы Хьюз, включают программу фирмы Бендикс TRAP (Terminal Radiation Airborne Program), использующую бортовое оборудование для измерения излучения входящего в атмосферу носового конуса, и программу фирмы Авко TRUMP (Target Radiometric Ultraviolet Measuring Program). В программе TRUMP используются исследовательские ракеты «Ника—Джевелин», запускаемые с базы ВВС США Эглин и несущие ультрафиолетовые радиометры. Запуски ракет производятся одновременно с запуском баллистических снарядов с базы Кеннеди, что позволяет изучать характеристики выхлопных газов двигателей и входящих в атмосферу носовых конусов.

Считают, что полезным средством преодоления обороны противника при полете носового конуса на участке входа в атмосферу являются также средства создания активных электронных помех, направленных на подавление или дезориентацию радиолокационных станций системы обороны.

Мало сомнений вызывает возможность применения электронных помех на среднем участке полета, с другой стороны, полагают, что ложные цели достаточно трудно отличить от носового конуса до входа в атмосферу. Однако при входе в атмосферу начинается выделение носового конуса среди ложных целей, и здесь могут быть применены средства создания электронных помех для подавления и дезориентации радиолокаторов и оборудования обработки данных противника до того, как они смогут выделить носовой конус. В то же время эти электронные помехи будут препятствовать определению координат носового конуса, необходимых для наведения антиснарядов.

Как и в других средствах преодоления обороны противника, критическими факторами для создания оборудования электронных помех являются вес и объем. С точки зрения функционирования, многие методы создания электронных помех (такие как, например, заградительные помехи, шумовые помехи, применение передатчика — повторителя помех и др.), применяемые на самолетах, могли бы использоваться и на снарядах. Но вес обычного бортового авиационного оборудования примерно в 100 раз превышает вес, приемлемый для управляемых снарядов. В связи с этим для использования на снарядах средств создания электронных

помех необходимо наличие новых легких и малогабаритных компонентов оборудования, которые могли бы функционировать в условиях ударных и вибрационных нагрузок, создающихся при запуске и входе в атмосферу.

Идеальной была бы конструкция блока создания электронных помех, выполненная на твердых схемах. Проект такой системы исследуется в настоящее время фирмой Лорал Электроникс, но основной проблемой создания такой конструкции является разработка передатчика и источника питания. Для многих элементов блока создания электронных помех уже имеются компоненты, выполненные на твердых схемах, однако пока не найдено путей использования этих компонентов в блоках, которые должны работать на необходимых частотах и уровнях питания, но в течение нескольких ближайших лет проблемы применения компонентов на твердых схемах, возможно, будут решены.

Пока же основная ставка делается на применение обычных жестких и легких электронных ламп, работающих при относительно высокой мощности. Эти лампы должны повторно действовать при испытаниях, хотя и не обязательно на уровне, необходимом при работе в полете.

С этой точки зрения блоки создания электронных помех, предназначенные для установки на снарядах, обладают значительным преимуществом перед подобными блоками, применяемыми на самолетах. Компоненты самолетных блоков должны работать в течение ряда часов, в то время как на снарядах продолжительность работы блоков создания электронных помех 1—2 мин на конечном участке полета при входе в атмосферу. Это преимущество позволяет создать такую конструкцию, в которой компоненты не обязательно должны достигать теплового равновесия, а лампы могут быть перегружены (на лампу мощностью 5 квт можно подавать мощность 50 квт, если лампа не перегорает слишком быстро).

Другой важной проблемой, встающей перед конструкторами блоков создания электронных помех при входе в атмосферу, является наличие плазменной оболочки вокруг входящего в атмосферу тела. Эта оболочка ослабляет радиочастотную энергию, и блок создания электронных помех должен быть достаточно мощным, чтобы обеспечить излучение такого же количества энергии через плазменную оболочку. Кроме того, продукты обгорания абляционного защитного покрытия будут обтекать антенны, что может оказывать неблагоприятное влияние на радиочастотные сигналы. Выбор соответствующего абляционного материала может помочь в преодолении такого влияния, а коническая форма входящего в атмосферу тела обеспечит наличие более тонкого ионизированного слоя и снизит радиолокационное сечение носового конуса.

Конструкторы средств создания электронных помех не ожидали, что наличие ионизированной оболочки окажется такой серьезной проблемой, как это выяснилось при запусках космического аппарата «Меркурий», когда сигналы УКВ затухали полностью, а сигналы радиомаяка, работавшего в диапазоне С, значительно ослаблялись при входе аппарата в атмосферу. Полагают, что использование более высоких частот при созда-

нии электронных помех и форма носового конуса, ограничивающая толщину ионизированной оболочки, позволят уменьшить ослабление сигналов ниже уровня, наблюдавшегося при запусках аппарата «Меркурий».

Рассмотренные выше проблемы означают, что любой блок создания электронных помех должен быть эффективным с точки зрения зависимости $вт/Мгц/кг$. Так, например, исходя из этой зависимости, методу создания направленных помех должно быть отдано предпочтение перед методом создания заградительных помех. Поскольку блоки создания электронных помех на снарядах должны работать полностью автоматически, то не в пример самолетному оборудованию подобного назначения наилучшим считается наиболее простой блок, отвечающий требованиям данного запуска. Это означает, что если противник применяет радиолокаторы с изменением частоты, передатчик создания помех должен быть способен следить за изменениями частоты.

Когда известны характеристики радиолокатора противника, наиболее эффективным считается метод создания дезориентирующих помех, поэтому наблюдается тенденция к сосредоточению усилий на методах создания шумовых помех, так как в этом случае необходимо только одно условие: шум должен быть примерно на правильной частоте и должен быть достаточно мощным.

Однако возникает проблема, заключающаяся в том, как определить тот радиолокатор, который необходимо подавить. Одно из решений этой проблемы предусматривает определение такого радиолокатора путем изучения его характеристик: частоты, периодов повторения импульсов, скорости сканирования, ширины полосы частот, мощности и т. п. Чем больше данных имеется по указанным выше параметрам радиолокатора, тем легче определить его назначение.

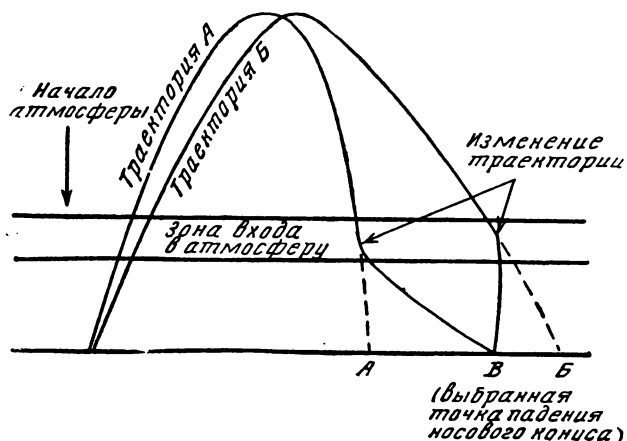
Разработка средств создания дезориентирующих электронных помех находится, вероятно, на ранней стадии. Ведутся работы над средствами создания серии дезориентирующих помех, относительно независимых от природы и характера тех электронных мер, которые будут выработаны противником. Эти средства создания электронных помех могут быть в какой-то мере оценены с точки зрения эффективности.

Блок с оборудованием создания электронных помех, вероятно, будет размещен не на носовом конусе, а на отделяющихся от него ложных целях. Они могут лететь около носового конуса или впереди него, наводясь на радиолокационные установки противника.

Следующим важным шагом в области средств преодоления обороны противника является создание маневрирующего носового конуса. Созданные к настоящему времени носовые конусы, включая и носовой конус Mk. 12 для усовершенствованного МБС «Минитмэн», не обладают способностью маневрировать. Обеспечение такой способности предусматривает наличие управления и наведения на конечном участке.

Для повышения эффективности маневрирования должно осуществляться в атмосфере. Маневрирующий носовой конус может быть запущен на такую баллистическую траекторию, которая, оста-

ваясь неизменной, должна привести носовой конус в одну из двух альтернативных точек. Однако траектория после входа в атмосферу может быть изменена продольно или в сторону таким образом, чтобы обеспечить попадание в третью точку (фиг. 8). Поскольку между входом в атмосферу и падением носового конуса на цель проходит всего несколько минут, система обороны будет располагать незначительным временем для реакции на изменение траектории.



Фиг. 8. Траектории полета маневрирующего носового конуса с аэродинамическим качеством менее единицы

Изменение траектории полета носового конуса после входа в атмосферу, возможно, может быть достигнуто с помощью аэродинамических поверхностей, выдвигаемых в гиперзвуковой воздушный поток. Выдвижение этих поверхностей при входе в атмосферу вызывает серьезную проблему, которая пока не решена. Хотя специалисты, занимающиеся гиперзвуковой аэродинамикой, понимают возможности, обеспечиваемые охлаждением, основанным на абляции, существуют все же неопределенности во всех других аспектах маневрирующих носовых конусов, кроме необходимости применения относительно простых форм, уже испытывавшихся в полете. Очевидно, потребуется проведение испытаний для исследования возможности создания таких аэродинамических поверхностей, которые должны выдвигаться в поток на конечном участке траектории и не сгорать.

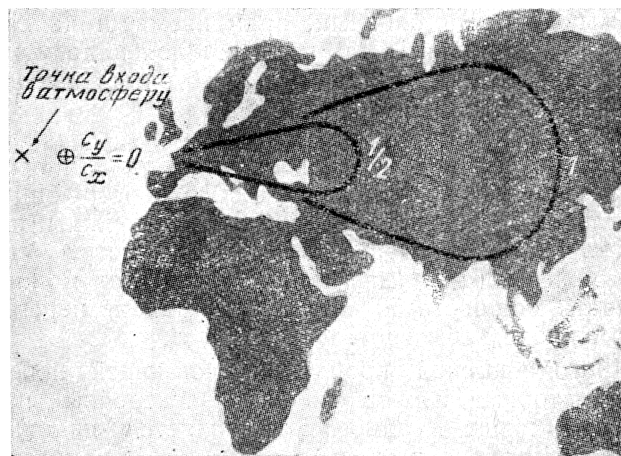
В настоящее время ведутся исследования по двум типам маневрирующих носовых конусов. Основной программой в этой области является программа, осуществляемая фирмой Джeneral Электрик и предусматривающая создание носового конуса с аэродинамическим качеством, равным единице. Этот носовой конус, известный под обозначением «Лэпдог», представляет собой тело баллистического типа. Носовая часть сильно заострена, а в основании расположены запирающиеся щитки. Носовой конус движется по баллистической траектории до тех пор, пока не войдет в верхние слои атмосферы, где он стабилизируется и затем планирует на конечном участке наведения. Модель носового конуса «Лэпдог» уже испытывалась одним из отделений фирмы Джeneral Электрик.

Второй тип носового конуса разрабатывается фирмой Мак Доннелл и представляет собой аэробаллистический носовой конус, известный под обозначением «Аball» (Aeroballistic vehicle). Еще в

1958 г. фирма начала программу испытаний с целью исследования возможностей создания носового конуса с аэродинамическим качеством, равным 3—4, способного летать в атмосфере без крыла. В настоящее время фирма Мак Доннелл продолжает испытания носового конуса в аэродинамических трубах.

На фиг. 9 представлена схема повышения тактической гибкости при поражении цели с увеличением аэродинамического качества носового конуса, обладающего низкой маневренностью. Рассматриваемый носовой конус будет лететь к цели дольше, так как будет иметь меньшую скорость. Точное увеличение времени полета зависит от точности траектории полета, и оно может в два раза превышать время полета существующих МБС (33—35 мин). С другой стороны, этот носовой конус будет маневрировать и будет обладать преимуществом с точки зрения увеличения дальности и нагрузки на данный снаряд-носитель конуса.

Применение смешанной конструкции носового конуса — аэробаллистической и маневрирующей — еще больше усложнит проблемы обороны, так как оба носовых конуса смогут входить в атмосферу над необороняемой территорией и проникать в зону цели ниже зоны эффективного действия радиолокаторов системы обороны.



Фиг. 9. Увеличение тактической гибкости при поражении цели с увеличением аэродинамического качества носового конуса

Полагают, что летные испытания маневрирующего носового конуса начнутся в 1965 г., возможно, с применением конуса «Лэпдог».

Проводятся широкие исследования взаимосвязи маневренности носового конуса и нагрева его носовой части. Для подобного типа летательных аппаратов необходимо наличие каких-то аэродинамических поверхностей. По существующему проекту необходимо, чтобы носовой конус при входе в атмосферу сохранял постоянную форму. Конечно, такой носовой конус должен иметь возможность возвращения на баллистическую траекторию в том случае, если система управления выйдет из строя. К настоящему времени в результате многочисленных экспериментальных запусков (более 500) накоплен значительный опыт в области носовых конусов, так что рассматриваемые скорости не должны вызывать проблем.

Поверхности управления маневрирующего носового конуса в выдвинутом положении могут принимать клиновидную форму, хотя обычно они должны сохранять обтекаемую форму. Это повлияет на круговую ошибку носового конуса, но боевой заряд все равно будет подорван.

Программа разработки маневрирующего носового конуса будет включать летные испытания натуральных конусов, пока же большая часть исследований в этой области будет проводиться на экспериментальных изготовленных в масштабе носовых конусах, запускаемых с помощью ракеты «Атена». Для испытания натуральных носовых конусов ВВС США предполагают использовать МБС.

В настоящее время продолжают испытания в аэродинамических и ударных трубах с целью исследования оптимальных форм, поверхностей управления и материалов носовых конусов. Для поверхностей управления изучается много типов материалов, в том числе применяемые сейчас материалы абляционного типа, материалы отражающего типа и графитовые материалы. Изучаются различные системы охлаждения, в частности NASA проделала значительную работу по системе охлаждения, основанной на испарении, но пока, как известно, не было проведено ни одного летного испытания натурального носового конуса с подобной системой охлаждения.

Создание маневрирующих носовых конусов связано с проблемами, которые уже возникали перед конструкторами ракетоплана «Дайна-Сор», а именно:

1. Управление кинетической и потенциальной энергией носового конуса посредством системы управления относительным положением таким образом, чтобы носовой конус направлялся к выбранной цели.

2. Удержание носового конуса в пределах коридора безопасного входа в атмосферу.

3. Наличие средств, с помощью которых могла бы определяться траектория носового конуса в пределах допустимых нагрузок.

Системы и электронное оборудование для маневрирующего носового конуса обязательно будут сложными. Для того чтобы выдержать ограничения, накладываемые весом и размерами, важно широко применять методы микроэлектроники. Обеспечение конечного наведения носового конуса приведет к повышению его сложности. С точки зрения современного состояния науки и техники наведения, применение какой-то формы программированной инерциальной системы наведения кажется наиболее логичным. Полагают, что на экспериментальном носовом конусе будет испытана инерциальная система наведения с микроминиатюрным вычислителем фирмы Ремингтон Рэнд.

Другой возможной системой конечного наведения, особенно для высокоманевренных носовых конусов, является система, основанная на применении радиолокационной карты местности. Эта система будет более сложной, чем программированная инерциальная система, но она должна обеспечить носовому конусу большую гибкость. Система наведения, основанная на радиолокационной карте местности, потребует наличия в конусе радиолокационных карт зоны цели, а создать такие карты,

вероятно, не просто. О характеристиках подобных систем известно очень мало, и единственной действующей системой подобного типа является система наведения самолета-снаряда Мартин «Мэйс».

Лаборатория им. Линкольна при Массачусетском технологическом институте изучает требования и возможные решения проблем создания оптимальной системы наведения и управления, обеспечивающей маневренность носового конуса в течение длительного времени. Основной проблемой здесь является то, что система должна выдерживать условия входа в атмосферу и высокие перегрузки. Кроме того, возникает проблема коррекции ухода гироскопа, так как время его работы должно быть длительным. Как сообщают, Массачусетский технологический институт в основном работает над инерциальной системой наведения для маневрирующих носовых конусов.

Маневрирующий носовой конус является пока последним словом в области средств, облегчающих преодоление обороны противника, но подобные конусы поступят на вооружение лишь через несколько лет.

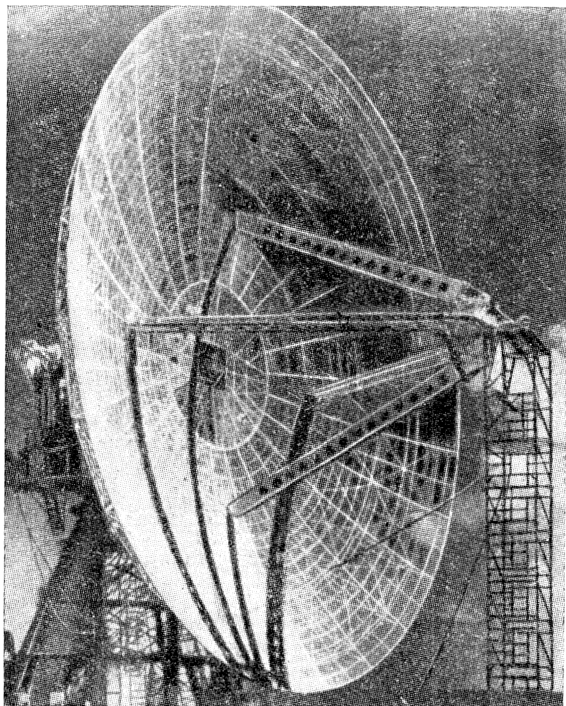
Предполагается провести серию летных испытаний (77 запусков) изготовленных в масштабе носовых конусов и натуральных компонентов с помощью четырехступенчатой ракеты «Атена». Эти запуски являются частью программы, на которую ассигновано 40 млн. долларов. Ракета «Атена» длиной 15 м запускается на дальность более 720 км. Несмотря на то, что первый запуск ракеты «Атена» 10 февраля 1964 г. закончился неудачно и ракета не долетела до полигона на 240 км, ожидают, что проведение программы испытаний обеспечит получение многих необходимых данных и позволит сэкономить значительные суммы в области разработки средств преодоления обороны. Стоимость испытания масштабных носовых конусов приблизительно в шесть раз меньше стоимости испытания натуральных конусов. Ракета «Атена» может поднять нагрузку весом 23—36 кг, но ведутся исследования возможностей увеличения веса нагрузки.

Специальные требования флота США к снаряду «Поларис» и армии США к снаряду «Першинг» привели к возникновению относительно небольшого количества отдельных программ создания средств преодоления обороны противника.

Подобная программа для снарядов «Поларис», осуществляемая совместно фирмами Локхид и Рейтеон, направлена на разработку специализированного оборудования создания электронных помех, способного работать в условиях ограниченного веса и размера носовых конусов этих снарядов. Контракт на создание средств преодоления обороны противника для снаряда «Першинг» направлен на проведение исследований, связанных с проблемами того времени, когда оборона от снарядов с дальностью 640 км потребует применения подобных средств.

Около половины средств, ассигнуемых на программу «Дефендер», расходуется на разработку новых радиолокационных методов, которые могут быть применены для обнаружения и слежения за снарядами, а также на разработку высокоспециализированных методов обработки данных. На атолле Квайалейн ведутся работы по программе ARPA PRESS (Pacific Range Electromagnetic Signature

Study). Часть работ по этой программе проводится учеными лаборатории им. Линкольна при Массачусетском технологическом институте, которые в течение последнего года используют для слежения за снарядами радиолокатор «Традекс» фирмы RCA (фиг. 10). Этот радиолокатор представляет собой высокоомощную систему, действующую в диапазонах L и УВЧ и обеспечивающую максимальное время слежения за носовыми конусами, запускаемыми вдоль Тихоокеанского полигона управляемых снарядов в сторону атолла Квайaleyн. На атолле расположен испытательный комплекс системы антиснаряда «Ника-Зевс», который является не



Фиг. 10. Радиолокатор RCA «Традекс», применяемый в работах по программе PRESS

Сильвания, разрабатывающей радиолокатор MAR, этот радиолокатор будет обнаруживать и следить за целью, а также выделять боевую головку среди ложных целей. Все эти функции в системе антиснаряда «Ника-Зевс» выполнялись тремя отдельными радиолокаторами. Потенциально радиолокатор MAR может служить базой для создания радиолокатора новой конструкции, который, помимо указанных выше функций, будет обеспечивать и наведение антиснаряда. Кроме преимуществ, вытекающих из использования электронного сканирования, радиолокатор MAR характеризуется и тем, что его антенна может быть размещена в бетонированном подземном укрытии.

В системе противоснарядной обороны «Ника-Х» будут применены два антиснаряда: «Зевс» для перехвата на большой дальности и «Спринт» для перехвата на малой дальности при возможно наибольшей высоте. Антиснаряд «Ника-Зевс» может запускаться против объектов, опознанных как боевые головки МБС на высотах до 320 км при наклонной дальности до 480 км. В случае использования атмосферы для выделения боевой головки среди ложных целей может применяться антиснаряд «Спринт» на высотах перехвата, возможно, от 16 км.

Еще одной областью средств преодоления обороны противника является применение ядерных взрывов и боевых головок с несколькими зарядами. Идея применения ядерного взрыва заключается в том, что перед запуском основного снаряда на цель к ней посылаются мощный ядерный боевой заряд, который подрывается над зоной цели. Эксперименты по выявлению влияния таких взрывов проводились США несколько лет тому назад над островом Джонсон. Дальнейшие испытания в этом направлении были включены как часть в серию испытаний «Доминик», проводившихся Комиссией по атомной энергии США в Тихом океане в апреле — ноябре 1962 г. Согласно докладу Комиссии по атомной энергии в Конгрессе за 1963 г., во время этих испытаний пять ядерных зарядов было поднято снарядами на большую высоту и подорвано.

Известно, что ядерные взрывы создают электромагнитную радиацию во всем спектре частоты. Образующийся электромагнитный импульс потенциально может нарушить работоспособность всего электронного коммуникационного оборудования противника в зоне цели, способствуя, таким образом, возможности проникновения боевой головки МБС через противоснарядную оборону противника. Ядерный взрыв создает толстый слой ионизированной атмосферы, который значительно (если не полностью) ограничивает действие радио- и радиолокационных систем вокруг места взрыва.

Обсуждение влияния электромагнитного излучения вызвало широкий интерес на проводившихся в США конференциях по электронике. В условиях запрещения ядерных взрывов в атмосфере осуществляются по крайней мере две программы имитации влияния электромагнитных импульсов на оборудование, кроме того, по нескольким другим программам проводится изучение подобного влияния на отдельные компоненты.

Что касается защиты носовых конусов или заключенных в них боевых зарядов, то Комиссия по

только экспериментальной базой разработки систем противоснарядной обороны, но и используется для оценки эффективности средств преодоления обороны противника.

Новая система противоснарядной обороны «Ника-Х» развилась на основе экспериментов, значительно влияющих на концепции и программы создания средств преодоления обороны противника. После испытаний, показавших, что наиболее эффективное выделение носового конуса среди ложных целей возможно в результате «фильтрации» в атмосфере, разработка системы «Ника-Зевс» была прекращена. Хотя система противоснарядной обороны «Ника-Х» будет использовать компоненты системы «Ника-Зевс», в том числе и антиснаряд, она будет совершенно иной. Два новых компонента, которые должны быть включены в систему «Ника-Х», представляют собой очень мощный радиолокатор MAR (Multifunction Array Radar) с электронным сканированием и антиснаряд небольшой дальности «Спринт», силовая установка которого должна обеспечивать достижение очень больших ускорений.

Согласно заявлению представителей фирмы

атомной энергии указывает в годовом отчете за 1963 г., что увеличение отношения взрывной мощности к весу носового конуса, достигнутое в течение последнего года, будет использовано для того, чтобы снабдить носовые конусы МБС небольшими по весу боевыми зарядами, обеспечивающими примерно ту же взрывную мощность. Экономия веса будет использована для установки средств преодоления обороны противника, а также для снижения уязвимости носового конуса от ядерных взрывов средств обороны.

Фирма Джeneral Электрик по контракту армии США исследует влияние ударных волн, возникающих при взрыве ядерного боевого заряда антиснаряда, на входящий в атмосферу носовой конус. Для имитации подобного влияния будет применен магнитный генератор ударных волн.

При ядерном взрыве антиснаряда влияние будет оказываться как ударными волнами, так и инфракрасным и нейтронным нагревом, гамма- и

электромагнитным излучением и т. п. Попытки защитить носовой конус от подобного влияния могут снизить его уязвимость, но, возможно, значительно уменьшат вес, предназначенный для средств преодоления обороны противника, обеспечивая при этом предохранение носового конуса лишь в ограниченных условиях.

Применение нескольких боевых головок в одном носовом конусе кажется наилучшим в области средств преодоления обороны противника и является результатом соревнования между системами противоснарядной обороны и методами создания средств преодоления обороны противника. Согласно заявлению представителей отделения систем баллистических снарядов ВВС США, в настоящее время рассматриваются такие ложные цели, которые будут иметь собственную силовую установку, смогут маневрировать и нести ядерные заряды.

Space/Aeronautics, II, 1964.

ЛАЗЕРЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

Лазер представляет собой преобразователь энергии, на вход которого, в зависимости от типа лазера, может подаваться электромагнитная энергия высокой или оптической частот или электрический ток, а на выходе излучается световая энергия. Важными преимуществами лазера по сравнению с другими источниками света являются монохроматичность и высокая интенсивность света, испускаемого в виде узкого параллельного когерентного луча.

Появление первого лазера относится к 1960 г. Это устройство, которое состояло из кристалла рубина, облучаемого лампой-вспышкой, испускало интенсивные импульсы почти монохроматического красного света. Затем в течение сравнительно короткого периода времени появилось множество различных типов лазеров, основанных на использовании других кристаллов, жидкостей, газов и полупроводниковых материалов. Некоторые из них работали в импульсном режиме, другие — в режиме непрерывного излучения, но все они обладали в известной степени характеристиками, указанными выше.

Большие потенциальные возможности лазеров привлекли внимание ученых и инженеров. Очень большие мощности, которые могли получаться с помощью лазеров, наводили военных на мысль о создании «лучей смерти». Монохроматичность и когерентность луча давала возможность впервые использовать свет для передачи информации методом, аналогичным радиопередаче, но с значительно большей пропускной способностью. Перечень возможных применений лазеров почти бесконечен, но очень немногие из них уже осуществлены или будут осуществлены в ближайшем будущем.

Перед описанием механизма работы лазеров необходимо привести краткие сведения о природе электромагнитной энергии и строении атома. Электромагнитное излучение представляет собой энергию, передаваемую в пространстве в виде электромагнитных волн. Колебание или ускорение электрического заряда создает возмущение, сопровождаемое возникновением электрического и маг-

нитного полей, распространяющихся в пространстве. Такое возмущение называется электромагнитной волной. Диапазон частот таких волн очень велик: радиоволны и волны СВЧ, световые, рентгеновские и гамма-лучи являются различными формами электромагнитной энергии.

Согласно классической теории электромагнитное излучение является формой непрерывного волнового движения. Однако Эйнштейн и Планк показали, что электромагнитная энергия излучается или поглощается в виде квантов энергии, называемых фотонами, которые ведут себя подобно частицам. Энергия фотона пропорциональна частоте:

$$E = hf,$$

где E — энергия; f — частота; h — постоянная Планка.

Таким образом, электромагнитное излучение обладает корпускулярными и волновыми свойствами. Поскольку энергия фотона прямо пропорциональна частоте, с увеличением частоты возрастает энергия, и в области рентгеновских лучей фотоны обладают корпускулярными и волновыми свойствами. В области гамма-лучей, где длина волны ничтожно мала, проявляются только корпускулярные свойства. Радиоволны, вследствие значительного понижения частот, обладают лишь волновыми свойствами.

Такое двойственное понимание природы излучения возникло вследствие невозможности объяснения некоторых экспериментальных результатов с помощью классической теории. При исследовании взаимодействия электромагнитной энергии с веществом, проявляемого в лазерах, необходимо использовать квантовую и классическую теории и рассматривать излучение на входе и выходе лазера как волну, имеющую длину и частоту.

Строение атома. Атом состоит из ядра, окруженного электронами, которые движутся вокруг него по различным орбитам. Эти орбиты располагаются по группам с почти одинаковыми уровнями энергии. Чем дальше уровень энергии от ядра, тем

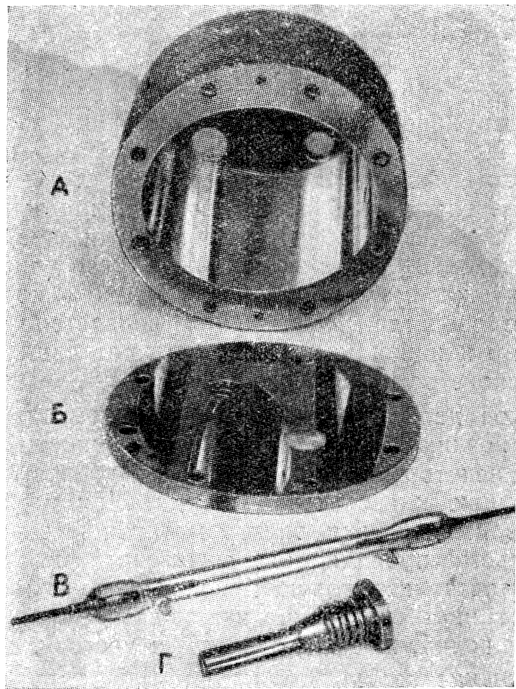
больше энергия электронов, находящихся на этом уровне.

Атомы и молекулы могут обладать различными энергиями, определяемыми распределением их электронов. Атом может существовать в течение длительных периодов времени только при определенных распределениях электронов, называемых стационарными состояниями, каждое из которых характеризуется определенной внутренней энергией. Вообще, атом не может обладать произвольной внутренней энергией, поскольку допустимы только величины энергии, связанные со стационарными состояниями. Для свободных атомов и молекул и атомов примесей в твердых телах допустимые энергии представляют собой узкие дискретные уровни, разделенные областями запрещенных энергий.

Энергия атома, находящегося в одном из стационарных состояний, может увеличиваться или уменьшаться при взаимодействии с электромагнитной волной или столкновении с другими атомами. Кроме того, возможен спонтанный переход в состояние более низкой энергии при излучении фотона, частота которого пропорциональна разности энергий, соответствующих двум состояниям. Переход в состояние, соответствующее большей энергии, возможен только в случае, если частота электромагнитного излучения приблизительно равна разности энергий, соответствующих двум состояниям, разделенной на постоянную Планка, или

$$f = \frac{E_2 - E_1}{h}.$$

Если электромагнитное излучение вызывает переход, при котором атом поглощает энергию, то эту энергию теряет падающая волна. Наоборот, если энергию теряет атом, то энергия электромагнитной волны возрастает на один фотон, когерентный с волной, и возникает наведенное излучение.



А—алюминированный эллиптический резонатор; Б—торцовая крышка резонатора; В—ксеноновая лампа-вспышка; Г—кристалл рубина в держателе

Фиг. 1. Основные элементы рубинового лазера

Одновременно возникает другое излучение с той же частотой, имеющее характер флуоресценции.

Если вещество находится в состоянии равновесия, то атомы будут существовать в различных состояниях, но можно показать, что большее число атомов будет находиться в состояниях, соответствующих меньшим энергиям, чем в состояниях, соответствующих большим энергиям, и при взаимодействии с электромагнитной волной будет больше переходов с более низких на более высокие энергетические уровни, чем в обратном направлении. То-есть будет наблюдаться полное поглощение энергии и электромагнитной волны. Однако если равновесие может быть нарушено таким образом, что число атомов с большими энергиями будет превышать число атомов с меньшими энергиями, то будет происходить полная потеря энергии атомами и усиление мощности электромагнитной волны. По этому принципу работает лазер.

Для усиления лазером волны с определенной частотой необходимо найти атом (или молекулу) с подходящими энергетическими уровнями и большой вероятностью перехода с одного из этих уровней на второй. Затем надлежит изменить заполнение уровней таким образом, чтобы на верхнем энергетическом уровне находилось больше электронов, чем на нижнем, и обеспечить условия взаимодействия вещества с электромагнитной волной.

В настоящее время все лазеры можно разделить на четыре группы: лазеры на твердом теле, газовые лазеры, инжекторные полупроводниковые лазеры и жидкостные лазеры.

Лазеры на твердом теле. Рубиновый лазер, являющийся первым созданным устройством такого типа, до настоящего времени находит наиболее широкое применение, что делает целесообразным более подробное обсуждение принципа его работы.

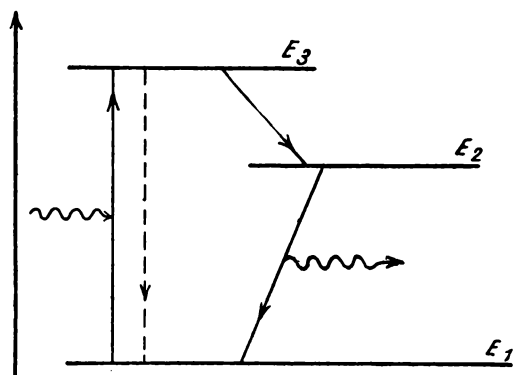
На фиг. 1 показан типичный рубиновый лазер. Кристаллу рубина точной механической обработкой придается форма цилиндрического стержня с параллельными и оптически плоскими торцами. Стержень помещается в одном из фокусов эллиптического отражателя, в другом фокусе которого находится ксеноновая лампа-вспышка, свет которой фокусируется на рубиновом стержне.

Хотя лазер по определению является усилителем света, он почти всегда используется как источник света или генератор. Для генерирования света необходим объемный резонатор, назначение которого выполняет кристалл рубина. Торцы рубинового стержня покрываются серебром — один торец представляет собой зеркало с полным отражением, тогда как другой отражает только около 98% падающего света. Остальная часть света проходит через стержень.

На фиг. 2 показана упрощенная диаграмма распределения энергетических уровней ионов хрома в кристалле рубина. Основное состояние определяется уровнем E_1 , а уровни E_2 и E_3 указывают возможные энергии ионов хрома. При облучении кристалла светом лампы-вспышки энергия некоторых ионов может увеличиваться до уровня E_3 . Через короткое время некоторые из ионов перейдут на уровень E_1 , а некоторая часть ионов перейдет на уровень E_2 . Скорость перехода ионов на уровень E_2 больше скорости перехода в основное состояние, и поэтому ионы остаются некоторое вре-

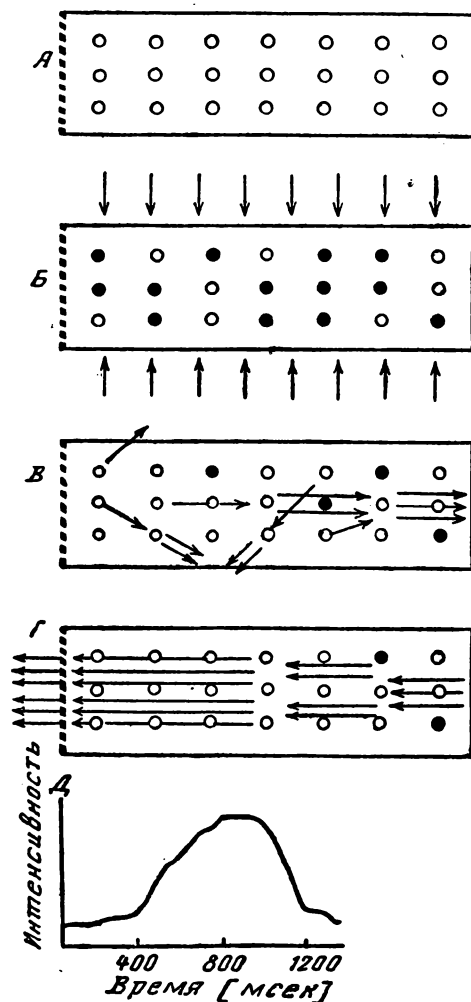
мя на уровне E_2 до возвращения в основное состояние. Скорость перехода ионов с уровня E_2 на уровень E_1 меньше скорости перехода ионов из основного состояния на уровень E_3 . Таким образом, в результате оптической подкачки создается большее число ионов на уровне E_2 по сравнению с числом ионов в основном состоянии и достигается заполнение уровней, необходимое для работы лазера.

При возвращении в основное состояние с уровня E_2 ионы хрома излучают фотоны. Если условия не полностью соответствуют условиям, необходимым для работы лазера, например, если энергия возбуждения недостаточна, то будет возникать спонтанное, а не стимулированное излучение в значительно более широком диапазоне частот со средней частотой, близкой частоте лазера.



Фиг. 2. Диаграмма энергетических уровней рубина

мощность в импульсе и очень мала, можно получить очень большую мощность в импульсе при использовании так называемого метода генерирования мощных импульсов. Если отделить одно зеркало от кристалла и установить между ними за-

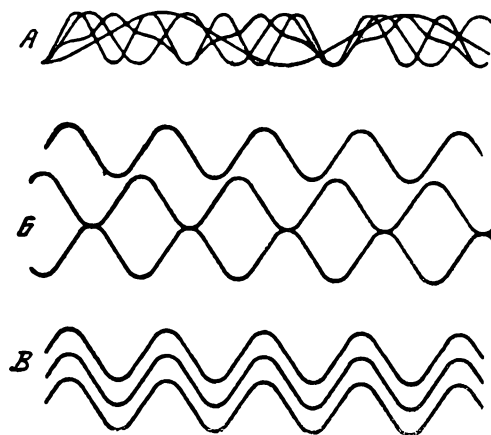


Фиг. 3. Последовательность явлений, возникающих при работе лазера

На фиг. 3 показана последовательность явлений, возникающих при работе лазера. После подачи энергии подкачки A некоторые ионы переходят из основного состояния на более высокий энергетический уровень, отмеченный черными точками на B . Затем некоторые из этих ионов переходят обратно в основное состояние, испуская фотоны с характерической частотой. При столкновении в надлежащей фазе B испускаемых фотонов с другими ионами происходит образование стимулированных вторичных фотонов той же частоты. Большинство фотонов, движущихся по оси кристалла, отражается торцовыми зеркалами обратно в кристалл и продолжает возбуждать ионы. Таким образом, происходит усиление света в кристалле, и интенсивность света на торце рубинового стержня, частично покрытого серебром, быстро растет до тех пор, пока не испускается мощный монохроматический импульс $Г$. Нарастание импульса показано на фиг. 3, $Д$. Фотоны, движущиеся не по оси стержня, выходят из него через боковую поверхность и являются источником флуоресценции. По этой причине выходной пучок обладает резко выраженными направленными свойствами.

В объемном резонаторе, образованном рубиновым кристаллом и его зеркалами, создаются стоячие волны, поэтому, несмотря на то, что большое число ионов в рубине являются независимыми излучателями фотонов, они вынуждены излучать фотоны синхронно или когерентно (фиг. 4).

Обычный импульсный рубиновый лазер при комнатной температуре излучает на волне $6,943\text{Å}$ в красной части спектра. Энергия импульса изменяется от долей джоуля до 1500 дж. Хотя средняя



A —некогерентное излучение широкополосных источников энергии; B —временная когерентность излучения (т. е. каждый максимум волны проходит данную точку в заданный момент времени); B —пространственная когерентность излучения (т. е. фаза фронтов волн данной группы волн одинакова для каждой волны в группе для любого момента времени)

Фиг. 4. Пространственная и временная когерентность излучения

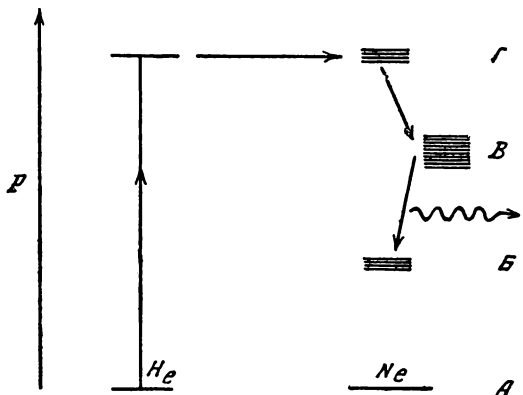
твор с электрическими средствами управления, то можно задержать образование импульса лазера до тех пор, пока не будет возбуждена большая часть ионов. Затем затвор открывается и испускается очень короткий импульс света, максимальная мощность которого может иметь величину порядка 1000 *Мвт*.

В настоящее время единственным материалом, могущим найти такое же широкое применение в мощных лазерах, как рубин, является стекло, легированное неодимом. Хотя такие лазеры и имеют значительно бóльшие размеры по сравнению с рубиновыми лазерами при данной мощности, их значительно легче изготовить, поскольку кристаллы могут отливаться в форме, а не выращиваться в виде монокристалла.

Для изготовления лазеров можно использовать ряд других материалов, наиболее обследованными из которых являются фтористый кальций и стронций, вольфрамат кальция и различные соединения соли молибденовой кислоты, легированные редкоземельными элементами. Однако большинство из них работает только при очень низких температурах. В настоящее время проводится большая работа по созданию лазеров на твердом теле, работающих в непрерывном режиме. Однако такие лазеры требуют охлаждения по меньшей мере до температуры жидкого азота (-196°C) и даже в этих условиях имеют очень малые мощности.

Диапазон длин волн, получаемых с помощью таких устройств, находится в пределах 6100—26000 Å, т. е. в диапазоне от оранжевой части видимого спектра до ближней инфракрасной части спектра. В этом диапазоне частот имеется много окон, но проводятся непрерывные поиски новых материалов и есть основания ожидать, что эти окна будут заполнены.

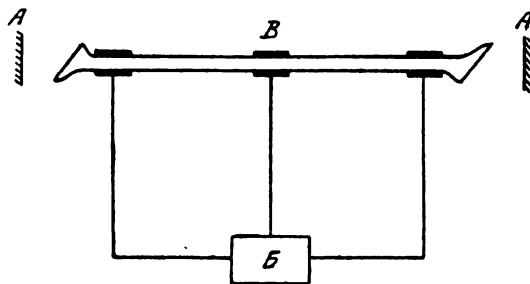
Газовые лазеры. Вскоре после изобретения рубинового лазера был изобретен газовый лазер, который может работать в непрерывном режиме на смеси газообразных гелия и неона. Принцип работы такого лазера несколько отличается от принципа работы лазера на твердом теле. Необходимая инверсия уровней энергии достигается в результа-



Фиг. 5. Диаграмма энергетических уровней газового лазера на смеси гелий—неон. Расстояние между уровнями Г для атомов He и Ne достаточно мало для осуществления перехода. Атомы He с уровня Г быстро переходят на уровень В и поэтому постепенно происходит переход с уровня В на уровень А с испусканием фотона. Лазер работает при переходе атомов Ne из состояния В в состояние А.

те создания в газе электрического разряда, возбуждающего атомы гелия. Затем энергия передается атомам неона, которые переходят на более высокий энергетический уровень. Атомы неона, возвращаясь на более низкий энергетический уровень, испускают фотоны, которые с помощью такого же механизма, как и у рубинового лазера, создают излучение, характерное для лазеров (фиг. 5).

На фиг. 6 показан типичный газовый лазер. Стеклообразная трубка заполняется смесью гелия и неона (около семи частей гелия на одну часть неона) при низком давлении. К торцам трубки припаиваются стеклянные пластинки, ориентированные под таким углом, который уменьшает до минимума отражение на рабочей длине волны, и за пластинками устанавливаются зеркала, образующие объемный резонатор. Положение зеркал должно тщательно подбираться для получения оптимальных результатов; выполнение этой регулировки значительно облегчается при использовании конфокальных сферических зеркал.



А—зеркала, образующие объемный резонатор; Б—генератор высокой частоты; В—электроды.

Фиг. 6. Схематическое изображение газового лазера, работающего в непрерывном режиме

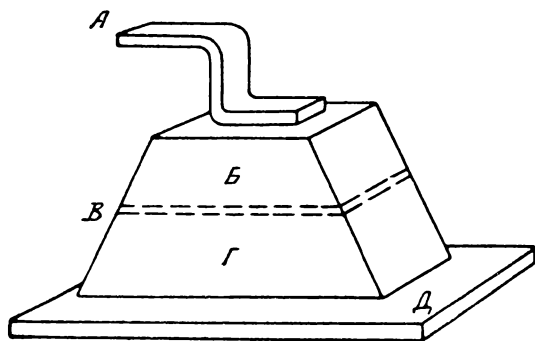
Газовый лазер такого типа работает на нескольких частотах в ближней части инфракрасного спектра и на частоте 6,328 Å в красной области спектра. Выходная мощность таких лазеров обычно очень мала и не превышает величины порядка нескольких тысячных ватта. Такая мощность достаточна для многих предлагаемых применений, например, для связи на малых дальностях или для промышленных измерительных приборов большой точности. В импульсном режиме была получена выходная мощность около 100 *вт*.

Для лазеров пригодны многие газы. Наиболее полно исследованы инертные газы: гелий, неон, аргон, криптон и ксенон. Получено приблизительно 200 частот в пределах от ультрафиолетового излучения азота до излучения ксенона (35 мк) в дальней части инфракрасного спектра. Газовые лазеры успешно применяются для некоторых измерений, поскольку для выходного луча, являющегося непрерывным, возможно получение более точных синфазности и фокусировки, чем для лазера на твердом теле. При условии достаточной жесткости конструкции и компенсации температурных изменений можно также получить высокую стабильность частоты.

Полупроводниковые лазеры. Третьим успехом в области разработки лазеров явилось одновременное изобретение инжекторного лазера на мышьяковистом галлии. Наиболее важное преимущество состоит в том, что лазер возбуждается просто методом пропускания через него электрического тока.

На фиг. 7 показан лазер на мышьяковистом галлии фирмы Джeneral Электрик.

По структуре полупроводниковый лазер подобен обычному плоскостному диоду (эти устройства часто называются диодными лазерами). Небольшое количество примесей в мышьяковистом



А—верхний электрод; Б—мышьяковистый галлий р-типа; В—плоскость перехода (толщина 0,4 мк); Г—мышьяковистый галлий n-типа; Д—нижний электрод

Фиг. 7. Лазер фирмы Джeneral Электрик на мышьяковистом галлии

галлии создает области с положительной и отрицательной проводимостями (области p и n). При прохождении тока через плоскость перехода между этими областями электроны движутся из n -области и заполняют дырки в p -области, испуская при этом фотоны. Такое излучение может возбуждаться таким же образом, как и в рубиновом и газовом лазерах. Длина волны излучения лазера на мышьяковистом галлии около 8400 Å.

Для возбуждения лазера необходима очень большая плотность тока в плоскости перехода, достигающая величины порядка нескольких тысяч a/cm^2 . При больших плотностях тока увеличивается интенсивность выходного излучения. Такие большие токи требуют решения проблем, связанных с нагревом, и поэтому существующие полупроводниковые лазеры очень малы и должны охлаждаться до температуры жидкого азота. Длина стороны лазера, показанного на фиг. 7, равна $\sim 0,4$ мм.

Помимо простоты метода возбуждения, такие лазеры обладают двумя важными свойствами. Небольшое изменение химического состава смещает частоту излучения, что указывает на возможность выбора желаемой длины волны с выбором состава полупроводника. Кроме того, теоретический к. п. д. преобразования электрической энергии в световую очень высок и приближается к 100%. Полупроводниковые лазеры являются перспективными устройствами, которые могут найти применение в системах связи, учитывая простоту модуляции методом изменения возбуждающего электрического тока.

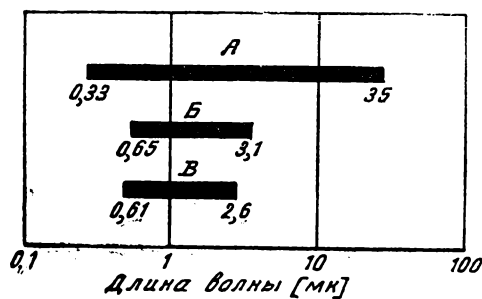
Жидкостные лазеры. Существуют два типа жидкостных лазеров: лазеры, возбуждение которых осуществляется с помощью эффекта Рамана, и лазеры на циклических соединениях с координационными связями и примесью редкоземельных элементов.

Эффект Рамана наблюдается при рассеянии света, проходящего через вещество, и состоит в

изменении частоты света до некоторой новой величины, характерной для рассеивающей среды. При прохождении света через рассеивающую среду фотоны сталкиваются с атомами или молекулами и если столкновение упругое, отражаются без изменения энергии и момента количества движения, а следовательно, без изменения частоты. Однако при неупругом столкновении фотоны могут получить или отдать энергию атомам или молекулам. Изменение энергии должно сопровождаться изменением частоты. В нормальных условиях неупругие столкновения довольно редки и эффект Рамана соответственно мал. В жидкостном лазере материал, подверженный эффекту Рамана, например нитробензол, облучается лучом рубинового лазера, причем в результате эффекта Рамана возбуждается когерентный луч. Это явление впервые наблюдалось в лабораториях фирмы Хьюз, и был получен к. п. д. преобразования около 50%. Полученные лучи с длинами волн, близкими длине волны рубинового лазера, также точно сфокусированы и имели такую же точность когерентности (синфазности), как входной луч.

Преимущества лазеров на циклических соединениях с координационными связями, как, например, раствор бензоилацетата европия, заключаются в том, что они могут поглощать свет в широком диапазоне частот, используя более эффективно энергию подкачки. Однако для возбуждения таких лазеров требуется довольно большая пороговая мощность. Длина волны излучения лазеров такого типа на пластмассах и жидкостях около 6100 Å (оранжевая часть спектра). Большая пороговая мощность является фактором, ограничивающим использование жидкостных лазеров, но они интересны тем, что дают решения многих проблем, связанных с рассеянием тепла. Например, можно осуществить циркуляцию жидкости через теплообменник вместо помещения лазера в рефрижератор.

Применение лазеров. На фиг. 8 показаны максимальные и минимальные длины волн излучения, полученного с помощью трех основных типов лазеров: лазеров на твердом теле, газовых и полупроводниковых лазеров. Газовые лазеры позволяют получать наибольшее число различных длин волн, но ожидается, что полупроводниковые лазеры будут способны перекрывать весь диапазон. Другие частоты могут быть получены методом генерирования гармоник основной частоты лазера и методом гетеродинамирования двух лучей с различными частотами для получения суммарной или



А—газовые лазеры; Б—полупроводниковые лазеры; Б—лазеры на твердом теле

Фиг. 8. Полученные в настоящее время длины волн излучения лазеров

разностной частоты по аналогии с хорошо известными методами, применяемыми в радиотехнике.

Лазеры, работающие в непрерывном режиме, являются перспективными устройствами для систем связи, особенно в космическом пространстве, где можно использовать высокую потенциальную пропускную способность луча в сочетании с необходимой малой мощностью. Высокие выходные мощности, которые могут быть получены от импульсных лазеров, представляют интерес для локации и измерения дальности, где узкий луч обеспечивает большие разрешения, чем обычный радиолокатор. Большая мощность также наводит на мысль о лазерном оружии, но такое применение требует решения многих проблем. Однако лазеры могут использоваться для облучения цели при наведении снаряда по инфракрасному сигналу, отраженному от цели. Высокая стабильность частоты газовых лазеров может быть использована в кольцевом лазере для замены гироскопа в навигационных системах.

Кроме того, лазеры могут использоваться для промышленной микросварки, сверления, механической обработки и точной метрологии. Также предполагается осуществлять с помощью лазеров управление работой станков. В медицине лазеры уже используются для глазной хирургии, и были выполнены перспективные эксперименты по использованию лазеров в терапии рака. На некоторых заводах, выпускающих оптические приборы, лазеры используются для упрощения изготовления линз. Лазеры, работающие в ультрафиолетовой части спектра, могут использоваться в химической промышленности. В лабораториях лазеры используются для исследования взаимодействия электромагнитной энергии и вещества. Способность луча лазера испарять очень небольшое количество любого вещества используется в спектроскопическом анализе при исследовании света, излучаемого испаренным веществом.

Interavia Review, IV, 1964.

ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРОВ ДЛЯ ВОЕННЫХ ЦЕЛЕЙ И В КОСМИЧЕСКОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Несмотря на большой интерес, проявляемый к использованию лазеров в военных и космических системах, имеется сравнительно немного областей, в которых лазеры действительно могут удовлетворять все предъявляемые к ним требования.

Лазерные системы связи обладают следующими преимуществами: в идеальных условиях энергия, необходимая для передачи элемента информации, обратно пропорциональна частоте, и поэтому оптическая система может быть более эффективна, чем система радиопередачи; с помощью одного луча можно передавать информацию по очень большому числу каналов. Установлено, что все виды радио- и телефонных передач между восточным и западным побережьями США могут осуществляться по одному лучу лазера; узкий луч лазера позволяет избежать взаимных помех, создаваемых лучами, что означает возможность скрытой связи.

Эти преимущества могут быть реализованы лишь в том случае, если луч является приближенно когерентным и монохроматическим, поскольку только в этих условиях возможна модуляция луча в достаточно широкой полосе частот. К сожалению, свет, как средство передачи информации, имеет некоторые недостатки, наиболее важными из которых являются: возможность передачи только в пределах прямой видимости; поглощение и рассеяние световой энергии в атмосфере, особенно при дожде, тумане или пыли.

Поэтому очевидно, что возможности использования оптической связи на Земле весьма ограничены, но значительно возрастают в космическом пространстве, где отсутствует атмосфера, а следовательно, не существует затухания и пределы прямой видимости могут быть очень велики. Кроме того, мощность, необходимая для передачи на очень большие дальности, будет ничтожно мала по сравнению с мощностью, необходимой для радиопередачи.

Это обусловлено тем, что лазер излучает энергию узким пучком в отличие от радиоволн, для фокусировки которых требуются более или менее сложные антенны. Кроме того, размеры аппаратуры могут быть значительно меньше, поскольку с переходом на более высокие частоты уменьшаются размеры элементов аппаратуры.

Установлено, что с помощью лазера мощностью 10 квт можно осуществить передачу на дальность 10 световых лет и что скорость передачи информации с помощью лазера на линии между Землей и Луной может составлять $6 \cdot 10^6$ двоичных знаков в секунду на 1 вт мощности излучения лазера. Поэтому в космическом пространстве лазеры можно будет использовать для связи между летательными аппаратами, для связи между летательными аппаратами и спутниками или Землей и, возможно, для передачи информации с Земли на спутник и обратно. Предполагается, что эксперименты в этой области начнутся в США в ближайшее время.

Оптическая связь в атмосфере требует решения сложных проблем. Во-первых, применение ретрансляционных устройств, аналогичных ретрансляционным устройствам систем СВЧ, должно устранить ограничение дальности передачи пределами прямой видимости. Во-вторых, что имеет еще большее значение, существует проблема поглощения и рассеяния в атмосфере. Даже чистый воздух поглощает свет на некоторых частотах, а если в воздухе присутствуют частицы пыли, то на них будет рассеиваться некоторая часть падающего света. Дождь или туман могут полностью нарушить передачу. Кроме того, колебание воздуха в жаркие дни может вызвать ощутимое искажение и в отдельных случаях может явиться причиной отклонения и прохождения узкого луча лазера мимо приемника, что недопустимо для систем связи.

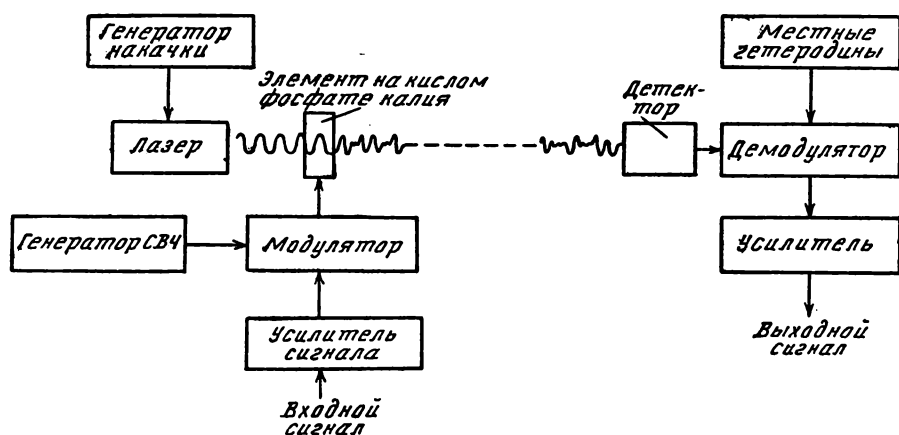
Один из предложенных методов предусматривает пропускание луча лазера через герметичный световод, в котором либо создано разрежение, либо он

заполнен сухим газом под некоторым давлением. Пучок будет проходить по световоду в результате многократных отражений от полированных внутренних стенок трубопровода, или трубопровод может тщательно прокладываться прямолинейными секциями при наличии надлежащих оптических устройств, позволяющих огибать углы.

Такое решение вопроса, хотя оно и осуществимо, связано с большими затратами. Тем не менее расходы, связанные с передачей информации по одному каналу, могут быть очень малы, учитывая возможность одновременной передачи по 10^9 телефонным каналам. Однако в настоящее время нет необходимости в передаче по такому числу каналов, что, вероятно, будет и на ближайшее время (если только телефонные фирмы не решат ввести для всех абонентов видеотелефонную связь, что приведет к немедленному насыщению существующей сети). Потребности телефонной и радиотрансляционной служб в ближайшем десятилетии будут удовлетворены за счет увеличения числа радиорелейных линий, которые еще не перегружены,

никовых лазеров. Кроме того, луч полупроводникового лазера можно сравнительно легко модулировать методом модуляции тока возбуждения, но для продолжительной работы такие лазеры необходимо охлаждать до температуры жидкого азота. С помощью такого устройства фирма RCA осуществила цветную телевизионную передачу в лабораторных условиях. Фирма IBM разработала метод импульсно-кодовой модуляции, с помощью которого информация кодируется и передается в виде последовательности импульсов. Такой метод передачи требует полосы частот несколько *кГц*, и лазер может работать при комнатной температуре. Фирма Белл Телефон недавно сообщила о разработке триодного или газового лазера, имеющего анод, катод и сетку. Модуляция луча осуществляется изменением напряжения на сетке таким же образом, как в обычном триоде.

Наиболее перспективным методом модуляции, по-видимому, является система с поднесущей частотой, в которой несущая СВЧ, модулированная сигналом, модулирует в свою очередь луч лазера



Фиг. 1. Блок-схема оптической системы связи на одной несущей частоте

а не путем установки совершенно новой оптической системы.

Однако имеется возможность использования оптической связи на земле для скрытой связи на малых дальностях. Во время последней войны, для этих целей успешно использовались обычные инфракрасные системы. Использование лазера в качестве источника света в таких системах может значительно увеличить их эффективность, прежде всего для передачи в дневное время. Уже существует образец аппаратуры для такой системы, поскольку фирма Рейтеон недавно сообщила о создании легкого передатчика в виде небольшого газового лазера. Такой передатчик может одновременно передавать 10 сообщений на дальность около 1,6 км.

Несомненно, много нужно сделать, прежде чем лазеры смогут применяться в установках, работающих в полевых условиях. В настоящее время наиболее важными задачами являются: разработка методов модуляции и демодуляции луча и повышение к. п. д. преобразования лазера. Полупроводниковые лазеры имеют очень высокий к. п. д., но выходной луч имеет менее точную когерентность по сравнению с газовым лазером, что ограничивает потенциальные возможности полупровод-

никовых лазеров. Кроме того, луч полупроводникового лазера можно сравнительно легко модулировать методом модуляции тока возбуждения, но для продолжительной работы такие лазеры необходимо охлаждать до температуры жидкого азота. С помощью такого устройства фирма RCA осуществила цветную телевизионную передачу в лабораторных условиях. Фирма IBM разработала метод импульсно-кодовой модуляции, с помощью которого информация кодируется и передается в виде последовательности импульсов. Такой метод передачи требует полосы частот несколько *кГц*, и лазер может работать при комнатной температуре. Фирма Белл Телефон недавно сообщила о разработке триодного или газового лазера, имеющего анод, катод и сетку. Модуляция луча осуществляется изменением напряжения на сетке таким же образом, как в обычном триоде.

Наиболее перспективным методом модуляции, по-видимому, является система с поднесущей частотой, в которой несущая СВЧ, модулированная сигналом, модулирует в свою очередь луч лазера (фиг. 1). С помощью одного луча можно передавать большое число несущих частот, которые будут разделяться системой демодуляции и преобразовываться в сигнал СВЧ, который затем может обрабатываться с помощью обычного оборудования. Разработано несколько типов демодуляторов, наиболее совершенными из которых являются Лазекон фирмы RCA и фотоэлектрическая лампа бегущей волны фирмы Сильвания. Фирма Сперри Гироскоп недавно создала фотопараметрический диод, обладающий свойствами фотоэлектрического детектора и усилителя.

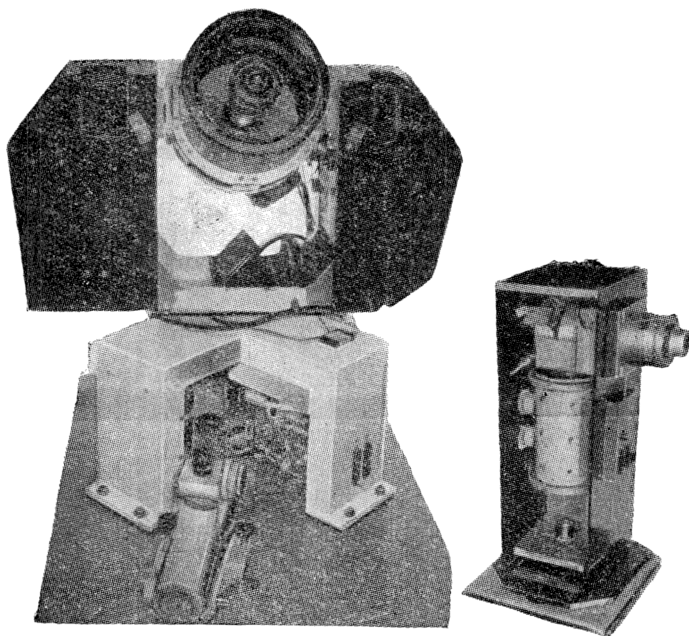
Фотопараметрический диод может обнаруживать и усиливать сигнал с уровнем менее 10^{-9} вт, что открывает широкие возможности для его использования в системах связи и локации.

Фирма Сперри Гироскоп осуществляет разработку элементов системы, работающей на волне 1,06 мк, на которой мало поглощение в атмосфере. В таблице указана прозрачность воздуха для различных частот, на которых обычно работают лазеры, измеренная в следующих условиях: влажность 48%, дальность видимости 38,4 км и дальность передачи 16 км.

В настоящее время уже имеются работающие газовые (гелий—неон) лазеры и лазеры на твердом

Прозрачность воздуха для различных частот излучения лазера

Длина волны [мк]	Материал	Прозрачность [%]
1,06	Неодим	37
0,69	Рубин	22
0,85	Мышьяковистый галлий	29
2,36	Диспрозий	30
2,61	Уран	1



Фиг. 2. Экспериментальный вариант лазерного локатора фирмы Сперри (слева) и один из лазеров, используемый для экспериментов (справа)

теле (вольфрамат кальция с примесью неодима), фотопараметрический диод и другие устройства, что дает возможность создать ряд генераторов, усилителей и детекторов.

Оптический локатор и дальномер. Оптический локатор (иногда называемый «Лидаром») отличается от обычного радиолокатора только диапазоном рабочих частот. В направлении цели излучается импульс света и измеряется время между излучением импульса и приходом отраженного импульса. Оптическая локационная система обладает следующими преимуществами: малые размеры антенны по сравнению с антенной обычного радиолокатора; очень высокая точность, возможная благодаря точной фокусировке луча; высокая разрешающая способность. Возможно получение силуэта цели, спроектированного на соответствующий экран, при развертке луча по поверхности цели.

Недостатками оптического локатора являются: мощность целеуказания, обусловленная малой шириной луча; возможность непрохождения импульсов при наличии облаков и ощутимое затухание в дождь или туман.

Подобно оптическим системам связи, оптический локатор будет иметь ограниченное применение на Земле, но будет очень полезен в космическом пространстве.

В космическом пространстве оптический локатор можно использовать для следующих целей: в качестве оптического альтиметра для измерения высоты во время посадки на Луну космических летательных аппаратов; измерения дальности между двумя космическими аппаратами или измерения дальности до планеты; измерения скорости методом интегрирования скорости изменения дальности или методом оценки доплеровского изменения частоты непрерывного сигнала; сопровождения целей или спутников. NASA планирует выполнение программы экспериментов по проверке возможности использования оптического локатора для слежения за спутниками с Земли.

На Земле оптический локатор может быть использован для точного слежения в едином комплексе с обычным радиолокатором, но наличие облаков или тумана должно значительно уменьшать дальность слежения и ограничивать возможности использования оптического локатора только как вспомогательного средства слежения.

В США было выполнено несколько экспериментов по использованию оптических локаторов для метеорологических исследований. Установлена возможность получать отражение луча от малых частиц и от турбулентных слоев или от слоев с инверсией температуры. Такое свойство лазеров может быть использовано для прогнозирования погоды и должно использоваться для обнаружения с самолетов опасных для полетов турбулентных областей. Достигнутые дальности оптического локатора около 64 км. На фиг. 2 показан экспериментальный оптический локатор.

Лазерный дальномер работает по такому же принципу, как оптический локатор, но обычно предназначается для меньших дальностей. Он может применяться для определения дальности на поле боя или топографических измерений. Создано несколько таких приборов, а один из них «Колидар», разработанный фирмой Хьюз, демонстрировался военным специалистам в США и Европе (фиг. 3). Лазерные дальномеры обладают следующими преимуществами: высокая точность, составляющая 5 м на дальности 10 км, что значительно выше точности обычных оптических дальномеров; немедленная выдача результатов измерения; отсутствие необходимости триангуляции; малые размеры.

Обычные недостатки, связанные с уменьшением эффективности в дождь и т. д., свойственны также и обычным дальномерам, но лазерный дальномер имеет небольшое преимущество — возможность более точного измерения дальности до цели в слабом тумане.

В лазерных локаторах и дальномерах используются рубиновые или стеклянные лазеры со скачкообразным увеличением добротности резонатора. Этот процесс уменьшает продолжительность импульса и увеличивает мощность в импульсе в данном случае приблизительно до 1 Мвт.

Лазерный дальномер может переноситься и об-



Фиг. 3. Лазерный дальномер «Колидар» Mk.2 фирмы Хьюз

служиваться одним оператором или устанавливаться на танках или вертолетах.

Лазерное оружие. Возможность излучения больших энергий в виде узких лучей (мощность в импульсе достигает 1000 Мвт) наводит на мысль о «лучах смерти».

Такое оружие обладает большими преимуществами, а именно: мгновенностью действия; отсутствием необходимости компенсации движения цели или оружия при наведении на цель; отсутствием влияния ветра.

Лазерное оружие теоретически возможно, но его создание связано с большими трудностями, поскольку для поражения снаряда требуются громадные мощности; использование узкого луча требует значительно более точного наведения на цель по сравнению с точностью, достигаемой в настоящее время; лазерное оружие пригодно только для использования в космическом пространстве, так как атмосфера препятствует прохождению луча.

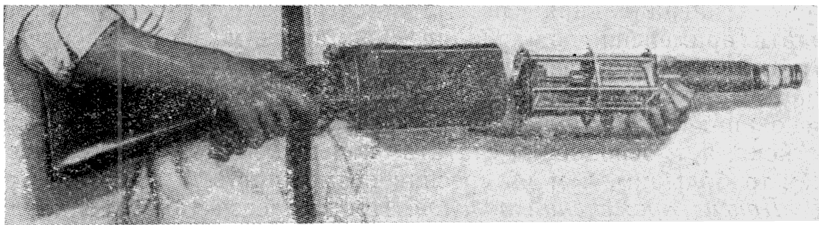
Оценивая величину необходимой мощности, можно рассмотреть гипотетическую установку, позволяющую поражать снаряды на дальности около 50 км. Поскольку луч лазера не является строго параллельным и не может фокусироваться на движущуюся цель на такой дальности, он может использоваться не для прожигания отверстия в оболочке снаряда, а лишь для расплавления боевой головки. Для этого требуется мощность свыше 160 Мвт в течение 1 мин, которая не может создаваться ни одним из известных лазеров. Кроме того, существующие мощные лазеры имеют к. п. д. не больше 10%, что в свою очередь требует разработки совершенно новых методов, поскольку при использовании известных методов мощность на входе должна в десять раз превышать выходную мощность. Если бы лазерное оружие использовалось в атмосфере, то потребовалось бы дальнейшее увеличение мощности для компенсации поглощения. Мощность 160 Мвт приблизительно на десять порядков превышает величину, полученную в настоящее время при работе лазера в непрерывном режиме.

При использовании лазеров в качестве индивидуального оружия требуемая мощность значительно уменьшается. Лучом современного лазера можно вызвать слепоту или серьезные глазные травмы на расстоянии нескольких километров. Однако это произойдет только в том случае, если «жертва» будет смотреть на лазерное оружие.

Для ожога тела или воспламенения ткани требуются большие мощности, но использование средств защиты, таких как отражающий материал, дымовые завесы и т. д., значительно снижает эффективность.

Недавно фирма Мазер Оптикс передала армии США лазерную винтовку, которая, согласно утверждению фирмы, может ослепить человека или зажечь одежду на дальности около 1,37 км (фиг. 4). Вес такой винтовки 11,3 кг, она питается от батареи и обеспечивает 10000 вспышек с частотой одна вспышка через каждые 10 сек. Это очень примитивный прибор, и даже очень небольшой туман или дым может значительно ослабить его действие.

Имеются весьма ограниченные перспективы использования лазеров в качестве оружия, но они



Фиг. 4. Лазерная винтовка фирмы Мазер Оптикс

могут успешно применяться в качестве части военных систем.

С этой точки зрения очень интересным является предложение облучать цели лучом лазера. При условии настройки системы наведения снаряда на частоту лазера возможно наведение снаряда по сигналу, отраженному от цели. Этот метод можно использовать для наведения снарядов с небольшим радиусом действия, например снарядов типа «Редай».

К другим возможностям использования лазерных устройств относится генерирование энергии, необходимой, например, для приведения в действие ядерного оружия или для создания плазмы. В этих областях в США уже ведутся исследовательские работы, но они в основном засекречены. Значительная часть ассигнований на исследования и разработку лазеров в США затрачивается на научные исследования, связанные с созданием оружия.

Использование лазеров для навигации. Первым применением, учитывающим стабильность частоты и когерентность, а не мощность луча лазера, вероятно, следует считать кольцевой лазер, разработанный фирмами Дженерал Присижн и Сперри Гироскоп для измерения скорости вращения. Непрерывный луч, излучаемый лазером, распространяется в двух направлениях по кольцевому световоду, причем частота изменяется в зависимости от длины проходимого пути. При вращении кольцевого световода луч одного направления должен проходить путь несколько больше истинной длины кольцевого световода, и частота этого луча понижается. Другой луч должен проходить более короткое расстояние, и его частота повышается. Два луча смешиваются в фотодетекторе, и выделяется частота, пропорциональная скорости вращения кольцевого световода.

Чувствительность кольцевого лазера зависит от площади кольца, которая ограничивает минимальные размеры аппаратуры. Однако современные приборы могут измерять скорость вращения порядка 2 град/сек, и этот предел определяется чувствительностью детекторов, а не параметрами лазера.

Кольцевые лазеры могут применяться в инерциальных системах наведения, особенно для снарядов, где обычные гироскопы плохо работают в период действия ускорения. Для современных подводных лодок, которые длительное время находятся под водой, также необходимы очень точные инерциальные навигационные приборы, свободные от ухода, присущего обычным приборам.

Кольцевые лазеры можно также использовать на самолетах, особенно на военных самолетах. В мирное время навигация самолетов может осуществляться с помощью систем, подобных системам Декка или Лоран, но во время войны может возникнуть необходимость перехода к другой сис-

теме и инерциальная система навигации сможет найти применение в авиации, космическом пространстве и на море. Однако существуют и другие системы, как, например, навигационная система, основанная на использовании эффекта Допплера, и пока нет основания считать кольцевой лазер чем-то большим, чем интересная возможность.

Другие применения лазеров. Предлагается также применять лазеры для военных целей, в системах дистанционного управления, для передачи энергии и изготовления временных укрытий в полевых условиях.

В системах дистанционного управления луч лазера служит для передачи команд управления к управляемому объекту. Такая система очень похожа на оптическую линию связи и имеет такие же недостатки, но нечувствительна к действию искусственных помех.

Высокая плотность энергии в луче лазера указывает на возможность использования лазеров для передачи энергии в труднодоступные области. Такая передача должна быть возможна в космическом пространстве, но, как и для лазерного оружия, остаются нерешенными проблемы, связанные с поглощением и рассеянием луча лазера в атмосфере. Однако в отличие от лазерного оружия приемник энергии может быть спроектирован с учетом возможности оптимального использования передаваемой энергии.

Наконец, предлагается использовать лазер при строительстве укрытий на поле боя из земли или

камня, расплавляемых лучом, которые затем затвердевают и образуют твердую однородную массу. Для этого требуется очень большая мощность, что делает маловероятным целесообразность применения такого метода в любых условиях.

Изложенное выше позволяет сделать вывод, что эти устройства обладают интересными свойствами, но должны применяться главным образом в космическом пространстве, где отсутствует поглощение и рассеяние в атмосфере.

Следует учитывать, что лазеры появились всего лишь около четырех лет тому назад и за следующие 5—10 лет будет, несомненно, сделано много новых открытий. Как известно, в настоящее время лазер является устройством с небольшим к. п. д. и сравнительно ограниченным диапазоном частот. Несомненно, возможно улучшение характеристик лазеров, которое должно повысить эффективность и увеличить число применений, не возможных в настоящее время.

Однако развиваются также и другие методы, в качестве примеров которых можно указать сварку электронным лучом или переход на субмиллиметровые волны для систем связи и радиолокационных станций. Лазеры в настоящее время занимают такое же положение, которое занимали транзисторы десять лет тому назад, и хотя существуют некоторые применения, в которых лазеры действительно эффективны, для многих других применений не имеется полной ясности.

Interavia Review, V, 1964

